



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA AGRÍCOLA



ASIGNATURA: FUNDAMENTOS DEL MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS PLAGAS

TEMA: CONTROL GENÉTICO

Existe en el mundo la necesidad urgente de producir plantas que sean resistentes al ataque de insectos plaga con el fin de reducir las pérdidas en los cultivos, las cuales se estiman alrededor de 20-30% de la producción total; además de disminuir la aplicación anual de insecticidas químicos al año reduciéndose la contaminación ambiental y los riesgos en la salud y alimentación. La principal alternativa de control siempre ha sido el uso de insecticidas químicos; sin embargo el uso de otros métodos de control tales como: biológico, cultural, etológico, mecánico, físico o legal, han contribuido en algunos casos específicos a reducir las poblaciones de los insectos plagas.

La resistencia varietal, es una estrategia de manejo integrado de plagas (MIP) la cual ha sido considerada como otra alternativa que puede ser ecológica ya que puede reducir la dependencia del uso de insecticida sintético y compatible con otros métodos de control (Vallejo y Estrada, 2002).

Las plantas expresan su resistencia de diferentes maneras, unas en forma más estable que otras. Entre las primeras están las estructuras anatómicas, morfológicas y químicas preformadas que impiden a los microorganismos y artrópodos establecerse en la planta. Además disponen de la acción de genes complementarios y de genes menores que impiden el establecimiento y el avance de las plagas. El otro tipo de defensa se manifiesta con la presencia de fitoalexinas y otras sustancias que le permiten a la célula evitar el daño que causa el microorganismo o el artrópodo. Esta protección es generalmente inducida por agentes biológicos, físicos o químicos y su efecto puede ser de corta duración (Bustamante y Patiño, 2001).

La resistencia de las plantas al ataque de los insectos es definida por Granados y Paliwal (2001) como la cantidad relativa de elementos heredables de la planta que influyen sobre el daño hecho por los insectos. El grado de resistencia de un cultivar a un insecto

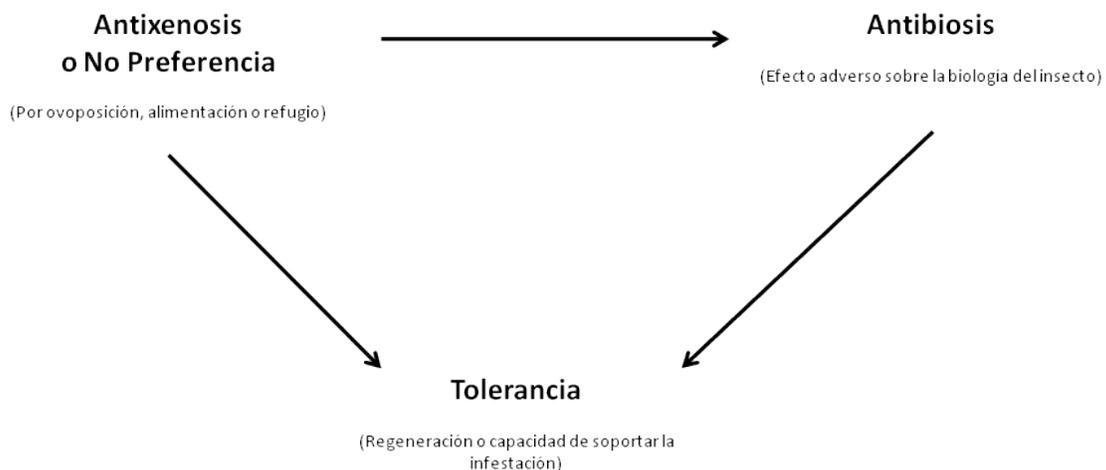
específico, tal como ocurre en el campo, puede ser evaluado comparándolo con alguna de las siguientes categorías:

- *Inmunidad*: es aquella que un insecto específico nunca llegará a consumir o dañar a la planta bajo ninguna condición; en el caso del maíz no se conoce ninguna variedad inmune al ataque de ningún insecto específico.
- *Resistencia moderada*: tiene un nivel intermedio de resistencia al ataque de insectos.
- *Baja resistencia*: es un cultivar que sufre mayores daños o infestación por un insecto que el promedio de los cultivos considerados.
- *Susceptibilidad*: cultivar susceptible muestra un daño superior al promedio a causa del ataque de los insectos.
- *Alta susceptibilidad*: cultivares que muestran un daño mayor que el daño de los insectos está muy por encima del daño causado por los insectos en consideración.

