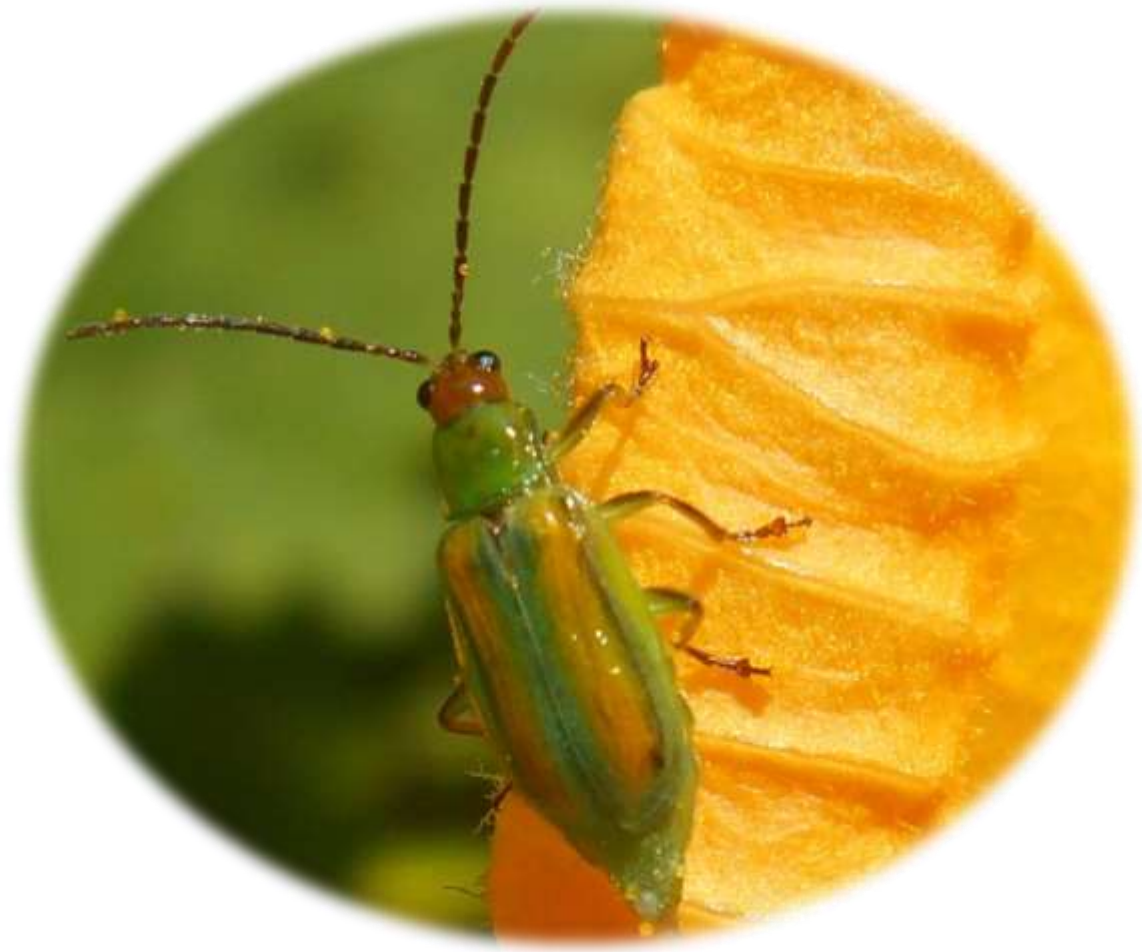


# FICHA TÉCNICA

*Diabrotica virgifera zea* Krysan & Smith  
(Insecta: Coleoptera: Chrysomelidae)

## Gusano alfilerillo



**Créditos:** Valeria, 2016, citado por: Naturalista, 2019.



**CONTENIDO**

<b>IDENTIDAD DE LA PLAGA</b> .....	1
<b>Nombre científico</b> .....	1
<b>Clasificación taxonómica</b> .....	1
<b>Nombres comunes</b> .....	1
<b>ESTATUS FITOSANITARIO</b> .....	1
<b>DISTRIBUCIÓN MUNDIAL</b> .....	1
<b>IMPORTANCIA ECONÓMICA</b> .....	1
<b>HOSPEDANTES</b> .....	3
<b>BIOLOGÍA Y HÁBITOS</b> .....	5
<b>CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE RECONOCIMIENTO</b> .....	8
<b>DAÑOS</b> .....	10
<b>MEDIDAS FITOSANITARIA</b> .....	13
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	23



## IDENTIDAD DE LA PLAGA

### Nombre científico

- *Diabrotica virgifera zea* Krysan y Smith  
1980.

(EPPO, 2020)

### Clasificación taxonómica

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Chrysomelidae

Género: *Diabrotica*

Especie: *Diabrotica virgifera zea*

(EPPO, 2020)

### Nombres comunes

<b>Español</b>	Gusano alfilerillo, Gusano de la raíz del maíz mexicano.
<b>Inglés</b>	Mexican corn rootworm
<b>Francés</b>	Chrysomèle des racines du maïs

EPPO (2020).

## ESTATUS FITOSANITARIO

De acuerdo con la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 8 “Determinación de la situación de una plaga en un área” (CIPIF, 2017), *Diabrotica virgifera zea* se encuentra en México como **Presente: en toda el área sembrada con cultivos hospederos** por lo que se considera, según al NIMF No. 5 “Glosario de términos fitosanitarios”, plaga no cuarentenaria (CIPIF, 2019).

## DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

*D. virgifera zea* está presente en el centro sur de los EE.UU (Kansas, Texas y Oklahoma), México, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Costa Rica y El Caribe. En los Estados Unidos, su distribución hacia el oeste está limitada por las bajas precipitaciones, aunque el riego ha extendido artificialmente su ocurrencia hacia el oeste en Nuevo México (Derunkov *et al.*, 2013; EPPO, 2020; Mitchell *et al.*, 2010) [Figura 1; Cuadro 1 y 2].

**Cuadro 1.** Países con presencia de *D. virgifera zea* (EFSA PHL *et al.*, 2019 y EPPO, 2020.).

Continente	País
<b>América</b>	EE. UU (Kansas, Texas y Oklahoma), México, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Costa Rica y El Caribe.

### Créditos:

**Cuadro 2.** Estados de México con presencia de *D. virgifera zea* (Marín, 2018).

País	Estados
<b>México</b>	Aguascalientes, Coahuila, Colima, Chiapas, Cd. Mex., Edo. de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.

## IMPORTANCIA ECONÓMICA

En México y Centroamérica se estima que las pérdidas causadas por las Diabroticas u otras

larvas devoradoras de raíces de plantas agrícolas, oscilan entre 50 y 100 millones de dólares anuales (Branson *et al.*, 1982; Capinera *et al.*, 1986). Asimismo, se estima que las pérdidas de rendimiento resultantes de la alimentación de *Diabrotica spp.*, radicales oscilan entre el 1% y el 15%, pero se han notificado hasta el 50% (Ward *et al.*, 2005).

En México, las pérdidas en la producción oscilan entre el 57% y el 90%; en el estado de Jalisco, en Atacomulco el rendimiento se ha reducido en más del 80% cuando no se utiliza insecticida (Segura, 2004).



**Figura 1.** Distribución de *Diabrotica virgifera zea*. **Créditos:** EFSA PLH, 2019.

Asimismo, en áreas maiceras de Jalisco se han cuantificado perdidas hasta de 2.3 ton/ha, equivalentes al 73% de la producción, por la subespecie *Diabrotica virgifera zea* conocida también como gusano alfilerillo (Domínguez *et al.*, 1989 y Alonso, 2010). Las pérdidas en rendimiento de grano de maíz ocasionadas por esta plaga varían desde pocos kilogramos hasta 1 ton/ha en Amatitlán y Ameca, y más de 2.5 ton en Ahualulco y Mixtlán (De León, 2017). En el estado de Guanajuato, se han estimado

pérdidas de rendimiento de 1.650 kg/ha (Martínez *et al.*, 2014).

El costo de la pérdida de cultivos y del control químico, utilizando insecticidas de suelo y aéreos, en Estados Unidos y Canadá, para controlar el daño larval y de adultos del genero *Diabrotica* puede acercarse a los 1,000 millones de dólares anuales (Levine y Oloumi-Sadeghi, 1991; Krysan y Miller, 1986).

## HOSPEDANTES

En el caso de *Diabrotica virgifera zea* hay que distinguir entre los hospedantes reproductores y los hospedantes de alimentación de los adultos. Las larvas son oligófagos y se alimentan principalmente de raíces de maíz. Los adultos son polífagos y pueden alimentarse de flores y hojas de maíz y también de diferentes familias botánicas (Clark *et al.*, 2004).

Jones y Coppedge (2000), listaron 63 géneros de plantas cuyo polen fueron encontrados en el intestino de los adultos colectados en campos de Texas.

Aunque el maíz es el único cultivo atacado regularmente por *D. virgifera zea*, se ha observado también infestando sorgo (Stewart *et al.*, 1995) y alimentándose de las raíces de varias especies de gramíneas y malezas (Mitchell *et al.*, 2010). De hecho, los huevos

también pueden ser ovipositados en raíces de plantas herbáceas (Branson *et al.*, 1982). Las gramíneas, malezas y plantas herbáceas parecen desempeñar un papel importante en los hábitos alimenticios tanto de las larvas como de los adultos de *D. virgifera zea* en el centro de México. Dado que probablemente el lugar de origen de *D. virgifera zea* es México, es posible que algunas de estas hierbas fueran huéspedes larvales antes del maíz, y que cambiara de las hierbas a maíz en tiempos prehistóricos (Branson *et al.*, 1982).

De León (2017) reportó que los adultos de Diabroticas se alimentan de una gran variedad de plantas, pero prefieren las plantas de la familia cucurbitácea, que las rosáceas, fabáceas y crucíferas. Entre los cultivos dañados se incluyen pepino, calabaza, remolacha, judía, guisantes, patata dulce, maíz, lechuga, cebolla, coles y soya (De León, 2017).

