

DIVISION DE SANIDAD VEGETAL
UNIDAD PROYECTOS DE PREVENCIÓN

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



1253

**MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS
Y ENFERMEDADES EN**

MAÍZ Y SORGO



20122
2 cop.



Boletín de Sanidad Vegetal 13

14 SET. 2001



Subgerencia de Prevención y Control
División de Sanidad Vegetal
Unidad Proyectos de Prevención

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN MAÍZ Y SORGO

Coordinación general y fotografías: Manuel Torregroza Castro

Esta publicación es una separata del libro "Sorgo y maíz. Memorias del seminario internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz, sus principales plagas y enfermedades". Realizado en Tibaitatá del 25 al 30 de enero de 1993, por el ICA, Fenalce, Occidental de Colombia, Intsormil y el Cimmyt. Publicado por Produmedios en 1994.

Santafé de Bogotá, DC 1996

La mención de algunos productos comerciales en este manual no constituye una garantía del producto por parte del ICA, como tampoco implica que se excluyan otros productos de igual o mayor efectividad.

© Publicación del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA

Primera edición agosto de 1996

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Fotomecánica, impresión y encuadernación



Diseño total: *Dannhtté*

Ejemplares: 2.000

Comercialización PRODUMEDIOS

Pedidos: Cra 13A No. 37-68 Of. 1003

Teléfono 285 7311. Fax 285 9546

Santafé de Bogotá, DC, Colombia

El contenido de esta publicación es propiedad intelectual del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

Prohibida su reproducción para fines comerciales

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

CONTENIDO

PLAGAS

- EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS:
ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS
César Cardona 9
 - INTRODUCCIÓN 9
 - MÉTODO DE CONTROL DE PLAGAS:
 - LA PERSPECTIVA ACTUAL 9
 - EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS 11
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 15

- MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL SUELO EN MAÍZ
Y SORGO CON ÉNFASIS EN *Blissus* spp. Y TIERREROS
Guillermo Sánchez Gutiérrez 17
 - Agrotis ipsilon* (HUFNIAGEL): LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE, TROZADOR
NEGRO, TIERRERO 17
 - Spodoptera frugiperda* (J.E. - SMITH) LEPIDOPTERA NOCTUIDAE.
GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ 19
 - Elasmopalpus lignosellus* (ZELLER) LEPIDOPTERA: PYRALIDAE.
BARRENADOR MENOR DEL MAÍZ 20
 - Conoderus* sp. COLEOPTERA: ELATERIDAE. GUSANO ALAMBRE 20
 - Neocurtilla hexadactyla* (PERTY). *Scapteriscus didactylus* (LATR.)
ORTHOPTERA: GRYLLOTALPIDAE. VERRAQUITOS DE TIERRA, GRILLOS
TOPOS Y MARRANITAS 20
 - Blissus* spp. HEMIPTERA: LYGAEIDAE CHINCHE DE LA RAÍZ 21
 - CONCLUSIONES 24
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 25

- MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE LA MOSCA
DEL OVARIO DEL SORGO
Nora C. Jiménez 27
 - RESUMEN 27
 - INTRODUCCIÓN 28
 - CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES PARA PLANEAR
 - LAS ESTRATEGIAS DE MANEJO CULTURAL Y QUÍMICO 29
 - ESTRATEGIAS DE MANEJO: CONTROL CULTURAL, NATURAL Y QUÍMICO 31
 - CONCLUSIONES 37
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 37

- RESISTENCIA DEL COGOLLERO DEL MAÍZ, *Spodoptera frugiperda* (J.E.
SMITH) A ALGUNOS INSECTICIDAS Y SU MANEJO
Ingeborg Zenner de Polanía • Fabiola Borrero Fonseca 39
 - INTRODUCCIÓN 39
 - ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE RESISTENCIA 41
 - MANEJO DE LA RESISTENCIA 45
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 49

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

- **EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS
POR *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
COMO COMEDOR DE FOLLAJE EN SORGO**
Alonso Álvarez R. • Guillermo Sánchez G. 51
 - RESUMEN 51
 - REVISIÓN DE LITERATURA 52
 - MATERIALES Y MÉTODOS 53
 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54
 - CONCLUSIONES 57
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 58

- **INTEGRACIÓN DE MÉTODOS PARA EL MANEJO DE
Spodoptera frugiperda (J.E. SMITH)**
Fulvia García Roa 59
 - IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DAÑO 59
 - INTEGRACIÓN DE MÉTODOS 60
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 64

- **EL CUCARRO *Euethoela bidentata* (BURMEISTER)
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) PLAGA DE LA RAÍZ
EN MAÍZ Y SORGO**
Guillermo Sánchez Gutiérrez • Norma Constanza Vásquez Naranjo 65
 - DISTRIBUCIÓN 65
 - DISPERSIÓN 66
 - BIOECOLOGÍA DEL INSECTO 66
 - TÉCNICAS DE MUESTREO 67
 - ENEMIGOS NATURALES 68
 - SISTEMA DE MANEJO DEL CUCARRO 69
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 71

- **ESTÚDIOS DE RESISTENCIA DE MAÍZ A *Sitophilus zeamais* MUTSCH
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**
Luis Armando Castro Ortega 73
 - MATERIALES Y MÉTODOS 75
 - PRUEBAS DE LIBRE ELECCIÓN 77
 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN 77
 - CONCLUSIONES 83
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 84

- **EL COMPLEJO DE INSECTOS DE LAS PANOJAS EN SORGO**
Phanor Segura L. 87
 - INTRODUCCIÓN 87
 - INSECTOS PLAGAS 88
 - BIBLIOGRAFÍA CITADA 91

- **POSIBILIDADES DEL USO DE PATÓGENOS EN EL MANEJO
DE INSECTOS PLAGAS EN COLOMBIA**
Alex E. Bustillo P. 93

MAÍZ Y SORGO

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN	93
ESTRATEGIAS PARA EL USO DE ENTOMOPATÓGENOS	94
AGROECOSISTEMAS EN LOS CUALES SE PODRÍAN USAR PATÓGENOS EN COLOMBIA	96
CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFÍA CITADA	101
• NUEVAS TÉCNICAS EN EL MANEJO DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS <i>Abelardo Tinoco Vivas</i>	103

ENFERMEDADES

• TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y SORGO <i>L. E. Clafin</i>	109
EL MÉTODO DE AISLAR BACTERIAS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA DILUCIÓN EN PLACAS (DILUTION PLATING)	109
EL MEDIO SELECTIVO	110
PROCEDIMIENTOS SEROLÓGICOS (PROCESOS PARA PRODUCIR ANTI SUEROS)	110
INMUNOFLUORESCENCIA	111
ELISA (PRUEBA INMUNOABSORBENTE LIGADA A UNA ENZIMA)	111
ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS	112
SISTEMA BIOLÓGICO (BIOLOG.)	112
REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR)	112
LAS "MANCHAS" DE SOUTHERN	113
• CONTROL DE ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS CAUSADAS POR BACTERIAS PATOGENICAS <i>L.E. Clafin</i>	115
CUARENTENAS	115
ERRADICACIÓN	115
DESINFESTACIÓN	116
ROTACIÓN DE CULTIVOS	116
NUTRICIÓN Y DENSIDAD DE PLANTAS	116
CONTROL QUÍMICO (ANTIBIÓTICOS)	116
CONTROL QUÍMICO (AZUFRE Y COBRE)	116
RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA	117
PROGRAMAS DE CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS	117
• ENFERMEDADES DEL SORGO Y MAÍZ CAUSADAS POR <i>Fusarium</i> sp. <i>Douglas J. Jardine</i>	119
• SITUACIÓN ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DE LAS ENFERMEDADES VIRÓSICAS DEL SORGO. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS Y SU MANEJO <i>Laura M. Giorda</i>	129
RESUMEN	129
INTRODUCCIÓN	130