Dentro del manejo integrado de plagas, la resistencia genética de una planta al ataque de un insecto es un componente que puede ser manejado mediante los programas convencionales de mejoramiento genético que a su vez están asociados con características agronómicas deseables (Velásquez, 2013).

1. Mecanismos de resistencia

Painter (1951) definió las categorías o mecanismos de defensa de la planta ante al ataque de un insecto, desde entonces se han venido utilizando las siguientes categorías:



Una planta resistente puede tener al mismo tiempo los tres tipos de resistencia, esto es, puede ser no preferida para ovoposición o alimentación, puede tener antibiosis y ser tolerante. Los factores genéticos que condicionan la no preferencia, antibiosis o tolerancia pueden ser independientes o tener acción acumulativa con otros tipos de factores (físicos o morfológicos y químicos). Esto muestra la posibilidad de acumular factores de resistencia en una variedad, contra una plaga (Vallejo y Estrada, 2002).

➤ **Antixenoxis o no preferencia:** grupo de caracteres de las plantas y de respuestas de los insectos que llevan a aceptar o a rechazar una planta particular para la ovoposición, para la alimentación o para refugio, o una combinación de estos tres elementos (Granados y Paliwal, 2001). La antixenoxis puede deberse a mecanismos de defensa de la planta físicos, como presencia de tricomas, superficies cerosas o dureza del tejido; o químicos, como repelentes (terpenos, aceites) o atrayentes (alcaloides, flavonoides, lectonas, fenoles, taninos) (Vallejo y Estrada, 2002).

➤ **Antibiosis:** representa las características físicas o químicas de las plantas que actúan contra la biología del insecto afectándole la vida. Se ha reportado que compuestos químicos, producto del metabolismo secundario, y la presencia de tricomas en las hojas y tallos afectan el desarrollo y la reproducción de los insectos (Painter, 1951).

Según Vallejo y Estrada (2002), la antibiosis puede deberse a la presencia de factores químicos tales como proteínas, toxinas (alcaloides, cetonas, ácidos orgánicos), inhibidores (alfamilasa, tripsina, proteasas) o a la presencia de factores físicos tales como reacción de hipersensibilidad, tricomas, deposiciones de sílice y de calcio, etc. Dependiendo de la magnitud del efecto antibiótico, el insecto puede sobreponerse y recuperarse.

La antibiosis se manifiesta de una o varias maneras, así:

- Muerte del insecto en los instares tempranos.
- Tasas de crecimiento anormales, generalmente como prolongación del ciclo de vida del insecto.
- Fallas en el proceso de empupamiento.

- Fallas en la emergencia de adultos a partir de la pupa.
- Emergencia de adultos muy pequeños o mal formados.
- Fallas en la acumulación de reservas alimenticias para hibernar.
- Fecundidad y fertilidad reducidas.
- Conducta anormal.

El efecto total de estos fenómenos es una reducción sustancial de la población del insecto en el cultivar resistente.

- **Tolerancia:** mecanismo por el cual la planta demuestra una cierta capacidad para crecer y reproducirse o para reparar en cierta medida los daños ocasionados, a pesar de soportar una población de insectos igual a aquella que ocasionaría daños a un hospedante susceptible (Granados y Paliwal, 2001).

Existen varios factores que pueden afectar positiva o negativamente la expresión de la tolerancia, entre ellos tenemos: edad de la planta, parte de la planta atacada, condición fisiológica de la planta, edad del insecto, especie de insecto, razas fisiológicas del insecto, condiciones ambientales (humedad, temperatura), nutrición de la planta, épocas de siembra, cultivos adyacentes, cultivos anteriores (Vallejo y Estrada, 2002).

1.1 Mecanismos de resistencia a insectos en diferentes cultivos.

La resistencia en las plantas hospederas ha sido clasificada en términos de características anatómicas, morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, los cuales son responsables de su expresión, epidemiología, modo de herencia y durabilidad (Picca *et al.* 2004).

En este sentido, Baldin *et al.* (2012), evaluaron la resistencia de diferentes cultivares de melón a *Bemisia tabaci* biotipo B, demostrando que los cultivares “Hales Best” y “Amarelo Ouro” fueron más resistentes, ya que se observó no preferencia para la ovoposición de la mosca blanca, asociándose con la densidad de tricomas e indican que estos resultados pueden ser útiles para los programas de mejoramiento de melón.

Así mismo, Ordoñez *et al.*, (2012) estudiaron la resistencia de cinco variedades de papa al ataque de *Tecia solanivora*, reportando que la variedad que presentó el menor número de huevos, probablemente, presenta un mecanismo de no preferencia o antixenosis y que la

misma está asociada con características (de olor y color, entre otras), que hacen que una variedad, sea menos preferida por el insecto para los procesos de alimentación o de ovoposición.