**Cuadro 3.** Hospedantes reportados para *Diabrotica virgifera zea*. **Fuente:** Jones y Coppedge, 2000; CABI, 2020; Clark *et al.*, 2004; Stewart *et al.*, 1995; De León, 2017 y Sifuentes, 1978.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Comportamiento de las diabroticas
<i>Allium cepa</i>	Cebolla	Amarilidáceas	Alimentación
<i>Amaranthus dubius</i>	Bledo	Amaranthacea	Reproducción
<i>Beta vulgaris</i>	Remolacha	Amaranthaceae	Alimentación
<i>Brassica oleracea</i>	Col	Brasicáceas	Alimentación
<i>Capsicum annuum</i>	Chile	Solanaceae	Alimentación
<i>Citrullus lanatus</i>	Sandía	Cucurbitáceas	Alimentación
<i>Cucumis melo</i>	Melón	Cucurbitáceas	Alimentación
<i>Cucumis sativus</i>	Pepino	Cucurbitáceas	Alimentación (principal)
<i>Cucurbita pepo</i>	Calabaza	Cucurbitáceas	Alimentación (principal)

<i>Echinochloa colunum</i>	Arrocillo silvestre	Poaceae	Reproducción
<i>Glicina máx</i>	Soya	Fabaceae	Reproducción
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	Asteraceae	Alimentación
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada	Poaceae	Alimentación
<i>Ipomoea batatas</i>	Camote o patata dulce	Convolvulaceae	Alimentación
<i>Lactuca sativa</i>	Lechuga	Asteraceae	Alimentación
<i>Panicum miliaceum</i>	Mijo común	Poaceae	Alimentación
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Judía o frijol	Fabaceae	Alimentación
<i>Pisum sativum</i>	Guisantes	Fabaceae	Alimentación
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	Poaceae	Reproducción
<i>Setaria italica</i>	Mijo cola de zorro	Poaceae	Alimentación
<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate	Solanáceas	Alimentación
<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo o zahína	Gramíneas	Alimentación (principal)
<i>Sorghum halepense</i>	Zacate Johnson	Poaceae	Alimentación (principal)
<i>Tripsacum dactyloides</i>	Gamagrass oriental	Poaceae	Alimentación
<i>Triticum aestivum</i>	Trigo	Poaceae	Alimentación
<i>Zea mays</i>	Maíz	Poaceae	Reproducción (principal)

Estos insectos prefieren el cultivo de maíz para ovipositar, colocando huevecillos por lo general bajo la superficie del suelo y alrededor de la planta (De León, 2017). Algunas malezas como arrocillo silvestre (*Echinochloa colunum* L.), bleado (*Amaranthus dubius* Mart) y caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) son también utilizadas para ovipositar, en las cuales pueden pasar su estado larval (INIAP, 1999, citado por De León, 2017) [Cuadro 3].

### **BIOLOGÍA Y HÁBITOS**

Las hembras ovipositan cuando la temperatura es favorable, depositando los huevecillos cerca de las raíces de las plantas hospederas siendo al principio de un color

crema oscuro y va cambiando conforme avanza el período (Metcalf y Flint, 1981).

Generalmente, *D. virgifera zea* pone los huevos en el suelo, durante septiembre y octubre, a profundidades entre 15 y 30 cm o dependiendo del tipo de suelo y su humedad. En áreas con maíz de temporal, los huevos se ponen durante el invierno y eclosionan a finales de la primavera (Branson *et al.*, 1982).

Krysan *et al* (1977) demostraron que la duración de la diapausa varía mucho en una población de huevos del centro de México: cuando estos huevos se mantuvieron a 25 °C, la eclosión inicial ocurrió a los 50 días y el último huevo eclosionó después de 300 días. Lluvias

ocasionales de invierno, humedad residual del suelo durante la estación seca, y el riego hacen que varíe el periodo de eclosión de los huevos en el centro de México (Branson *et al.*, 1982). Kryan *et al.* (1977) mencionaron que la latencia del huevo se rompe por la disponibilidad de humedad del suelo, no por la temperatura. La humedad mínima del suelo necesaria para poner fin a la latencia debe estar entre el 11.6 y el 20.6%.

En cultivos de maíz en donde su ciclo es continuo, los huevos eclosionan en noviembre y diciembre si hay humedad disponible para desarrollar una nueva población de *D. virgifera zea* (Kryan, 1978). Esta adaptabilidad de *D. virgifera zea* en el centro de México, ha provocado que en un radio de 100 km, se puedan encontrar todas las etapas biológicas al mismo tiempo, dependiendo de las prácticas de manejo del cultivo de maíz (por ejemplo, maíz continuo o no, irrigado o no) [Branson *et al.*, 1982]. Las prácticas culturales que realiza el productor pueden o no favorecer a este insecto. Magallanes y García (1987), llegaron a la conclusión que los barbechos tempranos en otoño protegen a los huevecillos depositados por las diabroticas de bajas temperaturas y deshidratación, a diferencia si el barbecho es tardío (en primavera), gran parte de los huevecillos se deshidratan y sufren mayor depredación, por lo tanto se disminuye la presencia de este insecto (Citado por Turincio, 2007).

Las bajas precipitaciones y las altas temperaturas son una de las principales causas de mortalidad de los huevos y por consecuente disminución de la densidad de población (Eben y Espinosa, 2004; Sivcev *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2014). Después de eclosionar los huevos, las larvas se alimentan de las raíces del maíz, especialmente las raíces de apoyo, eliminando las puntas de las raíces y gran parte de la raíz principal. Se describen tres estadios larvales para *D. virgifera* (Segura, 2004). Los adultos son vistos cerca de los campos de maíz a partir de mayo hasta que las heladas aparecen. Los adultos se alimentan de las hojas, espigas, polen y semillas inmaduras de maíz. En México, los patrones de emergencia de adultos *D. virgifera zea* son variables. Por ejemplo, en Jalisco, se observan adultos a finales de julio, con aparición máxima a mediados de agosto (Branson *et al.*, 1982; Cocke *et al.*, 1994); mientras que en Toluca (2.500 msnm) los primeros adultos se observan a mediados de junio, aunque la aparición máxima es más tarde, en septiembre (Segura, 2004).

Las diabroticas son polípagas, ya que además de alimentarse del maíz, se alimentan de otros cultivos hortícolas (De León, 2017). Al emerger el maíz de temporal, los adultos machos y hembras se trasladan en grandes cantidades a este cultivo, los cuales se alimentan de las hojas masticando los tejidos superficiales y como resultado de este ataque, el follaje presenta marcas blanquecinas de forma y

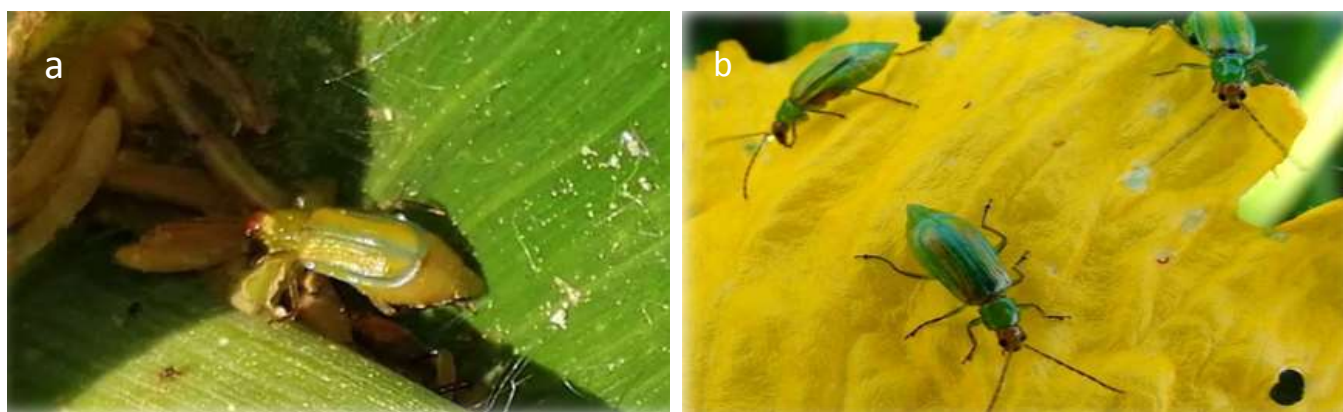


tamaño variable que contrastan con el color natural de la hoja, daño que generalmente carece de importancia económica (DGSV, 1981) [Figura 2].

### Ciclo de vida

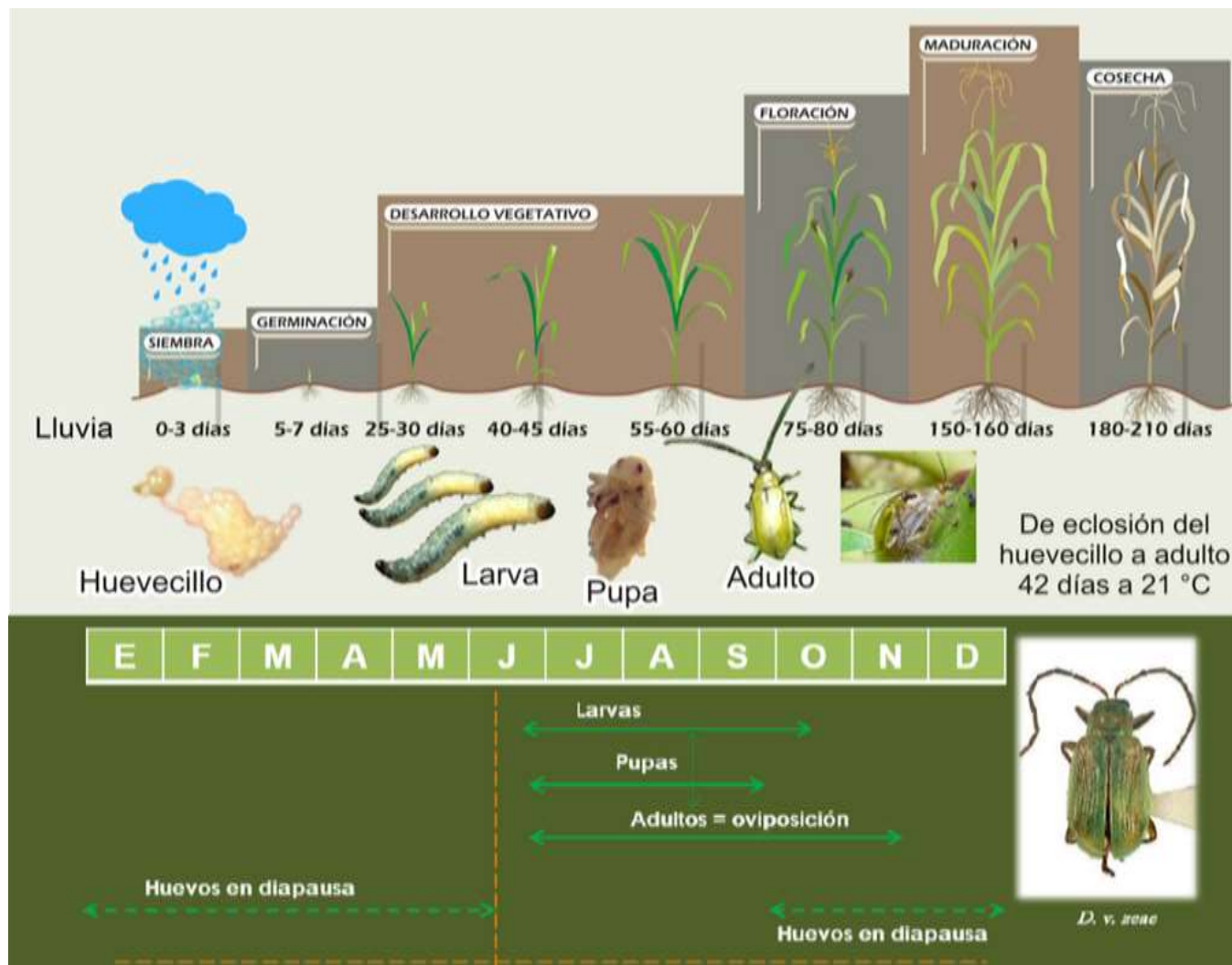
*D. virgifera zea* es generalmente univoltina (una generación al año) pero puede ser multivoltina (dos o más generaciones al año) en regiones tropicales donde es posible el cultivo continuo de maíz (Krysan, 1978; Branson *et al.*, 1982). El ciclo de vida de este insecto dura alrededor de 40 a 45 días y pasa por diferentes etapas de desarrollo: huevecillo, larva, pupa y adulto (SAGARPA, 2005). Esta subespecie se caracteriza por tener comportamiento de diapausa en etapa de huevo (Mitchell *et al.*, 2010). Su ciclo biológico coincide con el ciclo fenológico del maíz (temporal) y permanece en reposo como huevecillo (diapausa) en el suelo de 6 a 8 meses, cuando no hay cultivo (SAGARPA, 2005) [Figura 3].