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

INTERRELACIÓN DE LOS GRUPOS SCMV/MDMV	130
HOSPEDANTES DIFERENCIALES DE LOS PRINCIPALES	
GRUPOS DE POTYVIRUS	131
CONTROL GENÉTICO DE LOS PRINCIPALES VIRUS DE SORGO	134
CONCLUSIONES	137
BIBLIOGRAFÍA CITADA	139
• ESTADO ACTUAL DEL MILDEO VELLOSO EN SORGO	
<i>Richard A. Frederiksen</i>	143
DISTRIBUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS HONGOS QUE CAUSAN	
MILDEOS VELLOSO	143
ORIGEN Y VARIABILIDAD DE LOS PATÓGENOS	
DEL MILDEO VELLOSO TROPICAL	145
LOS MÉTODOS DE CONTROL DEL MILDEO VELLOSO	146
RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA	146
OPORTUNIDADES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA CITADA	147
• MEJORAMIENTO DEL MAÍZ A DIVERSAS ENFERMEDADES	
<i>H. Ceballos y S. Pandey</i>	149
RESUMEN	149
INTRODUCCIÓN	150
RESISTENCIA AL TIZÓN TURCICUM Y LA ROYA COMÚN	152
EL TIZÓN <i>maydis</i>	158
EL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO	159
MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A CENICILLAS O MILDIOUS	160
PUDRICIONES DE MAZORCAS Y TALLOS	161
EXPERIENCIAS CON ENFERMEDADES INDUCIDAS	
POR VIRUS Y ESPIROPLASMAS	164
COMENTARIOS FINALES	166
BIBLIOGRAFÍA CITADA	168

PLAGAS

EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS: ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS

César Cardona*

INTRODUCCIÓN

Tal como lo expresa Pimentel (1981), el crecimiento actual de la población mundial es tal que se calcula que ésta llegará a ser de 6.000 millones de personas en el 2.000 y de 10.000 a 15.000 millones en el año 2.100. En los países en desarrollo hasta 57% de la población será muy joven, 15 años o menos. Lo anterior quiere decir que habrá una creciente necesidad de

abastecer alimentos, fibras y otros productos agrícolas a una masa de población que, a medida que mejoran los sistemas educativos, exigirá un más fácil acceso a los bienes y servicios en busca de un mejor nivel de vida. Grainge *et al.* (1984) calculan que para mantener la población en el año 2000 será necesario aumentar la producción de cereales, leguminosas y hortalizas en 66,100 y 75%, respectivamente.

A la necesidad de aumentar la producción agrícola se oponen limitantes de área cultivable y de calidad de suelos, así como las pérdidas causadas por enfermedades, malezas e insectos, las cuales se estiman en 37% de la población a nivel mundial. Las contribuciones de cada uno de estos factores bióticos se estiman así: enfermedades, 12%; malezas, 12%; insectos, 13%. Para contrarrestar las pérdidas causadas por insectos, el hombre ha probado una amplia gama de métodos. El presente artículo trata de hacer un análisis del sistema que se ha dado en denominar control integrado de plagas.

MÉTODO DE CONTROL DE PLAGAS: LA PERSPECTIVA ACTUAL

En su lucha contra los insectos, el hombre ha recurrido a una serie de métodos y estrategias de control que se pueden reunir en cinco grandes categorías: cultural, físico, biológico, químico y genético. Otra forma de clasificar los métodos de control es aquella sugerida por Kogan (1986): de índole preventiva (cultural, físico, biológico, genético) y de índole correctiva (químico).

* Entomólogo, Programa de Fríjol, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, AA 6713, Cali, Colombia.

Poco antes de la aparición de insecticidas orgánicos, la metodología de control se basaba fundamentalmente en la manipulación de fechas y densidades de siembra, intercalación de cultivos, destrucción de residuos de cosecha y de socas, control de malezas y otras. Este sistema ha tenido aplicaciones restringidas, pero su utilidad se ve limitada por las características del o los cultivos que se quieren manipular, la aceptación del agricultor y la naturaleza misma del insecto que se quiere controlar, pues como se sabe la mayoría de los insectos no responden a cambios en las prácticas culturales.

Los métodos de control físico (barreras, trampas, manipulación de temperatura y humedad) tienen limitantes grandes que hacen que su utilización actual en la agricultura sea mínima.

El control genético por resistencia varietal a insectos ha recibido creciente atención en los últimos años. Tiene como inconveniente que requiere de un proceso previo de investigación largo y costoso y su aplicabilidad práctica, si bien ha sido exitosa en varios cultivos, dista mucho aún de ofrecer protección integral contra los complejos de insectos que ocurren en los diversos cultivos. Tiene sí un enorme potencial en el diseño de sistemas de manejo integrado de plagas.

Ha habido contribuciones sustanciales de control biológico en la represión de plagas, especialmente en cultivos perennes y semiperennes, pero su aplicación en cultivos anuales se ha visto limitada por complejidades y limitaciones intrínsecas dadas por la relación huésped-parasitoide o predator-presa. A pesar de algunas de sus limitaciones, el control biológico constituye base fundamental de muchos sistemas MIP exitosos.

La realidad de campo a nivel mundial es que el control de insectos por medio de insecticidas de diversa índole sigue siendo el método de control más utilizado por el hombre. Tal como lo han demostrado Grainge *et al.* (1948), 43.3% de las acciones de control se hacen con insecticidas. Esta es una cifra promedio que lógicamente enmascara la enorme participación de los insecticidas en la protección de cultivos mayores, tales como algodón, arroz, papa, sorgo, maíz y hortalizas. También a nivel mundial, las estadísticas demuestran que en vez de disminuir, el consumo de insecticidas ha aumentado (Tabla 1). Es también una verdad que al no existir métodos de control alternativos que sean efectivos, existe una especie

**TABLA 1. Mercado mundial de plaguicidas
(en millones de dólares)**

Clase de plaguicidas	1980	1982	1985 ¹
Herbicidas	4891	5307	6022
Insecticidas	3916	4228	4764
Fungicidas	2199	2417	2772
Otros	559	654	758

FUENTE: Farm Chemicals, Edición Internacional, 1981.

1 Estimado

de dependencia de los insecticidas. Así, en la Tabla 2, se muestran los niveles de pérdidas estimados en diversos cultivos si no se utilizaran insecticidas.