Velásquez (2013), indica que la presencia de cuerpos silicios en los cultivares evaluados de arroz juegan un papel importante como mecanismo de defensa al ataque de sogata (*Tagosodes orizicolus*). Las células de sílice están llenas de SiO_2 , este compuesto ha sido considerado por algunos autores como el principal mecanismo de defensa de las plantas a los insectos herbívoros, porque reduce la digestibilidad y da mayor dureza y abrasividad al tejido (Granado-Sánchez *et al.*, 2008).

Es importante destacar que la presencia de cuerpos silicios, aunado con un gran número de estructuras anatómicas (micropelos, papilas y aguijones) en el tejido epidérmico de la hoja, juega un papel importante al momento de seleccionar, para un programa de mejoramiento.

2. Programas para resistencia de las plantas hospedantes a los insectos

2.1 Requerimientos para la evaluación de la resistencia

- Estos programas deberían ser llevado a cabo por un equipo multidisciplinario (entomólogos, agrónomos, patólogos y fisiólogos).
- Conocimiento de la planta hospedante (necesidades nutricionales, requerimiento hídrico, luz y espacio, fenología y fisiología).
- Conocimiento completo de la biología del insecto (tasa de ovoposición, duración de las diferentes etapas fenológicas, longevidad de los adultos, etc).
- Conocimiento de las fuentes de resistencia (Fuentes de variabilidad genética: 1) bancos de germoplasma, 2) materiales de programas nacionales y 3) campos de los agricultores).
- Contar con una metodología totalmente confiable para poder declarar como resistente lo que sí es en realidad resistente.
- Uso de niveles de infestación uniformes y controlados; las infestación puede ser natural o artificial; la primera presenta ciertas desventajas tales como: no existe una distribución uniforme de las plagas en el campo, ya que, la densidad poblacional de los insectos en la naturaleza no es uniforme a través de los años; Por otro lado, el uso de insectos en sus condiciones naturales

tiene algunas ventajas, como por ejemplo: evaluación de un gran número de genotipos en distintas áreas geográficas a bajo costo. Existen varios métodos que han sido diseñados para mejorar la eficiencia de las poblaciones naturales en la selección para resistencia a los insectos, el más común de los cuales consiste en fortalecer las poblaciones de insectos en criaderos. Por otra parte, la infestación artificial requiere la cría masiva de insectos ya sea con una dieta semi-artificial o en las plantas hospedantes o en algunas hospedantes alternativas. La cría masiva de los insectos permite a los investigadores tener suficientes insectos en el momento oportuno que pueden ser usados para infestar artificialmente las plantas hospedantes con el número apropiado de insectos por planta en el momento correcto de desarrollo de la planta y del insecto.

- Asegurarse de que no se trabaja con una mezcla de biotipos de insectos.
- Usar un adecuado número de replicaciones.

2.2 Criterios para medir resistencia

La resistencia puede ser medida en la planta y en el insecto. El efecto que el insecto le causa a la planta puede ser medido a través de: evaluación visual de la cantidad de daño directo o cuantificación de: achaparramiento, trozamiento, decoloración de tejido, supervivencia de plantas, área foliar consumida, tallos dañados, necrosis de tejidos, abscisión de flores y/o frutos, pérdidas en el rendimiento, tasas de crecimiento, etc; mientras que el efecto de la resistencia de la planta en el insecto puede ser medido a través de la duración del ciclo de vida, tasa de mortalidad, de reproducción y de *ovoposición*, peso de individuos, progenies por hembra, cantidad de alimento consumido, cantidad de alimento utilizado, cambios en la conducta, etc. En los últimos años han aparecido otras técnicas que pueden ayudar a la evaluación de la resistencia: electrofóresis, marcadores moleculares, cultivo de tejidos, etc (Vallejo y Estrada, 2002).