Reyes (1983), observó que los adultos de Diabroticas se encuentra en el follaje de las plantas, donde realiza su apareamiento para luego entrar en una etapa de preoviposición con 23 días de duración, al final de los cuales oviposita alrededor de 1000 a 1100 huevecillos, dependiendo de cada hembra. Los huevecillos son colocados en el suelo ayudándose en ocasiones de las grietas que se forman. Enseguida entran en un período pre-diapásico que tarda 12 días, para inmediatamente iniciarse un periodo de diapausa de 8 meses, el cual finaliza con la época de sequía que dura un mes y da paso a la post-diapausa (12 días), finalmente ocurre la eclosión del huevo originando a la larva. La larva tiene una duración de 36 días aproximadamente, durante su desarrollo pasa por tres estadios larvarios hasta llegar al estado de prepupa. Después del último estadio larvario el insecto se convierte en pupa, permaneciendo así durante 8 o 9 días al cabo de los cuales se transforma en adulto completando así el ciclo.



**Figura 2.** *D. virgifera zea* alimentándose de: a) polen y hojas de maíz y b) otros cultivos **Créditos:** Naturalista, 2019.





**Figura 3.** Ciclo de vida de *D. virgifera zeae* con una duración total de 40 a 45 días, coinciden con la fenología reproductiva de maíz. **Créditos:** SIAFEG, 2020 y Martin, 2018.

### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE RECONOCIMIENTO

El género *Diabrotica* Chevrolat (1836) (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) es uno de los géneros de escarabajos de hoja más grandes (Derunkov et al., 2015). Diez especies o subespecies dentro de este género son generalmente reconocidas como plagas (Krysan, 1986). El complejo de gusanos que afectan la raíz del maíz (*Diabrotica* spp.) está

compuesto por el gusano de raíz del maíz del norte (*Diabrotica barberi* Smith y Lawrence), el gusano de raíz de maíz occidental (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), ambas especies son plagas importantes del cultivo de maíz en América del Norte, y el gusano de raíz del maíz mexicano (*D. virgifera zeae* Krysan y Smith) [EFSA PLH, 2019].

En México, *D. virgifera zeae* fue a menudo incorrectamente identificado como

*Diabrotica longicornis* (Say) o simplemente *D. virgifera* antes de 1980 (Segura, 2004) y hasta ese año fue considerado como la única variante de la especie. Sin embargo, la evidencia basada en la compatibilidad de apareamiento, la intensidad de la diapausa de huevo (Krysan *et al.*, 1977), el comportamiento y la morfología (Krysan *et al.*, 1980) confirmaron que *D. virgifera* tiene dos subespecies: *D. virgifera virgifera* y *D. virgifera zeae* (Krysan *et al.*, 1980; Tallamy *et al.*, 2005).

Las características morfológicas de *D. virgifera zeae* son las siguientes:

#### **Huevo**

Los huevecillos de Diabrotica son ovalados, de color amarillo claro cuando están recién ovipositados y se tornan café antes de la eclosión, miden 0.6 mm de longitud y 0.35 mm de ancho, por lo que es difícil verlos a simple vista. Ovipositados en grupos de 25 a 50 huevecillos (SAGARPA, 2005; Turincio, 2007 y De León, 2017). A medida que el huevo entra en diapausa la yema del embrión se sumerge hasta que esta termina (Mitchell *et al.*, 2010) [Figura 5a].

#### **Larva**

Las larvas recién eclosionadas son casi incoloras, las larvas maduras son de color blanco cremoso, con la cabeza y parte final del abdomen de color café oscuro, lo que da el aspecto de una doble cabeza (Mitchell *et al.*, 2010). Se ha reportado que las larvas al emerger miden de 2-3 mm de longitud y el último instar llega a medir 15 mm (SAGARPA,

2005). Foster y Molina-Ochoa (2000) encontraron que las larvas de *Diabrotica* sp. miden aproximadamente de 4 a 6 mm de largo, y son de color blanco-cremoso con cabeza café rojiza (Figura 5b).

#### **Pupa:**

Después de completar sus tres estadios larvales, cesa su alimentación y construye una pequeña celda en el suelo para transformarse en pupa (Alonso, 2010). La pupa mide alrededor de 7.5 mm de largo y 4.5 mm de ancho, de color blanco amarillento, con aspecto de un adulto con antenas, patas y alas rudimentarias (DGSV, 1981) [Figura 6a].

#### **Adulto**

Derunkov *et al.* (2015) señalaron que *D. virgifera zeae* mide aproximadamente de 4.8 a 5.4 mm de largo y de 2.2 a 2.4 mm de ancho, el color de la cabeza va de amarillo a marrón, el pronoto de verde a olivo pálido, el abdomen de color verde opaco con amarillo. Esta subespecie se distingue por sus élitros de color verde, con dos franjas de color amarillo de bordes difusos a lo largo del élitro. Las antenas del macho son filiformes, de color amarillo a olivo ocre. El escutelo es amarillo o amarillo ámbar. Los tarsos son amarillo ámbar y las tibias son de color amarillo con borde exteriores oscuros. Los fémur también son amarillos o verdes, de borde exterior castaño (Derunkov *et al.*, 2013).

*D. virgifera zeae* se distingue de la subespecie nominal *D. virgifera virgifera*, por el élitro verde

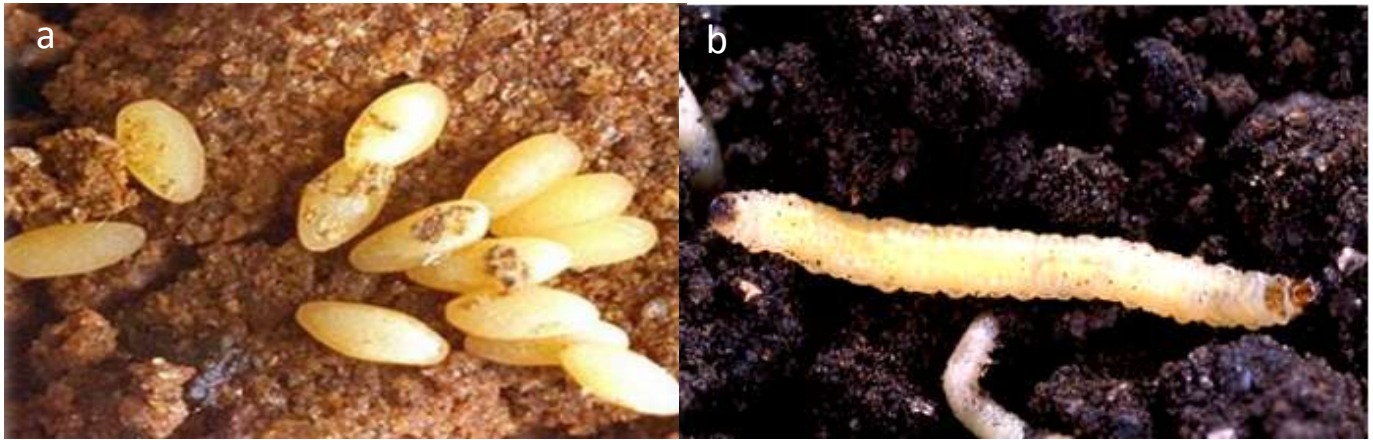
con franjas amarillas. De los similares *D. longicornis* y *D. barberi*, se distingue por las mismas características que la subespecie nominal, así como, por el color bicolorizado de oscuro o castaño en el borde exteriores del fémur en *D. virgifera zea*, mientras que en *D. longicornis* y *D. barberi*, el fémur es totalmente verde. La forma del edeago y los escleritos internos del saco diferencia las tres especies, así como otras especies de color similar (Derunkov *et al.*, 2013) [Figura 4, 6b y 7].