TABLA 2. Porcentaje de pérdidas debidas a insectos bajo el uso actual de insecticidas, y posibles pérdidas si no se usaran insecticidas. (EU, 1982)

Cultivo	Porcentaje con insecticidas	Porcentaje sin insecticidas
Maíz	12	13
Algodón	19	39
Tabaco	11	41
Sorgo	10	19
Soya	10	11
Papa	14	44
Fríjol	12	17
Manzano	13	73

El uso extensivo y, en muchas ocasiones, el abuso de los insecticidas, ha creado una serie de problemas bien conocidos: resistencia, resurgencia, elevación de plagas secundarias a un status de plagas primarias, contaminación del medio ambiente, aparición de residuos en alimentos, y riesgos a la salud de productores y consumidores, tal como lo señalan Pimentel (1986) y Metcalf (1986).

EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

A partir de los primeros años de la década de los sesenta, se creó inquietud en los medios académicos e investigativos sobre la necesidad de disminuir en lo posible la dependencia de los insecticidas. Fue entonces cuando Geier & Clark (1961) formularon el concepto de Manejo Integrado de Plagas. Básicamente, si seguimos la definición oficial de la FAO, encontraremos que el Manejo Integrado de Plagas consiste en utilizar diversos sistemas de control para reducir las poblaciones de plagas a niveles inferiores a aquellos que causan daño económico. Como se ve, parte fundamental de esta definición y del sistema es el concepto del nivel de daño económico; es decir, el nivel de población que causa pérdidas económicas. Recientemente, se encuentra con mayor frecuencia en la literatura el término *umbral de acción*, que es el nivel de población del insecto al cual el costo marginal de control es igual al beneficio marginal de control.

Barfield & Stimac (1980) y Kogan (1986), señalan que los programas de manejo integrado de plagas nacieron como reacción al abuso de insecticidas ocasionado por las llamadas aplicaciones calendario de tipo preventivo. Los sistemas actuales de manejo tratan en cambio de utilizar las aplicaciones de insecticidas de tipo correctivo basadas en un sistema de monitoreo de poblaciones de insectos, plagas y benéficos para hacer las decisiones de control con

base en un umbral de acción. La idea fundamental es también complementar con el insecticida las deficiencias ocasionales que puedan presentar los métodos de control de naturaleza preventiva, que como ya vimos, son las prácticas culturales, el control biológico, la resistencia varietal y, en ocasiones, los métodos denominados físicos.

Hay una serie de características esenciales del manejo integrado de plagas que han sido discutidas por Pimentel (1981): 1) Requiere el conocimiento adecuado y la biología y ecología de las especies de insectos que se manejan; 2) Requiere el conocimiento agronómico del cultivo y la aceptación de que los cultivos tienen capacidad de tolerar niveles de infestación considerables sin sufrir pérdidas económicas apreciables; 3) Requiere el desarrollo de métodos prácticos de muestreo de poblaciones y, si el componente básico es químico, la aplicación del concepto de umbral de acción. Como se ve, la implementación debe estar precedida de un enorme esfuerzo de investigación. Precisamente la falta de más investigación en nuestro medio ha sido una limitante para esta estrategia de control. Otros factores limitantes han sido la falta de comprensión del sistema por los productores y la falta de medios de comunicación para transferir y extender la metodología necesaria para la implementación.

A continuación se ilustra, con un ejemplo, la importancia de la investigación en la formulación e implementación de un sistema de MIP.

En 1988, personal del Creced del ICA con sede en Fusagasugá (Cundinamarca) detectó un serio problema de abuso de insecticidas en habichuela en la provincia de Sumapaz. En colaboración con el Ciat se iniciaron trabajos encaminados a desarrollar las bases para establecer un programa MIP que permitiera reducir el número de aplicaciones en la zona.

El primer paso fue adelantar un diagnóstico fitosanitario y de uso de agroquímicos. La plaga clave en la zona es la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Wsetwood) y el cultivo es afectado por las enfermedades conocidas como roya, antracnosis, ascochita y oidium.

Las encuestas indicaron que los agricultores han tomado el uso de insecticidas y fungicidas aplicados por calendario en forma rutinaria como un seguro de cosecha. El 100% de los agricultores aplicaba insecticidas cada semana para un total de 11 aplicaciones en 90 días sin tener en cuenta los niveles de infestación ni la edad de la planta. Usaban 25 ingredientes activos diferentes, muchas veces aplicados en subdosis o sobredosis, generalmente en mezclas con fungicidas y sin tomar precauciones.

Con base en los datos del diagnóstico se inició un plan de investigación que contempló los siguientes aspectos:

1. Establecimiento de una base cuantitativa para tomar decisiones sobre métodos de control químico, cultural y biológico.
2. Desarrollo de un umbral de acción simple, al alcance de los agricultores, para el control de la mosca blanca. Simultáneamente, diseño de prácticas

MAÍZ Y SORGO

de manejo para las plagas secundarias: minador, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), tierreros y esporádicos comedores de hoja.

3. Evaluación directa de métodos de control alternativos al uso de insecticidas.
4. Formulación de y prueba en campo de una propuesta de manejo integrado para la zona.
5. Evaluación de la propuesta MIP con agricultores, por el método de investigación participativa.
6. Desarrollo de una campaña de difusión del sistema.
7. Evaluación del grado de adopción.

Los resultados se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Las pérdidas causadas por las enfermedades pueden ser hasta de 75%. Estas pérdidas son agravadas por el hecho de que en la zona predomina la siembra de una variedad muy susceptible a los principales patógenos. Este cultivar tiene excelente calidad y no se ha encontrado un sustituto viable. Las pérdidas en rendimiento causadas por la mosca blanca pueden ser hasta de 50%. El minador no es una plaga de importancia económica y las aplicaciones contra este insecto son antieconómicas.
2. Se desarrolló un umbral de acción para mosca blanca basado en la fenología del insecto, por la metodología desarrollada por Cardona *et al.* (1991). Este umbral consiste en aplicar cuando el insecto se encuentra en el nivel tres de ataque; es decir, cuando aparecen las ninfas de primer instar.
3. Se encontró que de una hectárea de soca pueden emerger hasta 39 millones de adultos de minador y hasta 181 millones de adultos de mosca blanca. De una hectárea de residuos de "poda" (remoción de hojas bajas, práctica generalizada en la región) pueden emerger 5 millones de adultos de minador y 67 millones de adultos de mosca blanca. Se demostró a los agricultores la importancia fitosanitaria de destruir estas fuentes de infestación.
4. Si bien el control natural de mosca blanca está muy deprimido (menos de 1% de parasitismo), el de minador no es tan bajo (hasta 35% de parasitismo) y constituye una ayuda en la represión de esta plaga secundaria.
5. Las trampas amarillas pegajosas atrapan hasta 53.000 adultos de mosca blanca por trampa por semana y constituyen un factor de mortalidad adicional.
6. De experiencias anteriores en frijol y otros cultivos, se hicieron recomendaciones para el control de tierreros y defoliadores.

Se formuló entonces una propuesta de Manejo Integrado con los siguientes componentes:

- Destrucción de socas y residuos de cosecha.

- Aplicación de un insecticida sistémico granulado a la siembra.
- Uso de trampas amarillas pegajosas.
- Recolección y destrucción de hojas de poda.
- Utilización del umbral de acción (nivel tres) para hacer aplicaciones contra mosca blanca.
- No hacer aplicaciones contra minador.
- Manejo racional de enfermedades con aplicaciones cada 10 días en vez de cada siete.
- Usar cebos para tierreros y *Bacillus thuringiensis* para el control de *Tri-choplusia* y otros lepidópteros comedores del follaje.
- Destrucción inmediata de socas y residuos después de la cosecha.