Para diferenciar entre genotipos resistentes y susceptibles, es necesario:

- Mantener el nivel de infestación tan uniforme como sea posible idealmente cada planta debería ser infestada con el mismo número de insectos

- Clasificar cada planta o familia de plantas usando una escala numérica preestablecida, la que debería estar de acuerdo con la gravedad del daño exhibido por las plantas

2.3 Técnicas para determinar mecanismos de resistencia

Panda y Khush (1995) citado por Vallejo y Estrada (2002), describieron la metodología para diferenciar cada uno de los tres mecanismos de resistencia:

- **Para evaluar antixenosis:** Plantas uniformes se infestan con insectos de la misma edad, sexo y condición de crecimiento. Las plantas sembradas en invernadero se organizan en círculo y los insectos se liberan en el centro para garantizarles una libre escogencia del material. Los insectos se dejan en las plantas hasta que la variedad testigo susceptible muestre daño o una acumulación de población.
- **Para evaluar antibiosis:** Puede ser evaluada a través de pruebas forzadas, donde las variedades son separadas e infestadas individualmente. Las pruebas de antibiosis están diseñadas para determinar si la biología del insecto es afectada negativamente cuando el insecto se alimenta en materiales susceptibles versus materiales resistentes. Sin embargo, un ejemplo es el retardo en el crecimiento larval que puede ser debido a factores potencialmente deletéreos responsables de antixenosis, o de la presencia de inhibidores de crecimiento o toxinas, resultando en antibiosis.
- **Para evaluar tolerancia:** No incluye la interacción de la planta con el comportamiento del insecto o la fisiología. A diferencia de los dos anteriores mecanismos de resistencia, la tolerancia se involucra como una comparación de la pérdida de biomasa en presencia del insecto y en ausencia de él. La diferencia de campo entre plantas infestadas y no infestadas puede ser usada como un estimativo del porcentaje de pérdidas. La evaluación de tolerancia debe ser conducida en condiciones comparables de la población del insecto y pérdidas de campo de las variedades tolerantes versus las susceptibles.

3. Metodología del mejoramiento

Según Granados y Paliwal (2001) la selección de los métodos de mejoramiento a ser usados para el desarrollo y obtención de cultivares resistentes al ataque de insectos está condicionado por varios factores:

- **Herencia de la resistencia:** los métodos de mejoramiento serán diferentes si la resistencia es un carácter poligénico, si la resistencia es condicionada por unos pocos genes o si la resistencia es monogénica. Son necesarios algunos ajustes en los métodos de mejoramiento si los genes para resistencia son dominantes o recesivos. Además, se deben hacer otros ajustes si se detecta la presencia de genes modificadores del nivel de resistencia.
- **Tipo de germoplasma a ser desarrollado:** los métodos de mejoramiento serán diferentes si el producto final son variedades de polinización abierta o híbridos.
- **Número de especies de insectos contra las cuales se deben obtener variedades resistentes:** en muchos de los casos estudiados la herencia de la resistencia al ataque de insectos , por ejemplo, en maíz es un carácter poligénico o un carácter condicionado por pocos genes importantes y un cierto número de modificadores.

3.1 Métodos de mejoramiento

La selección de método de mejoramiento a seguir dependerá del sistema reproductivo de la planta y de la base genética de la resistencia. Los métodos más usados son:

- Selección masal
- Selección recurrente
- El método de la retrocruza
- La incorporación del gen *Bt*, es un método de mejoramiento actual, en los cultivares de maíz utilizando técnicas de ingeniería genética donde se generan individuos transgénicos que pueden producir las toxinas *Bt* haciéndolos resistentes a *Spodoptera frugiperda*.

Referencias Bibliográficas

Bustamante, R.; Patiño, L. 2001. En búsqueda de un sistema de resistencia estable en plantas cultivadas. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. 60:3-14.

Granados, G.; Paliwal, R. 2001. Mejoramiento para resistencia a los insectos [En línea]. Dirección: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf> [Consultado: 15 julio 2015].

Velásquez, R. 2013. Caracterización morfoanatómica, molecular y genética de la resistencia al daño mecánico de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) en arroz. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 94 p.

Vallejo, F.; Estrada, E. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia. DIPAL. Palmira, Colombia. 404 p.

Painter, R. 1951. *Insect Resistance in crop plants*. The University Press of Kanasa, USA. 520 P.

Baldin, E.; Silva, J.; Pannuti, L. 2012. Resistance of melon cultivars to *Bemisia tabaci* biotype B. *Horticultura Brasileira*. 30: 600-606.

Ordoñez, M.; Rosero, J.; Bacca, T. 2012. Resistencia de cinco variedades de (*Solanum spp.*, solanaceae) al ataque de *Tecia solanivora* (lepidoptera: gelechiidae). *Bol.Cient.Mus.Hist.Nat.* 16: 108 – 119.

Picca, A.; Helguera, N.; Salomón A.; Carrera, A. 2004. Marcadores moleculares en biotecnología y mejoramiento genético vegetal. Editores Echenique, V., C. Rubinstein y L. Mogridki. Ediciones Inta. Argentina. 462 p.

Granados-Sanchez, D.; Ruiz, P.; Barrera, H. 2008. Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y de Ambiente*. 14: 51-63.