## DAÑOS

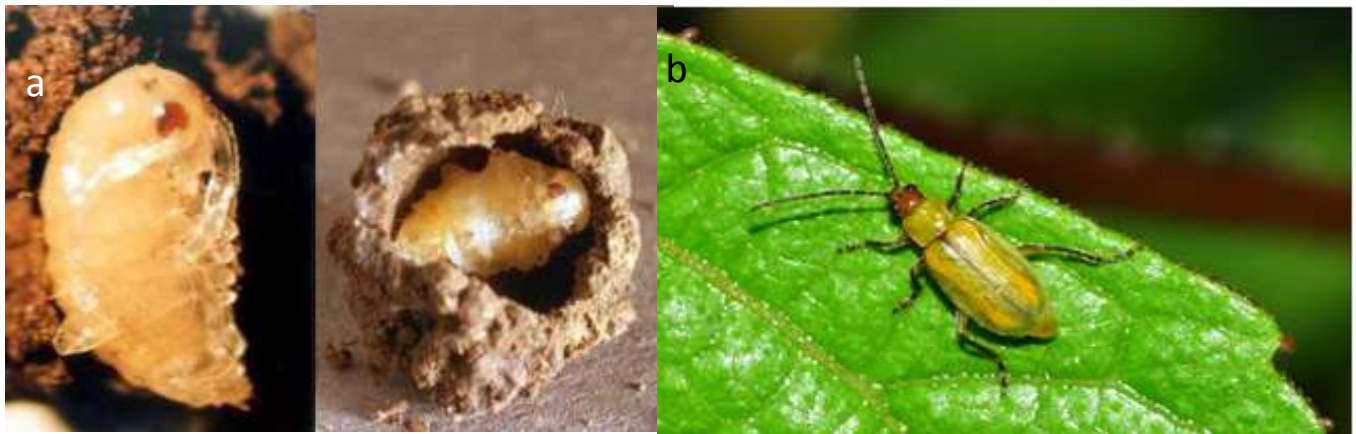
El daño principal por diabroticas lo realiza la larva al alimentarse de las raíces (Figura 8 y 9), produciendo túneles, lo que resulta en tallos curvos o inclinados o hasta cortarlas y en ocasiones barrenan la parte subterránea del tallo. Las plantas dañadas presentan síntomas de falta de agua, aun cuando exista buena humedad en el suelo, además de disminuir la capacidad de anclaje y soporte, lo que ocasiona el acame en maíz (Posos, 1989).



**Figura 4.** Especies y subespecies similares de *Diabrotica virgifera*: a) *D. virgifera virgifera*, b) *D. longicornis*, c) *D. barberi*, d) *D. virgifera zea*. **Créditos:** Iowa State University, 2018; Naturalista, 2019.



**Figura 5.** *Diabrotica* sp: a) Huevo y b) larva. **Créditos:** De León, 2017; Mitchell *et al*, 2010.



**Figura 6.** *Diabrotica* sp: a) Pupa y b) adulto **Créditos:** Mitchell *et al*, 2010 y De León, 2017; Naturalista, 2019.



**Figura 7.** Macho de *D. virgifera zea* en montaje permanente a) Vista frontal y b) Lateral. **Créditos:** Krysan y Smith, 1980 citado por Derunkov *et al.*, 2013.

El acame puede comenzar en la etapa de verticilo medio y continuar hasta la madurez (De León, 2017). Algunas veces las raíces se llegan a regenerar y se observa que las plantas caídas vuelven a levantarse formando el típico “cuello de ganso”, que es cuando el tallo se dobla desde la base. Generalmente estos síntomas se observan en forma de manchones o rodetes y, sólo en casos de muy alta infestación se observan en toda la parcela, ocasionando la caída y la muerte de las

plantas, debido a que la planta tiene menos raíces y no pueden absorber el agua y los nutrimentos necesarios para su desarrollo (Figura 10). El pico de consumo de raíces por las diabroticas se presenta desde fines de junio a mediados de julio, cuando las raíces del maíz pueden ser destruidas (SAGARPA, 2005).

El adulto también causa daño en los estigmas del maíz, después de la emergencia de la espiga y la liberación de polen, estos se alimentan de los estigmas del jilote y polen,

siendo el polen su alimento preferido. Si los adultos son numerosos pueden cortar los estigmas y reducir la polinización al final de la temporada, y si los estigmas son mascados hasta dentro de los totomoxtles o chalas, se puede observar poca formación de grano en la mazorca a falta de polinización (SAGARPA, 2005; De León, 2017). Foster y Molina (2000 citado por De León, 2017) mencionaron que 10 a 20 diabroticas que se encuentren en el estigma, pelos o sedas de jilote son suficientes para afectar seriamente en el periodo de la polinización, ocasionando disminuciones en la producción, cuando este periodo está completo, los pelos o sedas se tornan color café o se secan por lo que ya no es de interés para los adultos. El maíz sembrado tardíamente es más probable que sea dañado por adultos

Los adultos ocasionalmente se alimentan de granos en desarrollo de algunos elotes, el daño es usualmente significativo (KSU, 1991). La pérdida de grano resultante puede variar ampliamente dependiendo del número de larvas por planta, época de siembra, humedad disponible, fertilidad del suelo, viento, y condiciones generales de clima durante el desarrollo del cultivo (Turincio, 2007) [Figura 11].

Las diabroticas recién emergidas también pueden alimentarse de hojas de maíz, en el caso de que no se tenga poen disponible, provocando una apariencia como de

pergamino (SAGARPA, 2005). Estos adultos pueden consumir los márgenes de las hojas y perforar hojas tiernas cercanas a la base de la planta (De León, 2017) [Figura 12].

Otros de los daños en maíz que pueden causar los adultos de Diabroticas es la transmisión de virus como el virus moteado clorótico que puede causar necrosis letal en conjunción con el mosaico enano del maíz o mosaico de rayas de trigo Potyvirus. También puede ser vector del patógeno de la marchitez bacteriana del maíz (*Pantoea stewartii*) [De León, 2017].

## **MEDIDAS FITOSANITARIA**

### **Monitoreo**

Para la detección oportuna de la infestación de diabroticas, es importante su monitoreo a través del muestreo visual y con red de golpeo en plantas de maíz, para determinar el promedio de larvas o adultos por planta (Purdue University, 2009).

También se utilizan trampas pegajosas que ayudan a cuantificar la distribución estacional y espacial de las poblaciones de adultos en campos de maíz, si estas son utilizadas constantemente por varios años, pueden indicar cambios críticos en la dinámica de población y comportamiento de la plaga (Majumdar, 2012). En Utah (EE.UU), las trampas pegajosas ayudan a monitorear la aparición y picos poblacionales de adultos de diabroticas, durante el periodo de emergencia de estigmas y liberación de polen (Hodgson, 2008).

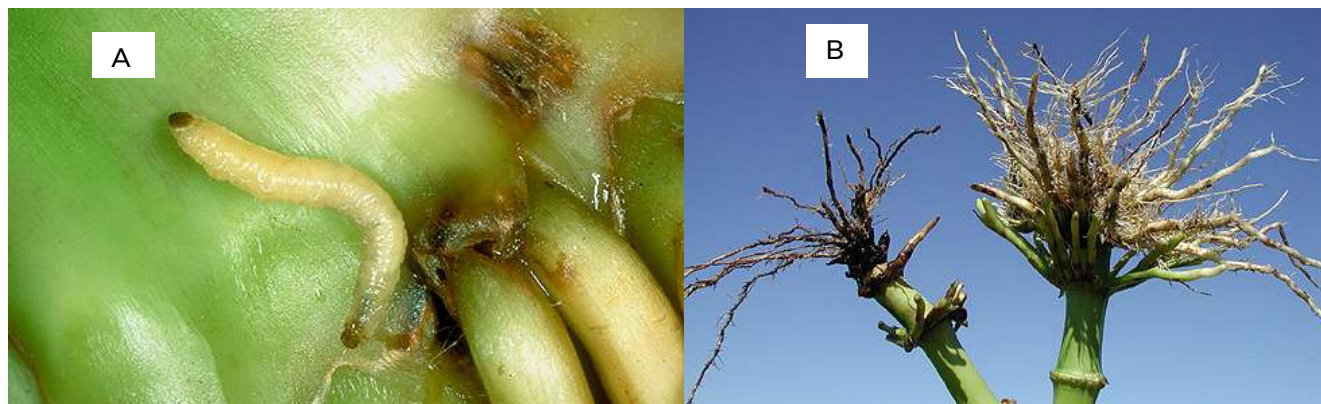


**Muestreo:** Se recomienda realizar muestreos semanales antes y después de la siembra para detectar oportunamente el momento más adecuado de control. El muestreo se realiza en

cepellones de 30 x 30 x 30 cm y el umbral de acción recomendado es al encontrar 2 larvas en 10 sitios de muestreo revisados a los 25 días después de la siembra (INTAGRI, 2018).



**Figura 8.** Daños de raíz de maíz causados por *Diabrotica* sp. **Créditos:** Purdue University, 2014; Capinera, 2014; NC State Extension, 2015.



**Figura 9.** Daños en la raíz de maíz causados por *D. virgifera*: a) Lesiones por la alimentación de la larva, b) Reducción de raíces secundarias y primarias. **Créditos:** Marlin, 2004.



**Figura 10.** a) Síntoma “cuello de ganso” provocado por la alimentación de la larva *Diabrotica virgifera*, en plantas de maíz; b) Caída y muerte de las plantas. **Créditos:** Quiñones, 2017; Jensen, 2018.





**Figura 11.** Daños causado por el adulto de *Diabrotica virgifera*: a) Por la alimentación en estigmas de maíz, b) Por la alimentación en las sedas del jilote, c) Poca formación de granos a falta de polinización y d) Daños en los granos de la mazorca. **Créditos:** Brown, 2018 y Nájera, 2017.



**Figura 12. a)** Hojas de maíz dañadas por *D. virgifera*, con apariencia de pergamino; y b) Perforaciones en flores de curcurbitáceas. **Créditos:** Burkness, 2015 y Naturalista, 2019.

También se debe realizar exploraciones semanales durante el periodo de actividad adulta que coincida con la aparición y polinización de los pelos o seda de maíz, hasta que alcance un umbral o hasta que el número de adultos disminuya a niveles bajos. Se pueden realizar dos tipos de muestreos: secuencial (método de muestreo “W” o “V”) o por transectos (las muestras se toman en línea recta en el centro de la parcela) [Mitchell *et al*, 2010].

**Trampeo:** Se utilizan dos tipos de trampas, las trampas pegajosas de color amarillo y las trampas cebadas con kairomonas, esta kairomona es a base de flores de calabaza, Trampas Pherocom® (Mitchell *et al*, 2010) [Figura 13].

Las trampas amarillas pegajosas deben ser colocadas cerca de la punta del elote, ambas trampas deben ser muestreadas semanalmente, para determinar el umbral económico, para efectuar tratamientos preventivos al siguiente año (Hodgson, 2008).

Las trampas con kairomona son las más adecuadas para detectar diabroticas que están presentes en densidades muy bajas (Mitchell *et al*, 2010). La aplicación de un tratamiento se justifica cuando se contabilizan 5 adultos en promedio por planta y el cultivo este con menos del 50 % de plantas en floración (INTAGRI, 2018).

### Control cultural

**Rotación de cultivos:** A menudo las diabroticas se pueden controlar con rotación de cultivos no hospedantes, el cual ha sido el control cultural principal para estos insectos durante más de 100 años. Maíz rotado con otros cultivos cada 3 años minimiza la supervivencia y daño radicular posterior (Hodgson, 2008).