Esta propuesta de manejo fue evaluada en pruebas replicadas en fincas de agricultores de la zona. Los resultados (Tabla 3) indicaron que es posible producir la misma cantidad de habichuela de muy buena calidad con 3-4 aplicaciones (un granular, tres aplicaciones foliares) en contraposición al método tradicional del agricultor (11 aplicaciones). Más importante aún, con reducción de los costos de producción y mejores relaciones beneficio/costo para los agricultores.

TABLA 3. Rendimientos y relaciones beneficio/costo obtenidos con dos estrategias de manejo de plagas en habichuela (Provincia de Sumapaz) Promedios de cinco ensayos replicados.

Estrategia de control	Número aplicaciones	Rendimiento (T/HA)	Relación Benef/costo
MIP	4.3*	16.5	1.39
Agricultor	9.3	13.7	1.19

* Un granular a la siembra, 3.3 aplicaciones foliares (promedio de 5 ensayos replicados).

La propuesta de manejo fue luego evaluada por los agricultores, con el método de investigación participativa (Cardona *et al.* 1991). Los resultados de nueve ensayos (Tabla 4) confirmaron la viabilidad agronómica y económica (mejores rendimientos, mejores relaciones beneficio/costo) del sistema de manejo integrado propuesto. Posteriormente se hizo una campaña de difusión entre técnicos y agricultores en toda la provincia de Sumapaz. Una encuesta de adopción adelantada en diciembre de 1992 indicó que hubo un grado de adopción muy interesante: el promedio de aplicaciones en la zona se ha reducido de 11 por cosecha a 6.9. Esta cifra puede llegar a ser menor si el ICA mantiene los esfuerzos de difusión entre los agricultores de la zona.

TABLA 4. Rendimientos y beneficios económicos obtenidos con dos estrategias de manejo comparadas en fincas de agricultores por el método de investigación participativa. Promedio de nueve ensayos en la provincia de Sumapaz.

Sistema de manejo	Número de aplicac.	% de reducción ¹	Rendimiento (t/ha)	Calidad ²	Relación benef/costo
MIP	3.3	70.0	17.6	4.2	2.13
Agricultor	7.6	31.0	16.6	4.4	1.85

1 Con respecto al promedio tradicional en la zona (11 aplicaciones).

2 En una escala de 1 a 5 (1= muy mala; 5= excelente).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Barfield, C.S. & J.L. Stimac.** 1980. Pest management: An entomological perspective. *Bioscience*: 30:683-689.
2. **Cardona, C., P. Prada, A. Rodríguez, J. Ashby & C. Quiros.** 1991. Bases para establecer un programa de manejo integrado de plagas de habichuela en la provincia de Sumapaz (Colombia). *Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT*. Documento de trabajo No. 86. 78 pp.
3. **Geier, P.W. & L.R. Clark.** 1961. An ecological approach to pest control. *Insect Symposium*. Warsaw. 17:15-24.
4. **Grainge, M.S., S. Ahamed W.C. Mitchell & J.W. Hylin.** 1984. Plants species reported possessing pest control properties. A data base. *Resource Systems Institute, East-West Center, Honolulu*.
5. **Kogan, M.** 1986. Plant defense strategies and host-plant resistance. p. 83-134 In: *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice* (M. Kogan ed). John Wiley & Sons. New York.
6. **Metcalf, R.L.** 1986. The ecology of insecticides and the chemical control of insects. p. 251-297. In: *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice* (M. Kogan. ed) John Wiley & Sons. New York.
7. **Pimentel, D., Ed.** 1981. *Handbook of Pest Management in Agriculture*, Vols I-III, CRC Press, Boca Raton, FL. 587 pp., and 656 pp.
8. ———, 1986. Agroecology and economics. p. 299-319 in: *Ecological Theory and Integrated Pest Management* (M. Kogan, ed). John Wiley & Sonso. New York.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL SUELO EN MAÍZ Y SORGO CON ÉNFASIS EN *Blissus* spp. Y TIERREROS

Guillermo Sánchez Gutiérrez*

El continuo uso de pesticidas al suelo ha ocasionado severos daños en la microfauna, excluyendo organismos benéficos reguladores de insectos plagas en el suelo, lo cual ha llevado a que éstos queden libres y desarrollen poblaciones altas que causan graves problemas en cultivos recién establecidos.

La continua aparición y daño de estos insectos plagas causó aumentos en los costos de producción, tanto para maíz como sorgo, entre 4.4 y 16% durante el semestre B de 1992. Teniendo en cuenta el área sembrada a nivel nacional en sorgo (86.800 has) y maíz (266.711 has) se utilizó en control de plagas el valor de 10.7 a 38.9 toneladas de sorgo y para maíz entre 18.5 y 67.2 ton. Estos aumentos en los costos de producción son fruto del desconocimiento de todos aquellos aspectos biológicos y ecológicos del insecto a controlar. Conocer y comprender el comportamiento de un insecto plaga permite establecer sistemas de control más eficientes, localizados y a menores costos.

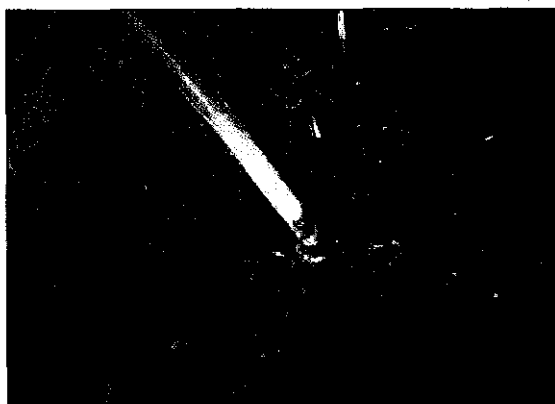
El establecimiento de un manejo integrado de plagas (MIP) del suelo, tanto en maíz como sorgo, requiere del conocimiento de la biología del insecto, su relación con los diferentes factores climáticos, edafológicos y genotipos a sembrar en cada área o zona agrícola.

Con el fin de entender el comportamiento de los diferentes insectos plagas en los dos cultivos, cada uno de ellos será analizado por separado .

Agrotis ipsilon (HUFNIAGEL): LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE, TROZADOR NEGRO, TIERRERO

Es el trozador más importante de las plántulas de maíz; no solo daña las raíces, sino que también troza el cuello de las plántulas, alimentándose de tejidos tiernos. Su mayor ataque ocurre en los primeros 15 días de edad del cultivo.

* IA PhD Entomólogo Grupo Multidisciplinario de Sorgo. CI Nataima Apartado Postal 40 Espinal, Tolima.



FOTOGRAFÍA 1.
Daño por tierrero *Agrotis ipsilon*.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

Plantas con 4 ó más hojas verdaderas y un sistema radicular extenso, aun cuando la larva cause daños no tiene repercusión económica alguna (Cabello y Hernández, 1988).