**Plantación temprana:** La siembra temprana puede permitir que la mayoría de las plantas dentro de un campo se polinicen antes de la máxima aparición de adultos, lo que resulta en menos alimentación, provocando que los adultos se muevan a diferentes campos en busca de polen fresco. Dado que las diabroticas típicamente ovipositan donde se alimentan, con esta práctica se tendrá menos huevos ovipositados. El maíz plantado temprano tendrá un sistema radicular más grande para el momento en que los huevos eclosionen, lo que dificultara la alimentación de las larvas y el daño será menor (Mitchell *et al*, 2010).

**Crecimiento de raíz.** Las prácticas que fomentan el vigor de la planta, el desarrollo y la regeneración de la raíz ayudarán a la planta a superar el daño causado por larvas de diabroticas. Las prácticas incluyen una buena fertilidad del suelo y manejo del nitrógeno, labranza para reducir la compactación y la siembra con poblaciones de plantas razonables (Mitchell *et al*, 2010).

**Tratamientos del suelo:** El uso de insecticidas granulares en el momento de la siembra puede reducir eficazmente los gusanos de raíces de maíz. Las aplicaciones en el surco o en bandas funcionan mejor si son seguidas por el cultivo y el riego. Productos como la bifentrina y clorpirifos se pueden incorporar al suelo para el control de gusanos de la raíz de maíz (Hodgson, 2008).

**Deshierbe:** Un buen programa de deshierbe reduce la competencia con las plantas jóvenes de maíz, ayudando así al crecimiento del cultivo al reducir la competencia por la luz, los nutrientes y el agua. También reduce o elimina el crecimiento de hospedantes potenciales para que las larvas jóvenes de diabroticas comiencen a alimentarse, así como elimina otras fuentes de polen para que los adultos se alimenten (Mitchell et al, 2010).

### Control biológico

**Hongos:** En América del Norte, los hongos naturales que se han encontrado infectando gusanos radicales incluyen especies de *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces* y *Laboulbenia*. Muchos insectos que habitan en el suelo exhiben tolerancia natural a *B. bassiana*, por lo que el desarrollo comercial se ha centrado en insectos de alimentación foliar. Las poblaciones de adultos de diabroticas se han reducido hasta un 50% después de una sola aplicación de *B. bassiana*. Con *Metarhizium anisopliae*, se ha notificado una mortalidad de hasta el 50% en las larvas y

90% en adultos en bioensayos (Mitchell et al, 2010) [Figura 14b y Cuadro 4].

**Bacterias:** La bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt), es la estrategia de control de plagas más importante y utilizada hasta la fecha. Estas bacterias formadoras de esporas producen varias clases de proteínas insecticidas, que son toxinas intestinales específicas de insectos, contra Lepidoptera, Coleoptera y Diptera. Las cepas de *B. thuringiensis* que son tóxicas para diabroticas generalmente expresan toxinas Cry3 o las toxinas binarias Cry34/35 (Mitchell et al, 2010) [Cuadro 4].

**Nematodos:** Se han reportado varias especies de nematodos disponibles comercialmente que han demostrado ser eficaces para matar larvas de *D. virgifera* (Cabanillas et al., 2005; Toepfer et al., 2005). La especie de nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* ha sido evaluada como agente de control a través de numerosos estudios a escala de campo y podría alcanzar un control similar a los tratamientos con insecticidas (Toepfer, 2010a, b). Las primeras aplicaciones a gran escala de nematodos como producto comercial (DIANEM®) para el control de *D. virgifera virgifera* se llevaron a cabo en Austria en 2014 (Figura 14a).

**Parasitoides.** En América del Norte se reportan algunas especies de Tachinidae (*Celatoria* sp.) y Braconidae que se encuentran regularmente parasitando a adultos de diabroticas (Weeden, 2010). Toepfer et al.



(2008) mencionaron que los únicos parasitoides que se ha demostrado que atacan y se desarrollan constantemente dentro del adulto de diabroticas son *Centistes gasseni* (Shaw), *Centistes diabroticae* (Gahan) (ambos Hym.: Braconidae), *Celatoria diabroticae* (Shimer), *Celatoria compressa* (Wulp), *Celatoria bosqi* (Blanchard) y *Celatoria setosa* (Coquillett) (Fam. Tachinidae), los cuales son parasitoides específicos a Diabroticas. En Centroamérica se estudió el género *Celatoria* como enemigo natural de las especies de Diabroticas, y *C. compressa* fue el único parasitoide encontrado en *D. virgifera*, parasitoide específico de adultos de diabroticas (Kuhlmann et al., 2005) [Figura 14c y Cuadro 5].

**Artrópodos:** Los tres grupos de depredadores de Diabroticas que más se han estudiado incluyen: ácaros (Acari), hormigas (Formicidae) y escarabajos carabidos (Carabidae). Los depredadores más abundantes que se alimentan de huevos y larvas de *Diabroticas* sp. son los Phalangiidae y Staphylinidae. Los ácaros *Tyrophagus putrescentiae*, ayudan a controlar las densidades de larvas de gusanos de la raíz en condiciones de campo. Los carabidae son depredadores generalistas que se encuentran en cultivos de maíz y que se alimentan de *Diabroticas* en campo y pueden llegar a reducir el 50% de la población en pequeñas parcelas (Mitchell et al, 2010).

### **Resistencia vegetal**

**Resistencia nativa:** Desarrollar híbridos de maíz con resistencia nativa a las larvas de

*Diabroticas* es difícil. Los métodos convencionales han utilizado germoplasma con endogamia, sin embargo los híbridos con la correlación entre tolerancia endogámica y tolerancia híbrida no es significativa. Además, los rendimientos más altos en los estudios de resistencia nativa se deben más a los sistemas radiculares más grandes que resultan del vigor del híbrido que de la antibiosis, la antoxnosis o la tolerancia (Mitchell et al, 2010).

**Maíz transgénico:** En 2003, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) aprobó el primer maíz transgénico que produce una proteína *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) dentro de sus células radiculares que mata a las larvas de diabroticas, o los desalienta de alimentarse de la raíz de maíz. Todos los maíces transgénicos de gusanos de raíces aprobados para la venta en los EE.UU. hoy en día controlan eficazmente las larvas de *Diabroticas* sp. Los híbridos con Bt son más eficientes que los insecticidas granulados porque toda la raíz está protegida. También aumentan la consistencia y el anclaje de raíces en el suelo, esto da lugar a un aumento de los rendimientos globales e ingresos agrícolas. Para la utilización de estos híbridos con Bt se debe considerar que no pueden plantarse en más del 80% de las hectáreas totales de una parcela y el otro 20% se debe plantar maíz de refugio que no contenga rasgos Bt para que las Diabroticas no generen resistencia a *Bacillus thuringiensis*, estas plantas de maíz de refugio deben ser sembradas en las misma



parcelas y no en bloques separados. Estas parcelas de refugio pueden ser tratadas por insecticidas aplicadas al suelo o semillas, así como insecticidas foliares (Mitchell *et al*, 2010).

### Control químico

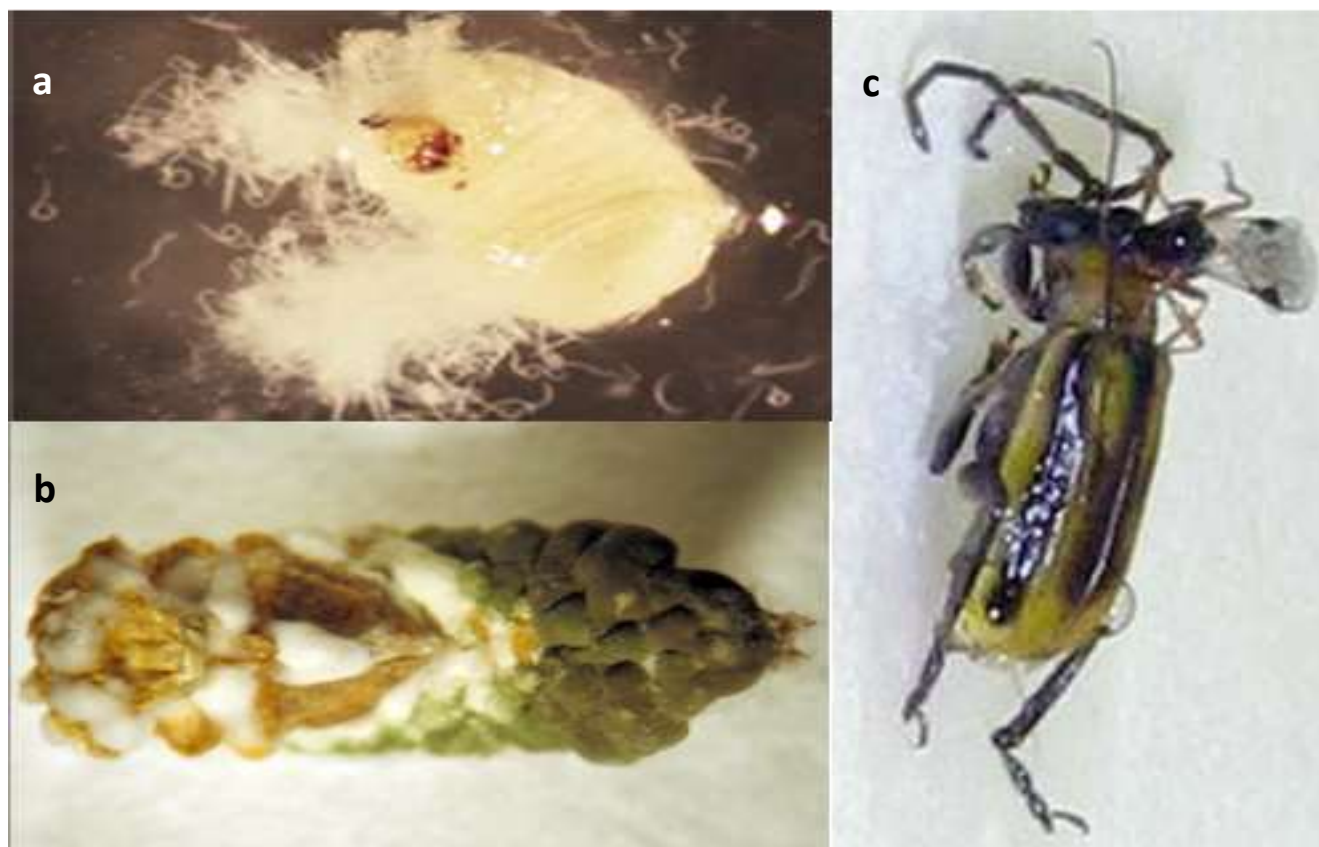
**Insecticidas de suelo.** Los insecticidas aplicados en el suelo han sido una estrategia química primaria contra las larvas de Diabroticas. Estos insecticidas están disponibles tanto como gránulos como líquidos.

Los gránulos generalmente persisten más tiempo en el suelo que los líquidos y el ingrediente activo es menos propenso a lixiviar

o descomponerse. Los insecticidas se pueden aplicar en la siembra o postplantación. Los tratamientos en tiempo de plantación se pueden aplicar en el surco. Los que son aplicados en la siembra deben permanecer alrededor de las raíces durante 6 a 10 semanas para ser eficaces desde la eclosión larvaria y a través de la alimentación larvaria. Sin embargo, las aplicaciones en la plantación son generalmente más eficaces que las aplicaciones posteriores a la siembra (Mitchell *et al*, 2010).



**Figura 13.** A) Trampa amarilla pegajosa y b) Trampa con kairomona. **Créditos:** Mitchell *et al*, 2010.



**Figura 14.** Control biológico: a) Nematodos entomopatógenos atacando una larva, b) pupa infestado de *Metarhizium anisopliae* y c) avispa de *Centistes diabroticae* parasitando a *D. virgifera*. **Créditos:** a) Dakota State University, citado por Mitchell *et al*, 2010; b) Mitchell *et al*, 2010; c) Georg August University, 2020.

**Insecticidas foliares.** A partir de la década de 1960 se utilizaron insecticidas foliares para suprimir las poblaciones adultas de Diabroticas. Los costos de la exploración de adultos y la aplicación de insecticidas foliares son más altos que el control de Diabroticas con insecticidas del suelo. Los insectos beneficiosos y los ácaros depredadores se ven afectados negativamente por los insecticidas foliares, y la lluvia o el riego también pueden reducir la actividad residual. La supresión de adultos de Diabroticas se puede utilizar primeramente para prevenir o minimizar el

recorte de seda o pelos, esto es utilizado con mayor frecuencia en el maíz cultivado para la producción de semillas. En segundo lugar, se puede utilizar para controlar el número de huevos y, en consecuencia, la infestación por larvas en la raíz del maíz. Sin embargo, los tratamientos foliares destinados a minimizar la oviposición rara vez tienen mejores resultados que los insecticidas del suelo (Mitchell *et al*, 2010).

Existe una gran variedad de insecticidas de grupos químicos distintos disponibles en mercado mexicano con registro vigente que

pueden ser empleados como herramientas para control de *Diabrotica* sp. atendiendo esquemas de aplicaciones con rotación de insecticidas que contribuyan al retraso del

desarrollo de la resistencia a insecticidas (Mitchell *et al*, 2010; COFEPRIS, 2020) [Cuadro 6].

**Cuadro 4.** Control biológico con hongos y bacterias de diferentes familias para el control de *Diabrotica* sp. **Fuente:** COFEPRIS, 2020; Monzón, 2001; Carballo *et al.*, 2004; Portal Tecnoagrícola, 2019; EcuRed, 2020 y Santamaria, 2001.

Especie	Orden: familia	Marca	Registro	Plagas controladas
<i>Beauveria bassiana</i>	Hypocreales: Clavicipitaceae	CERCON ES, NATURALIS L, BEA-SIN; TRI-SIN; MYCORALIS; BIOVERIA	RSCO-INAC-0195-311-355-011; RSCO-INAC-0195-303-012-002; RSCO-INAC-0908-0285-002-5.7;	<i>Diabrotica</i> spp., <i>Hypothenemus hampei</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Antonomus grandis</i> , <i>Antonomus eugenii</i> , <i>Cosmopolites sordidus</i> , <i>Phyllophaga</i> spp., <i>Brachystola magna</i> , Trips y Mosquitas blancas.
<i>Metarhizium anisople</i>	Hypocreales: Clavicipitaceae	META-NOC; METADOM; MUSCARDINA; SUPERMETADOM; SUPERMETA; METAKILL 16; META - LD 16; META HM10/ META-SIN; BIOMETT	RSCO-INAC-0376-0250-315-3.0; RSCO-INAC-0903-X0361-002-12.00; RSCO-INAC-0903-X0320-002-6.25	<i>Diabrotica balteata</i> , <i>Agriotes</i> sp., <i>Agrotis segetum</i> , <i>Anastrepha ludens</i> , <i>Dociostaurus maroccanus</i> , <i>Hepialus lupulinus</i> , <i>Hieroglyphus daganensis</i> , <i>Hypothenemus hampei</i> , <i>Schistocerca gregaria</i> , <i>Tenebrio molitor</i> , <i>Zonocerus variegatus</i>
<i>Paecilomyces</i> sp.	Eurotiales: Trichocomaceae	TRI-SIN; ENTOMOTRI; BIO ATTACK Mix3; PFR-97 20% WDG; BIOAMIN-INSECT-1 / PAECIL	RSCO-INAC-0908-0285-002-5.7; RSCO-INAC-0910-0014-034-020; RSCO-INAC-0907-0409-002-20	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Aphidoidea</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Toxoptera citricida</i> entre otras plaga
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bacillales: Bacillaceae	DIPEL 10 G; BT-K / SUPERVIVO / CORVO / BACIMIN; THURINSECT /	RSCO-INAC-0105-007-005-0.32; RSCO-INAC-0105-307-002-	<i>Helicoverpa zea</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Leptinotarsa</i>

		PHC BERETTA	006; RSCO-INAC- 0105-358-002- 006	<i>decemlineata</i> y <i>B.t. subsp. tenebrionis</i> cepa EG 4961 es eficaz contra diabroticas ( <i>Diabrotica</i> sp.) en maíz
--	--	-------------	---	---

**Cuadro 5.** Especies de parasitoides reportadas en diferentes países para el control biológico de *Diabrotica* sp. **Fuente:** Cabrera, 2004.

Especie de parasitoide	Especie hospedante	País
Tachinidae		
<i>Celatoria bosqi</i> (Blanchard)	<i>C. arcuata</i> Olivier	Brasil
	<i>D. speciosa</i> (Germar)	Brasil, Argentina, Uruguay
<i>Celatoria compressa</i> (Wulp)	<i>Acalymma blomorum</i> Munroe & Smith	México
	<i>A. fairmairei</i> (F.)	México
	<i>A. innubum</i> (F.)	México
	<i>A. trivittata</i> (Mannerheim)	México
	<i>D. balteata</i> LeConte	México
	<i>D. tibialis</i> Baly	México
	<i>D. porracea</i> Harold	México
	<i>D. scutellata</i> Baly	México
	<i>D. undecimpunctata duodecimnotata</i> Harold	México
	<i>D. amecameca</i> Kryan & Smith	México
	<i>D. viridula</i> (F.)	México
<i>Celatoria diabroticae</i> (Shimer)	<i>A. trivittata</i>	USA
	<i>A. vittatum</i> (F.)	USA
	<i>C. trifurcata</i> (Forster)	USA
	<i>D. u. howardi</i> Barber	USA
	<i>D. u. undecimpunctata</i> Mannerheim	USA
	<i>D. longicornis</i> (Say)	USA
	<i>D. v. virgifera</i> Le Conte	USA
<i>Celatoria setosa</i> (Coquillett)	<i>A. vittatum</i>	USA
	<i>D. u. howardi</i>	USA
	<i>D. u. undecimpunctata</i>	USA



**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL  
DIRECCIÓN DEL CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

Hymenoptera; Braconidae		
Centistes gasseni (Shaw)	<i>D. speciosa</i>	Brasil

**Cuadro 6.** Insecticidas organosintéticos de diversos grupos químicos para el control de *Diabrotica* sp.

**Fuente:** COFEPRIS, 2020.

Insecticida	Grupo químico	Registro	Nombre comercial	Cultivos autorizados	Dosis recomendada
Terbufos	Organofosfato	RSCO-INAC-0163-340-005-005	TERFOS 5 G	Maíz, plátano y sorgo	20 Kg/Ha
Terbufos	Organofosfato	RSCO-INAC-0163-344-005-015	COUNTER FC-15% G / TERBUFOS 15% / TODOFOS FC-15% G / TURBOFOS FC-15% G	Agave, caña de azúcar, maíz, plátano y sorgo	7.0 kg/ha
Terbufos	Organofosfato	RSCO-INAC-0163-330-005-005	ANATER 5%-G	Maíz, sorgo	20 kg/ha
Diazinón	Organofosforado	RSCO-INAC-0120-054-009-025	VELSIDOL 25 C.E/ BALAZO 25	Alfalfa, calabaza, apio, caña de azúcar, cebolla, entre otros	1.0-1.5 l/ha
Clorpirifos etil	Organofosforado	RSCO-INAC-0115-370-009-045	ANALOR-480	Maíz, sorgo	0.5 L/ha
Clorpirifos	Organofosforado	RSCO-INAC-0115-X0148-001-1.50	FOLEY MAX 1.5% / FLASH C / LUCAVAN 1.5 %	Maíz, sorgo	25-30 Kg/ha
Clorpirifos etil	Organofosforado	RSCO-INAC-115-0252-005-5.0	GRANUFOS 5% G /GALLINATOX 5G / GUSVAN 5G / LORPAC 5%	Maíz, sorgo	15-25 kg/ha.
Carbofuran	Carbamato	RSCO-INAC-0110-333-008-033	ANAFUR 350	Melón, pepino y sandía	3.0 L/ha
Carbofuran	Carbamato	RSCO-INAC-0110-335-008-033	INTERFURAN 350/ CARABINA 350 Y/O FURAN 350	Maíz, calabacita, caña de azúcar, chile, fresa, entre otros	En banda 4-5 L/ha; mateado 400 mL/100 L de agua, aplique 50 cc de la mezcla/planta
Metomilo	Carbamato	REG. RSCO-INAC-0146-304-052-020	MATADOR 20 SL	Maíz, melón, papa, pepino, sandía, sorgo, soya,	1.0-2.0 L/ha



**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL  
DIRECCIÓN DEL CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

Metomilo	Carbarilo	RSCO-INAC-0108-020-008-024	SEVIMOL 300	Maíz, algodón, alfalfa, frijol, sorgo, manzano entre otros	0.20-0.30 L/ha
Metomilo	Carbarilo	RSCO-IND-INAC-108-301-017-99	CARBARIL 50	Maíz, algodón, alfalfa, frijol, sorgo, manzano entre otros	0.20-0.30 L/ha
Permetrina	Piretroide	RSCO-INAC-0156-311-002-025	AMBUSH® 50, LARVAMOR-T 25 PH / LARV-END 25 PH / LARVATANO 25 PH / LARVASSINO	Maíz, algodón, papa, soya, jitomate, tomate, melón, entre otros.	0.25-0.4 l/ha
Permetrina	Piretroide	RSCO-INAC-0156-329-009-034	ANATRINA	Maíz, aguacate, algodón, calabaza, durazno, lechuga entre otros.	0.4 - 0.6 l/ha
Esfenvalerato	Piretroide	RSCO-INAC-0178-303-009-008	ASANA XL	Maíz, algodón, brócoli, calabaza, chile, manzano entre otros.	0.35-0.7 l/ha
Bifentrina	Piretroide	RSCO-INAC-0176-320-002-010	CAPTURE 100	Maíz, remolacha, viñas, manzana, frambuesa, rosas entre otros.	0.2-0.3 l/ha
Zeta-cipermetrina	Piretroide	RSCO-INAC-0106-312-337-009	MUSTANG MAX EW / FURY EW / FURIA EW / ORIX EW	Maíz, maíz dulce, maíz de grano, melón, pepino, calabaza, ajo, algodón, entre otros	0.22-0.28 l/ha
Zeta-cipermetrina	Piretroide	RSCO-INAC-0106-301-009-012	FURIA 100 CE	Maíz, col, col de bruselas, coliflor, jitomate entre otros	0.2 l/ha

**LITERATURA CITADA**

**Alonso EJ. 2010.** Manejo integrado de plagas del maíz. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”-UL. División de Carreras Agronómicas. Departamento de Parasitología. Torreón, Coahuila, México. 23 P.