De acuerdo con López Quijano y Ticora Lozano (1991), el mayor o menor efecto económico está estrechamente relacionado con el genotipo a sembrar. Al simular el daño de la larva en el sistema radicular de dos genotipos de maíz, para las condiciones del Tolima, estos autores encontraron que a medida que se aumentaba el daño en su sistema radicular, la mortalidad de plantas y reducción en rendimiento dependía del genotipo, como se muestra en la Tabla 1.

A medida que el daño se generalizaba en el cultivo, las pérdidas iban siendo mayores, hecho que no se presentó bajo condiciones de campo. El insecto siempre atacó por focos; en especial, en aquellas áreas donde existía una humedad adecuada del suelo, ya que la larva requiere estar cubierta de una película fina de agua para su desarrollo y supervivencia.

TABLA 1. Daño simulado de *Agrotis ipsilon* (Hufniigel) en dos genotipos de maíz, para la zona de Armero - Tolima. 1990

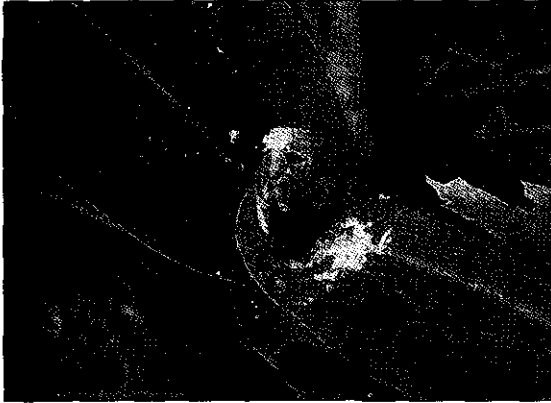
Porcentaje plantas con daño en raíz	Mortalidad plantas		Reducción rendimiento	
	SV-901 (%)	ICA H-211	SV-901 (ton/ha)	ICH-211
0	-	-	5.8	6.3
25	9.3	8.5	4.5	4.9
50	9.6	19.6	3.9	3.6
75	12.8	29.3	3.6	2.6
100	22.2	38.5	2.5	1.8

Por el comportamiento de ataque localizado y la gran atracción de las larvas hacia sustancias azucaradas, permite que puedan ser controladas en los

MAÍZ Y SORGO

mismos focos. La aplicación de los cebos debe ser generalmente en las horas de la tarde, pues estas inician su migración y daños hacia las horas crepusculares y nocturnas, permaneciendo durante el día escondidas y en reposo.

Spodoptera frugiperda (J.E. - SMITH) LEPIDOPTERA NOCTUIDAE. GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ



FOTOGRAFÍA 2.
Daño causado por el
gusano cogollero del
maíz, *Spodoptera fru-*
giperda.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

Importante como trozador, cuando se comporta como gusano ejército. Esto generalmente sucede cuando el sorgo o maíz son sembrados en lotes que provienen de arroz, sorgo o maní.

También se presenta en lotes con infestaciones altas de coquito. A diferencia de *Agrotis*, su daño va en aumento a medida que la población va migrando en el cultivo, además pueden presentarse establecimientos por focos.

Trabajos realizados en el C.I. Nataima, con la variedad ICA Nataima entre 1980 y 1985, simulando el daño de trozadores a diferente edad de las plantas, mostraron que las pérdidas eran mayores a medida que la planta presentaba mayor número de hojas, como se muestra en la Tabla 2. (Sánchez. 1992).

**TABLA 2. Daño simulado de insectos trozadores en sorgo
ICA-NATAIMA. C.I Nataima, Espinal, Tolima (1980-1985)**

Daño simulado	Plantas con número hojas	Reducción producción %
Corte a ras de suelo	2	19.7
	4	33.9
	6	41.5
	8	66.8

Cuanto más tardíos los daños del insecto trozador, mayores serán las pérdidas, ya que la larva puede afectar el punto de crecimiento de la planta y

ocasionar la muerte. Sorgos con crecimiento inicial rápido pueden sufrir mayor daño que los de crecimiento lento.

Cualquier estado larval también es muy atraído por sustancias azucaradas, lo cual facilita el uso de cebos tóxicos.

***Elasmopalpus lignosellus* (ZELLER) LEPIDOPTERA:
PYRALIDAE. BARRENADOR MENOR DEL MAÍZ**

Ocasiona daños severos en maíz, siendo más frecuente en sorgo, principalmente en estaciones secas y suelos arenosos, durante los primeros 15 días de edad del cultivo (Van Huis, 1981).

La larva barrena el tallo a ras del suelo y el daño lo hace generalmente en las horas de la tarde y noche. Durante el día la larva permanece en una cubierta fabricada con partículas de suelo a unos 3 a 5 cm del tallo. Durante el proceso de muestreo para determinar umbral económico, además de observar la planta muerta, debe revisarse el suelo alrededor de ésta para determinar la presencia del *Elasmopalpus* u otro trozador de importancia económica. Cuando el lote a sembrar viene de sorgo o maíz en suelos muy sueltos, la rotación de cultivos disminuye drásticamente la población del insecto.

***Conoderus* sp. COLEOPTERA: ELATERIDAE.
GUSANO ALAMBRE**

Otro trozador que tiene mucho que ver con suelos sueltos, principalmente arenosos.

Las larvas pueden iniciar su ataque desde el momento de la siembra, dañando la semilla. El uso de semillas tratadas con fungicidas e insecticidas ayuda al control de esta plaga. Su dispersión se ve grandemente favorecida por lluvias alternas o riegos de germinación, lo cual le permite desplazarse en el interior del suelo. Su ataque también se presenta en focos y es de importancia económica cuando el cultivo anterior a la nueva siembra, fue sorgo o maíz.

***Neocurtilla hexadactyla* (PERTY). *Scapteriscus
didactylus* (LATR.) ORTHOPTERA: GRYLLOTALPIDAE
VERRAQUITOS DE TIERRA, GRILLOS TOPOS Y
MARRANITAS**

Estos insectos causan serios daños en césped, pastos y cultivos comerciales, como arroz, y soya. Son abundantes en áreas de suelos que tienen un alto contenido de limo o arena, en el cual barrenan debajo de la superficie. El mayor daño se nota en plántulas, donde atacan el tallo encima de las raíces, ocasionando marchitamiento y posterior muerte de la planta. La alimentación generalmente ocurre en la noche o al atardecer. Se observa que gran número de "marranitas" inician su vuelo después de un día lluvioso. Los adultos machos

son los primeros en invadir el lote. En sus cavernas cantan para atraer hembras para cópula, localización de hábitat apropiado o buscar sitios de oviposición. El incremento de la humedad del suelo aumenta la intensidad del llamado para atracción de hembras.

La longitud de túneles superficiales después de fuertes lluvias es un medio para estimar el número de insectos en un lote, así como para utilizar un determinado método de control.

Subiendo la humedad del suelo por medio de riego para aumentar la actividad del insecto y hacerlo más disponible al contacto con el producto químico aplicado antes o después, tenemos un método de control eficiente (Sánchez, 1990).