**Branson TF, Reyes J, and Valdes H. 1982.** Field biology of Mexican corn rootworm, *Diabrotica virgifera zea* (Coleoptera: Chrysomelidae), in Central Mexico. Environmental Entomology, 11, 1078-1083.



**Branson TF, Reyes J and Valdes H. 1982.** Field biology of Mexican corn rootworm, *Diabrotica virgifera zea* (Coleoptera: Chrysomelidae), in Central Mexico. *Environmental Entomology*, 11, 1078-1083.

**Brown JR. 2008.** Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) LeConte, 1868. Colorado State University. En línea: <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5357050>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Burkness E. 2015.** Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) LeConte, 1868. Bugwood - UGA. En línea: <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5506248>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Cabanillas HE, Wright RJ, Vyas RV. 2005.** Aplicaciones de cereales, fibras, semillas oleósis y cultivos medicinales. En: Grewal PS, Ehlers RU, Shapiro DI, eds. *Nematodos como agentes de biocontrol*. Wallingford, Reino Unido: CAB International, 265-280.

**Cabrera WG. 2004.** Distribution, host specificity, and overwintering of *Celatoria bosqi* Blanchard (Diptera: Tachinidae), a South American parasitoid of *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae). *Biological Control* 29 (2004): 427-434 p. En línea: <https://www.fcnyu.unlp.edu.ar/catedras/controlbiologico/TP%205%20Celatoria%20bosqi-Diabrotica.pdf>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Capinera. 2014.** Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) LeConte, 1868. University of Florida. En línea: <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5511810>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Capinera JL, Epsky ND and Thompson DC. 1986.** Effects of adult western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) ear feeding. *Journal of Economic Entomology*. 79(6): 1609-1612.

**Carballo M, Hidalgo E y Rodríguez A. 2004.** Control Biológico de Insectos mediante Entomopatógenos. CATIE. Nicaragua. 232 p.

**CIPF. 2017.** Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 8 Determinación de la situación de una plaga en un área. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. En línea: [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/06/ISPM\\_08\\_1998\\_Es\\_2017-04-22\\_PostCPM12\\_InkAm.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/06/ISPM_08_1998_Es_2017-04-22_PostCPM12_InkAm.pdf) Fecha de consulta: julio 2020.

**CIPF. 2019.** Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 5 Glosario de términos fitosanitarios. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. En línea: [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2020/02/ISPM\\_05\\_2019\\_Es\\_Glossary\\_2020-01-08\\_PostCPM-14\\_LRGR.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2020/02/ISPM_05_2019_Es_Glossary_2020-01-08_PostCPM-14_LRGR.pdf) Fecha de consulta: julio de 2020.

**Clark SM, LeDoux DG, Seeno TS, Riley EG, Gilbert AJ and Sullivan JM. 2004.** Host plants of leaf beetle species occurring in the United



States and Canada (Coleoptera: Megalopodidae, Orsodacnidae, Chrysomelidae, excluding Bruchinae). Coleopterists Society Special Publication No. 2. Sacramento, CA. 476 pp.

**Cocke JJ, Stewart JW, Morris M and Newton W. 1994.** Emergence patterns of Mexican corn rootworm, *Diabrotica virgifera zea*, adults in south and Central Texas. Southwest. Entomol, 19, 347-354.

**COFEPRIS. 2020.** Consulta de registros sanitarios de plaguicidas, nutrientes vegetales y LMR. En línea: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp> Fecha de consulta: agosto 2020.

**De León PO. 2017.** Dinámica de población de diabroticas (Coleoptera: Chrysomelidae) en maíz (*Zea mays* L.) utilizando trampas amarillas pegajosas en la comarca Lagunera de Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"-UL. División de Carreras Agronómicas. Departamento de Parasitología. Torreón, Coahuila, México. pp. 51.

**Derunkov A, Prado LR, Tishechkin AK, and Konstantinov AS. 2015.** New species of *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) and a key to *Diabrotica* and related genera: results of a synopsis of North and Central American *Diabrotica* species. Journal of Insect Biodiversity, 3, 1-55.

**Derunkov A, Konstantinov A, Tishechkin A, Hartje L y Redford AJ. 2013.** *Diabrotica* ID: Identificación de especies de *Diabrotica*

(Coleoptera: Chrysomelidae) de América del Norte y Central. USDA APHIS PPQ Center for Plant Health Science and Technology, USDA Agricultural Research Service, University of Maryland y Louisiana State University. En línea: <http://idtools.org/id/beetles/diabrotica/factsheet.php?name=6838>. Fecha de consulta julio 2020.

**DGSV (Dirección General de Sanidad Vegetal), 1981.** Control de diabrotica del maíz en el sur de Nayarit. SARH. Folleto. 15 p.

**Domínguez RR, Ayala RJL, Rodríguez C, Domínguez B, y Sánchez H. 1989.** Curso de Plagas Agrícolas. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 248-250.

**Eben A and Espinosa MA. 2004.** Ideas on the systematics of the genus *Diabrotica* Wilcox and other related leaf beetles. In: Jolivet P, Santiago JAB and Schmitt M (eds.). New Developments in the Biology of Chrysomelidae. SPB Academic Publishing, Library Research Associates, The Hague, Netherlands, Walden, NY. pp. 59-73.

**EcuRed. 2020.** *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith. En Línea: [https://www.ecured.cu/Paecilomyces\\_fumosoroseus](https://www.ecured.cu/Paecilomyces_fumosoroseus). Fecha de consulta: julio 2020.

**EFSA PLH (EFSA Panel on Plant Health), Bragard C, Dehnen Sk, Di SF, Gonthier P, Agnès JM, Jaques MJA, Fejer JA, Sven MC, Milonas P, Navas CJA, Parnell S, Potting R, Lucien RP, Hermann TH, Van der WW, Vicent CA, Yuen J, Zappalà L, Czwienczek E, MacLeod A. 2019.** Pest categorisation of



*Diabrotica virgifera zea*. EFSA Journal 2019: (17) 11. En

línea:<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5858>-

Fecha de consulta: julio 2020.

**EPPO. 2020.** *Diabrotica virgifera zea* (DIABVZ).

En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/DIABVZ>.

Fecha de consulta: julio 2020.

**Georg August University, 2020.** Control

biológico: Enemigos naturales del gusano de la raíz de maíz (*Diabrotica virgifera*).

Georg-August-University, Departamento de Totología

Agrícola: Control Biológico. En línea:

[http://www.agrarentomologie.uni-](http://www.agrarentomologie.uni-goettingen.de/index.php?id=32&type=98)

[goettingen.de/index.php?id=32&type=98](http://www.agrarentomologie.uni-goettingen.de/index.php?id=32&type=98).

Fecha de consulta: julio 2020.

**Hodgson EW. 2008.** Western corn rootworm.

Utah State University. Utah-Pest Fact Sheet.

Ent-109-07pr. En

Línea:[https://digitalcommons.usu.edu/cgi/view](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1984&context=extension_c)

[content.cgi?article=1984&context=extension\\_c](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1984&context=extension_c)

[urall](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1984&context=extension_c). Fecha de consulta: julio 2020.

**INTAGRI. 2018.** Manejo de la Diabrotica en el

Cultivo de Maíz. Serie Cereales. Núm. 38.

Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. En

línea:

[https://www.intagri.com/articulos/cereales/ma](https://www.intagri.com/articulos/cereales/manejo-de-la-diabrotica-en-el-cultivo-de-maiz)

[nejo-de-la-diabrotica-en-el-cultivo-de-maiz](https://www.intagri.com/articulos/cereales/manejo-de-la-diabrotica-en-el-cultivo-de-maiz).

Fecha de consulta: julio 2020.

**Iowa State University. 2018.** *Diabrotica*

*longicornis*, *Diabrotica barberi*, *Diabrotica*

*virgifera*. En línea:

<https://bugguide.net/index.php?q=search&keys>

[=Diabrotica+virgifera](https://bugguide.net/index.php?q=search&keys). Fecha de consulta: julio

2020.

**Jensen B. 2018.** Corn rootworm (*Diabrotica* sp.)

Chevrolat in Dejean, 1836. University of

Wisconsin.

En

línea:<https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5478712>.

Fecha de consulta: julio 2020.

**Jones G.D, and Coppedge JR. 2000.** Foraging

Resources of Adult Mexican Corn Rootworm

(Coleoptera: Chrysomelidae) in Bell County,

Texas. Journal of Economic Entomology, 93,

636-643. En línea: [https://doi.org/10.1603/0022-](https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.636)

[0493-93.3.636](https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.636). Fecha de consulta: julio 2020.

**Krysan JL and Miller TA. 1986.** Methods for the

study of pest *Diabrotica*. Springer-Verlag, New

York, USA.

**Krysan JL. 1978.** Diapause, quiescence, and

moisture in egg of western corn rootworm,

*Diabrotica virgifera*. Journal of Insect

Physiology, 24, 535-540.

**Krysan JL. 1986.** Introduction: Biology,

Distribution, and Identification of Pest

*Diabrotica*. In: Krysan JL and Miller TA (eds.).

Methods for the Study of Pest *Diabrotica*.

Springer Series in Experimental Entomology,

Springer, New York, NY.

**Krysan JL, Branson TF and Diaz GC. 1977.**

Diapause in *Diabrotica virgifera* (Coleoptera:

Chrysomelidae): a comparison of eggs from

temperate and subtropical climates.

Entomologia Experimentalis et Applicata, 22,

81-89.

**Krysan JL, Smith RF, Branson TF, and Guss PL.**

**1980.** A New Subspecies of *Diabrotica virgifera*

(Coleoptera: Chrysomelidae): Description,

Distribution, and Sexual Compatibility. Annals



of The Entomological Society of America, 73(2), 123-130.

**KSU (Kansas State University). 1991.** Insect Pest Management For Corn on the Western Great Plains. Cooperative Extension Service. KSU. Manhattan, Kansas. pp 14-15.

**Kuhlmann U, Toepfer S y Zhang F. 2005.** ¿Es el control biológico clásico contra el gusano de raíz de maíz occidental en Europa una estrategia potencial de gestión sostenible? En: Vidal S, Kuhlmann U, Edwards CR, eds. Western Corn Rootworm: Ecology and Management, 263-284.

**Levine E and Oloumi HS. 1991.** Management of diabroticite rootworms in corn. Annual Review of Entomology 36, 229-255.

**Majumdar A. 2014.** Introduction to insect pest monitoring using pheromone traps. Alabama Cooperative Extension System. En línea: <https://docplayer.net/21789378-Introduction-to-insect-pest-monitoring-using-pheromone-traps.html>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Marin JA. 2018.** Identificación y biología de insectos plaga del maíz y sorgo en su sistema radicular. INIFAP. En línea: <https://docplayer.es/78383171-Identificacion-y-biologia-de-insectos-plaga-del-maiz-y-sorgo-en-su-sistema-radicular-antonio-marin-jarillo.html>. Fecha de consulta: agosto 2020.

**Martínez OAJ, Salas MDA, Díaz MG, Bucio CMV and Salazar ES. 2014.** Comparison of Population Growth Curves of Three Diabrotica (Coleoptera: Chrysomelidae) Species in Maize (*Zea mays* L.) in Irapuato, Guanajuato, México. Southwestern Entomologist: (39) 581-593. En

línea: <https://doi.org/10.3958/059.039.0317>. Fecha de consulta julio 2020.

**Metcalfe y Flint. 1981.** Insectos destructibles e insectos útiles sus costumbres y su control. Editorial Continental. México, 564 a 576 pp.

**Mitchell SB, Ciha AJ and Tollefson JJ. 2010.** Corn Rootworm and Management. En línea: <https://masters.agron.iastate.edu/files/mitchell-steven-cc.pdf>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Monzón A. 2001.** Producción, uso y control de calidad de hongos Entomopatógenos en Nicaragua. Maneo Integrado de Plagas (Costa Rica). N° 63.

**Najera RMB. 2017.** Biología y ecología de gallina ciega y diabrotica. INIFAP. En línea: <https://docplayer.es/90996387-Biologia-y-ecologia-de-gallina-ciega-y-diabrotica.html>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Naturalista. 2019.** *Diabrotica virgifera ssp. zeae*. En línea: <https://www.naturalista.mx/taxa/218294-Diabrotica-virgifera>. Fecha de consulta: julio 2020.

**NC State Extension. 2015.** Southern Corn Rootworm. NC State University and N.C. A&T State University. En línea: <https://entomology.ces.ncsu.edu/field-corn-insect/southern-corn-rootworm/>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Portal Tecnológico. 2019.** Productos agricultura convencional: *Metarhizium anisople*. En línea: <https://www.buscador.portaltecnologico.com/vademecum/mex/producto-tecnico/15342/METARHIZIUM%20ANISOPLIAE>

?pagina=Productos%20t%C3%A9cnicos.Fecha de consulta: julio 2020.

**Posos PP. 1989.** Determinación de eficacia plaguicida de nueve tratamientos químicos contra plagas rizófagas en el cultivo del maíz en San Martín Hidalgo, Jalisco. Ciclo PN 1988-88. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. 60 pp.

**Purdue University. 2009.** Corn rootworms. Purdue University. College of Agriculture. Field crops IPM. En línea: <https://extension.entm.purdue.edu/fieldcropsipm/insects/corn-rootworms.php>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Purdue University. 2014.** Youth and entomology. *Diabrotica virgifera*. Department of Entomology. En Línea: [https://extension.entm.purdue.edu/radicalbugs/default.php?page=pests/western\\_corn\\_rootworm](https://extension.entm.purdue.edu/radicalbugs/default.php?page=pests/western_corn_rootworm). Fecha de consulta: julio 2020.

**Quiñones LS. 2017.** Manejo Integrado de Plagas (MIP) en Maíz. Curso Internacional en Producción de Maíz de Alto Rendimiento. INTAGRI. Guadalajara, México. En línea: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/manejo-de-la-diabrotica-en-el-cultivo-de-maiz>.

Fecha de consulta: julio 2020.

**Reyes J. 1983.** Observaciones biológicas de campo sobre *Diabrotica virgifera zea* Krisan and Smith en maíz de temporal en el estado de Jalisco. 2ª. Mesa redonda sobre plagas del suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Chapingo, México. 31 pp.

**Rice ME. 2004.** Transgenic rootworm corn: Assessing potential agronomic, economic, and environmental benefits. Online. Plant Health Progress.

<https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2004/rootworm/>. Fecha de consulta: julio 2020.

**SAGARPA. 2005.** Campaña fitosanitaria del maíz y sorgo en el estado de Guanajuato. Ed. Consejo estatal de Sanidad Vegetal del estado de Guanajuato. 20 p.

**Santamaria. 2001.** Los Laboulbeniales, un grupo enigmático de hongos parásitos de insectos. LAZAROA 22: 3-19 pp. En línea: [https://www.researchgate.net/publication/27589002\\_Los\\_Laboulbeniales\\_un\\_grupo\\_enigmatico\\_de\\_hongos\\_parasitos\\_de\\_insectos](https://www.researchgate.net/publication/27589002_Los_Laboulbeniales_un_grupo_enigmatico_de_hongos_parasitos_de_insectos). Fecha de consulta: julio 2020.

**Segura OLL. 2004.** Phylogeography of *Diabrotica virgifera* LeConte and *Diabrotica virgifera zea* Krysan and Smith (Coleoptera: Chrysomelidae). PhD Dissertation, University of Nebraska. 157 pp.

**SIAFEG (Sistema de Alerta Fitosanitaria de Guanajuato). 2020.** Gusano de la raíz del maíz (Temporal). En línea: <http://siafeg.org.mx/boletin?idproblema=3>.

Fecha de consulta: julio 2020.

**Sivcev I, Stankovic S, Kostic M, Lakic N and Popovik Z. 2009.** Population density of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte beetles in Serbian first year and continuous maize fields. Journal of Applied Entomology, 133, 430-437.

**Stewart JW, Cocke JJ, Taylor J and Williams R. 1995.** Mexican corn rootworm emergence from corn fields where sorghum was grown the previous season. *Southwest. Entomol*, 20, 229-230.

**Tallamy DW, Hibbard BE, Clark TL and Gillespie JJ. 2005.** Western Corn Rootworm, Cucurbits and Curcubitacins. In: Vidal S, Kuhlmann U and Edwards R (eds.). *Western Corn Rootworm Ecology and Management*, CABI Publishing, UK, pp. 67-93.

**Terralia. 2020.** Insecticidas: *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Agroquímicos de México*. En línea: [https://www.terralia.com/agroquimicos\\_de\\_mexico/view\\_composition?composition\\_id=12829](https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?composition_id=12829). Fecha de consulta: julio 2020.

**Tierra Overseas. 2020.** *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* (Bt). *tradeindia.com*. En línea. [https://msnoverseas.tradeindia.com/bacillus-thuringiensis-var-kurstaki-bt-3823208.html#prod\\_img](https://msnoverseas.tradeindia.com/bacillus-thuringiensis-var-kurstaki-bt-3823208.html#prod_img). Fecha de consulta: julio 2020.

**Toepfer S, Gueldenzoph C, Ehlers RU y Kuhlmann U. 2005.** Detección de entomopatógenos nematodos para detectar virulencia contra el gusano de raíz de maíz occidental invasor, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) en Europa. *Boletín de Investigación Entomológica*, 95:473-482.

**Toepfer S, Hatala ZI, Ehlers RU, Peters A y Kuhlmann U. 2010.** El efecto de las técnicas de aplicación en la eficacia a escala de campo: ¿puede el uso de nematodos

entomopatógenos reducir el daño causado por las larvas de gusanos de raíz de maíz occidentales? *Entomología Agrícola y Forestal*, 12(4):389-402. En línea: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-9563.2010.00487.x/full>. Fecha de consulta: julio 2020.

**Toepfer S, Cabrera WG, Eben A, Alvarez RZ, Haye T, Zhang F and Kuhlmann U. 2008.** A. Critical evaluation of host ranges of parasitoids of the subtribe *Diabroticina* (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Luperini) using field and laboratory host records. *Biocontrol Sci. Technol.* 18:483-504.

**Turincio TR. 2007.** Evaluación de Insecticidas para el Control de Plagas del Suelo en Maíz. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Jalisco, México. 55 p.

**Ward DP, DeGooyer TA, Vaughn TT, Head GP, McKee MJ, Astwood JD and Pershing JC. 2005.** Genetically enhanced maize as a potential management option for corn rootworm: YieldGard® rootworm maize case study. In: Vidal S, Kuhlmann U and Edwards R (eds.). *Western Corn Rootworm: Ecology and Management*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 239-262.

**Weeden CR, Shelton AM and Hoffman MP. 2010.** *Biological control: A guide to natural enemies in North America*. Cornell Univ. En línea: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/>





pathogens/fungi.html. Fecha de consulta: julio 2020.

**Forma recomendada de citar:**

**DGSV-CNRF. 2020.** *Diabrotica virgifera zea* Krysan & Smith (Insecta: Coleoptera: Chrysomelidae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 33 p.

**Nota:** Las imágenes contenidas son utilizadas únicamente con fines ilustrativos e informativos, las cuales han sido tomadas de diferentes fuentes otorgando los créditos correspondientes.



## **DIRECTORIO**

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

**Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula**

Director en Jefe del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y  
Calidad Agroalimentaria

**Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga**

Director General de Sanidad Vegetal

**Ing. Francisco Ramírez y Ramírez**

Director del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

**M.C. Guillermo Santiago Martínez**