***Blissus* spp. HEMIPTERA: LYGAEIDAE** **CHINCHE DE LA RAÍZ**

Painter (1951) señala que el daño en la planta por *Blissus* puede ser el resultado de la combinación de cinco factores:

1. Extracción directa del fluido celular de la planta, especialmente del floema y del xilema;
2. Exudación del fluido de la planta por las punturas dejadas en las hojas después de alimentarse, acompañada de una posible interferencia entre la presión de las raíces y la translocación de la savia;
3. Obstrucción del tejido conductivo de la planta por el estilete;
4. Abertura de los tejidos de la planta, lo cual favorece la entrada de hongos y bacterias;
5. Inyección de toxinas durante el proceso de alimentación.

De acuerdo con Posada *et al.*, (1976), en Colombia se encuentran registrados en gramíneas seis especies de *Blissus*, las cuales se demarcan en la Figura 1. Son plagas de importancia económica en pastos, sorgo, maíz y arroz. Tanto el adulto como las ninfas se dispersan, caminando sobre el suelo y sus primeros ataques se observan en los bordes del cultivo. La mayor actividad la desarrollan en la tarde y en días opacos. En suelos arenosos y franco arenosos es plaga de importancia económica durante los primeros 20 días de edad del cultivo. Una vez establecida la plaga en un cultivo, las generaciones sucesivas se desarrollan más rápido y en mayor número que si hubieran permanecido en hospederos alternos. (Vásquez y Sánchez. 1992).

Tanto para el interior del país, como la Costa Atlántica, la especie económicamente más importante es el *Blissus leucopterus* (Say). De acuerdo con los estudios bio-ecológicos de Vásquez y Sánchez (1991) en sorgo, y de Caraballo (1990) en maíz, (Tabla 3), se puede observar el gran poder de adaptación a las diferentes condiciones climáticas y altura sobre el nivel del mar.

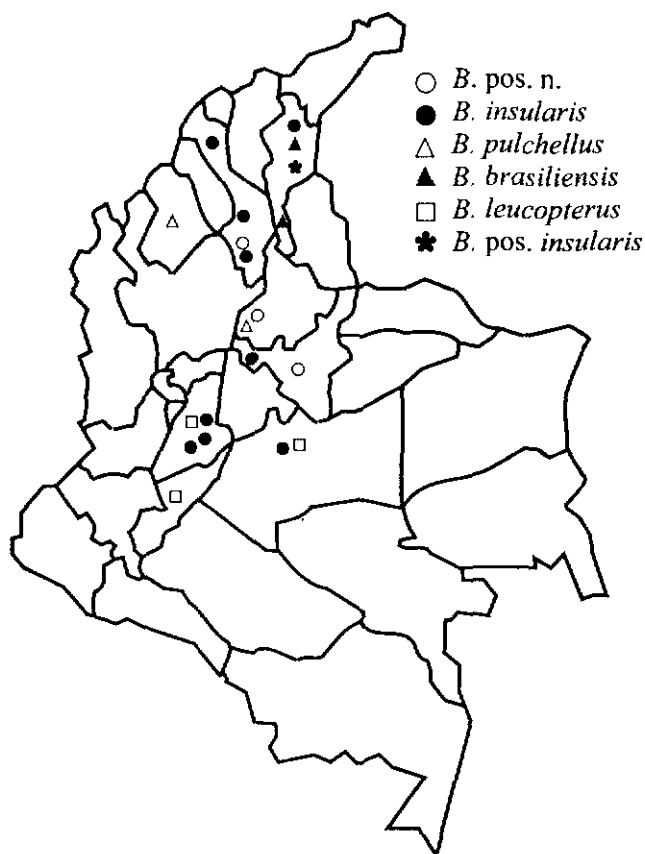


FIGURA 1. Ubicación geográfica de las especies de *Blissus* en Colombia.

El incremento de la población en períodos favorables y cortos se debe a que una hembra puede ovipositar en promedio 153.2 huevos y cada generación se forma en 20.9 semanas, lo cual aumenta en tamaño 92.6 veces. (Tabla 3).

Estos autores, (Vásquez y Sánchez 1992), encontraron que la maleza liendrepuerco (*Ecchinochloa colonum* (L.) Link) es el hospedero más susceptible al ataque de la chinche. Las especies de malezas encontradas, como huéspedes, en orden de importancia se muestran en la Tabla 4.

La distribución de la chinche en el campo en plantas de sorgo o maíz es muy irregular.

Algunos factores que influyen en su distribución son: distancia entre plantas; diferencia en tamaño; edad y vigor de la planta; presencia de malezas

TABLA 3. Ciclo de vida de *Blissus leucopterus* (Say) para Córdoba (Montería) en maíz, y Tolima (Espinal) en sorgo.

Estado	Duración (días)		
	Córdoba (Montería)*	Tolima (Espinal)**	
Huevo	7.7	8.4	
Ninfa (5 instares)	27.2	26.1	
Longevidad: macho	70.6	92.0	
hembra	98.0	98.0	
Pre-oviposición	7.2	8.0	
Período oviposición	66.3	66.0	
* Temperatura	°C	27.7	30
Humedad relativa	%	83.0	65.0
Altitud	m	40.0	431.0

TABLA 4. Gramíneas hospedantes de *Blissus leucopterus* (Say) encontrados en Tolima (Espinal) y Córdoba (Montería)

Nombre científico	Nombre vulgar
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link	Liendre puerco
<i>Cenchrus brownii</i> Roem. et. Schult.	Cadillo carretn blanco
<i>Chlorie polydactyla</i> (L.) Swartz	Paja blanca
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauvois	Limpia fresco
<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	Guardarroco
<i>Brachiaria</i> sp.	Brachiaria
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Pasto guinea
<i>Panicum fasciculatum</i> Sw.	Granadilla
<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam) Beauvois	Paja mona
<i>Eleusine indica</i> (L). Gaerth	Pata de gallina
<i>Cynodon dactylon</i> L.	Pasto argentina
<i>Ischaemum rugosum</i> (Salisb)	Falsa caminadora
<i>Paspalum conjugatum</i> (Bergins)	Pasto orqueta
<i>Paspalum virgatum</i> L.	Pajón

hospederas y heterogeneidad del suelo. Vásquez y Sánchez (1992) establecieron el siguiente manejo del insecto.

1. Efectuar prácticas culturales tendientes a reducir al mínimo las malezas hospederas del insecto, así como destruir las socas de arroz, maíz y sorgo dentro y alrededor del lote de 15 a 20 días antes de la siembra.

2. Mantener el cultivo y sus bordes limpios de malezas y hospederos.
3. Intensificar los muestreos del insecto-plaga, haciéndolos cada 4 a 5 días durante los primeros 20 días de edad del cultivo, época crítica y de establecimiento de la plaga.

De acuerdo con Wilde y Morgan (1978), el nivel de daño depende grandemente del estado de desarrollo de la planta cuando es atacada según la Tabla 5.

4. Una vez detectado un foco o área de avance del insecto, practicar control localizado.
5. En tiempo seco y día soleado dirigir la aplicación del producto químico, ya que allí pasa alimentándose la mayor parte del día.
6. En días no soleados, con buena humedad relativa, dirigir el producto hacia el tallo y área foliar de la planta, ya que el insecto se encuentra en actividad por esta condición climatológica.
7. El riego hace que el insecto emigre a la parte superior de la planta, condición que puede ser aprovechada para su eficiente control.
8. Insecticidas granulares de acción sistémica, aplicados en el momento de la siembra, pueden proteger el cultivo durante los primeros días de establecimiento.

TABLA 5. Niveles de daño para *Blissus leucopterus* (Say) según altura de la planta y días de alimentación.

No. Chinche/planta	Altura planta (cm)	Días de alimentación
30	7-12	6-7
50	13	3
100	23	3
1.700	En floración	Reducción Producción

CONCLUSIONES

El manejo de insectos plagas en el suelo, tanto en maíz como sorgo, además de conocer su biología, estado del insecto que hace el daño, comportamiento de ese estado, se requiere tener en cuenta tres parámetros fundamentales, como se muestra en la Figura 2. Tanto el tipo de suelo, estado de la plántula y la precipitación, pueden influir en mayor o menor grado sobre la presencia del insecto y en el daño.

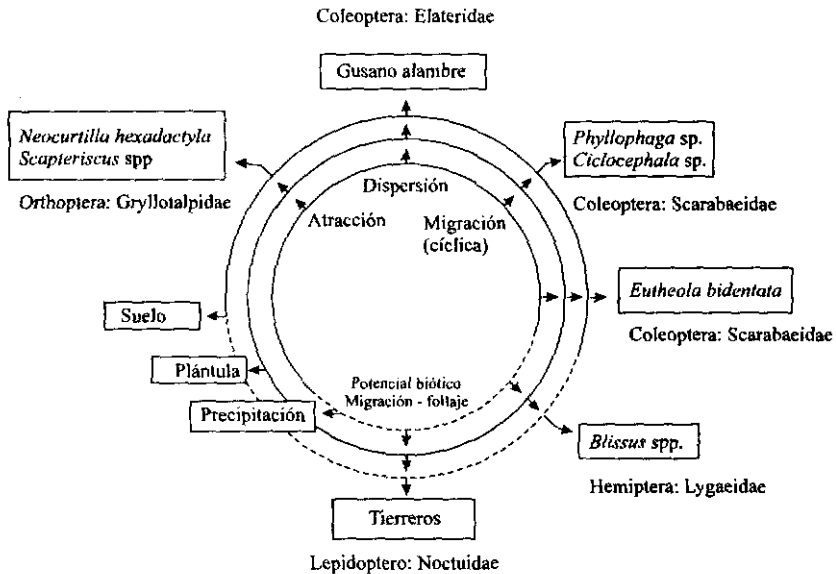


FIGURA 2. Manejo de plagas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Cabello, T y D. Hernández.** 1988. Actividad de alimentación de larvas de *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidóptera: Noctuidae) y niveles de daño en maíz. Boletín de Sanidad vegetal, Vol 14, No.2. p 27, 33, 34.
2. **De Caraballo, N.N.** 1990. Ciclo de vida y dinámica poblacional de *Blissus leucopterus* (Say) (Hemíptera: Lygaeidae) en cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el departamento de Córdoba. Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería Agronómica. Montería (Tesis de Ingeniero Agrónomo). 58 p.
3. **López Quijano, N.H. y R.A, Ticora Lozano.** 1991. Estudios sobre daño simulado del insecto tierrero *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) en maíz. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ibagué (Tesis Ingeniero Agrónomo). 75p.
4. **Painter, R.H.** 1951. *Insect resistance in crop plants*. First ed. New York, McMillan Company. pp 326-348.
5. **Posada et al.,** 1976. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Entomología. 448 p. (Boletín técnico No. 43).
6. **Sánchez, G.G.** 1990. *Scapteriscus* spp. (Orthoptera: Gryllotalpidae) plaga del suelo de importancia económica en arroz. Separata especial. Ciba-Geigy. Septiembre 27/90. Girardot Cundinamarca. 17p.
7. ————. 1992. Guía general para el manejo integrado de plagas en el cultivo del sorgo en Colombia. Boletín técnico No. 217. ICA-Fenalce. 19p.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

8. **Vanhuys, A.** 1981. Integrated pest management in the small farmers maize crop in Nicaragua. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen. Netherland. 218 p.
9. **Vásquez, J.M.N. y G. Sánchez, G.** 1992. Biología, hábitos y huéspedes de la chinche de las raíces *Blissus leucopterus* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). Revista Colombiana de Entomología. Vol. 17, No. 1, p. 8-15.
10. **Vásquez, J.M.N. y G. Sánchez, G.** 1992. El *Blissus* y su manejo agronómico. Boletín divulgativo No. 96. ICA-Fenalce. 9 p.
11. **Wilde, G. y J. Morgan.** 1978. Chinch bug on sorghum: Chemical control, economic injury levels, plant resistance. Journal of Economic Entomology (Estados Unidos). Vol. 17, No. 6, p. 108-910.

MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE LA MOSCA DEL OVARIO DEL SORGO

Nora C. Jiménez*

RESUMEN

La mosca del ovario, *Contarinia sorghicola* (Coquillett) sigue siendo una de las plagas de la panícula del sorgo más limitante en la mayoría de las áreas sorgueras del mundo.

El manejo integrado de la mosca del ovario se fundamenta en los aspectos de biología y comportamiento del insecto y respuestas de su hospederos, principal y alternos.

Entre las estrategias de manejo derivadas de esos conocimientos está el control cultural, consistente en la siembra temprana y uniforme dentro de 30 - 40 días, para escapar de las altas poblaciones que origina la tercera generación, formada entre 7- 9 semanas en el sorgo comercial. La destrucción del pasto johnson de los alrededores de los lotes sería ideal, pero no práctico.

El control natural biótico está constituido por la acción de parásitos principalmente y de predadores que, aunque son abundantes al final de la temporada, no son económicamente eficientes. Como control natural abiótico se anota que las lluvias persistentes tienen un efecto *detrimental* en la emergencia de adultos, disminuyendo las poblaciones en los lotes adyacentes en estado de floración.

El control químico es la estrategia obligada para el manejo de mosca del ovario en lotes tardíos y ataques en los bordes. Para la toma de decisión en la aplicación, se debe tener en cuenta un nivel de daño económico (NDE) dinámico de acuerdo al precio del producto en el mercado, el costo del tratamiento químico y la relación densidad de mosca del ovario/panícula y el daño en la panícula de sorgo (1 mosca daña 1,5 gr de grano de sorgo susceptible) (Hallman *et al.* 1984).

* Grupo multidisciplinario Maíz, CI Turipaná, ICA Regional 2. AA 206 Montería, Colombia.

Utilizando una fórmula calculada por Hallman, en Texas, en 1984, para nivel de daño económico, se estimó que para las actuales condiciones de Colombia el NDE oscilaría entre 0.5 y 0.7 moscas por panícula.

En cuanto a técnicas de muestreos, se relaciona el procedimiento de muestreo secuencial diseñado por Merchant, en 1990, basado en el patrón de dispersión en agregado de la mosca del ovario (*Taylor's power law*). El muestreo secuencial de Merchant se debería realizar en el lote, descartando 20 - 30 m de área perimetral. La decisión para el control se tomaría cuando el número acumulado de moscas del ovario sea mayor de 17, 36 y 113 moscas para los Ndes de 0.5, 1 y 2 moscas/panícula, si se ha llegado al máximo número de muestras(4()), sin haber se tomado previamente la decisión.

Los insecticidas recomendados deben tener dos características: no ser fitotóxicos y ofrecer, por lo menos, dos o tres días de residualidad. Sería conveniente revisar las dosis y frecuencias de los productos recomendados años atrás y presentar nuevas alternativas para los niveles de daño económico y técnicas de muestreo en el país.

Se insiste en que una integración óptima de las estrategias de manejo de la mosca del ovario no mejorarán los rendimientos, si las prácticas agronómicas fallan al principio o al final (i.e. malos controles de malezas, combinadas descalibradas, etc).

INTRODUCCIÓN

Del complejo de insectos que ataca la panícula del sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, la mosca del ovario, *Contarinia sorghicola* (Coquillett) sigue siendo uno de los insectos mas dañinos del cultivo en la mayoría de las áreas sorgueras del mundo.

En las explotaciones comerciales de sorgo, buena parte de la rentabilidad es dependiente de un solo costo variable: el uso de plaguicidas. Y a su vez, en la toma de decisiones para una acción de control, puede primar más el factor incertidumbre y el pánico al riesgo de perder, que las recomendaciones sobre nivel de daño económico de una plaga. Estas incertidumbres están muy relacionadas con la forma de estimar la verdadera población de la plaga, la magnitud del daño, la interacción de los agentes benéficos etc. Por ejemplo, en el Valle del Sinú, donde el *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) es una plaga de la panícula más importante que la mosca del ovario, los asistentes técnicos tienen conceptos divididos. Algunos aplican dos o mas veces (pánico a perder el grano) y otros dicen no aplicar más de una vez así tengan nivel de daño económico, por dudar de la penetración de los insecticidas al interior de la panícula cerrada (pánico a perder además del grano, el costo del tratamiento químico).

Precisamente uno de los objetivos del Manejo Integrado de Plagas es el de proveer los conocimientos necesarios para aclarar las incertidumbres y minimizar el riesgo, garantizando así decisiones más racionales que consideren

tanto el objetivo económico del agricultor, como la responsabilidad de mantener un entorno saludable.

En el manejo integrado para el control de la mosca del ovario se proponen todas las estrategias conocidas que conlleven a las más bajas poblaciones del insecto y al mínimo uso de insecticidas selectivos cuando sea determinado por un nivel de daño económico (NDE), científicamente establecido y confiable. Este conjunto de estrategias de manejo (cultural, natural y químico) se fundamenta en el conocimiento de la biología y comportamiento del insecto y de la planta de sorgo, como su hospedero preferido. También se requiere la determinación del nivel de daño económico (la relación entre densidad de la plaga y daño ocasionado), patrón de dispersión del insecto, definir la unidad de muestreo, las técnicas ágiles de muestreo y características de los insecticidas para el manejo de plagas, cuando sea necesario.

CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES PARA PLANEAR LAS ESTRATEGIAS DE MANEJO CULTURAL Y QUÍMICO

Biología y comportamiento de la mosca del ovario

Estos son algunos de los aspectos biológicos de la mosca del ovario que son claves para planear su manejo oportuno.

- La hembra adulta es un díptero de 2 mm de longitud, con aspecto de mosquito de color naranja y abdomen piriforme, rematando en un puntiagudo oviscapto que está exento cuando busca un sitio para oviposición entre las glumas de las espiguillas. La hembra adulta dura 0.57 días y es el único estado susceptible de ser controlado químicamente.
- Una hembra de la mosca del ovario puede ovipositar más o menos 50 huevos, generalmente uno por espiguilla, pero en altas poblaciones se pueden encontrar 2 ó 10 o más huevos.
- Los huevos eclosionan antes de 48 horas y las larvas se alimentan del ovario recién polinizado, impidiendo que el grano de sorgo se desarrolle. Las larvas, que son ápodas y de color naranja duran en este estado aproximadamente 9.5 días. Por lo que una panícula infestada se reconoce por un exudado color naranja que brota al exprimir las ramas del raquis con una piedra o con los dedos.
- Las larvas de la mosca del ovario empupan dentro de la espiguilla y emergen como adultos en cuatro días. A la emergencia, el adulto deja la exuvia pupal transparente adherida al extremo de las glumas, lo que "certificaría" que el daño fue por mosca y no por otra causa.
- La emergencia de los adultos se inicia con los primeros rayos del sol y alrededor del mediodía la mayoría habría salido. Los machos esperan la

emergencia de las hembras para aparearlas. Luego las hembras revolotean un rato alrededor de las panículas en el área de emergencia antes de iniciar la dispersión con el viento. La longevidad de los machos y de las hembras es aproximadamente de 0.36 y 0.57 días, respectivamente. Por lo tanto, los adultos observados cada día corresponden a nuevas poblaciones o cohortes cada mañana. Por esta razón, las aplicaciones al atardecer no tienen sentido, ya que las hembras sobrevivientes a esas horas son inócuas, pero ya han hecho el daño.

- Un poco después de las 8:00 a.m y al mismo ritmo de la emergencia, se observan las primeras hembras de la mosca del ovario que llegan directamente al área amarilla de la panícula (la sección transversal donde las espiguillas están en antesis o con anteras y estigmas expuestos para la polinización). También se observan adultos sobre las hojas del tercio superior, especialmente en la hoja bandera donde se encuentran anteras viejas y nuevas y polen fresco.
- Según Waquil (1985), 85% de las posturas que son ovipositadas en un día, se encuentran en las espiguillas en antesis durante ese día y 15% restante entre las espiguillas en antesis y mayormente en las espiguillas en post antesis o florecidas el día anterior.
- El ciclo total (huevo a adulto) de acuerdo a Cermeño y Galván, (1984) es de 13 a 19 días, con un promedio de 16 días. Este dato, obtenido en Córdoba, es muy parecido al registrado en Texas, E.U. Por lo que las explosiones poblacionales de este insecto se esperan después de 7 - 9 semanas de iniciada la floración de las primeras siembras; o sea, cuando se ha formado la tercera generación de moscas del ovario originada en el sorgo comercial.
- El patrón de infestación del nuevo lote en floración está muy correlacionado con el patrón de infestación del lote de sorgo vecino, de donde provienen los adultos. Se debe tener en cuenta además que si el área de la fuente de infestación es mayor que el área a invadir, las poblaciones de la mosca del ovario serán abrumadoras.
- En los países templados y en el trópico, cuando las temperaturas promedio están por encima de 35°C y alrededor de 15°C, las larvas de último instar tejen un cocon de seda muy pobre y entran en diapausa dentro de la espiguilla. Las larvas en diapausa pueden durar 7.5 meses o hasta tres años. En este estado ha sido diseminada por todo el mundo al igual que sus parásitos. Las condiciones óptimas para que la mosca del ovario no entre en diapausa o salga de ella son temperatura de 28°C y humedad promedio de 80% respectivamente.

La planta de sorgo como hospedera de la mosca del ovario

La hembra de la mosca del ovario prefiere el sorgo comercial como su hospedero principal, y al pasto johnson como hospedero alterno permanente. Estas especies son solo susceptibles de ser atacadas durante el estado de floración de la espiguilla, la cual dura un promedio de dos horas por día. La panícula del sorgo integrada por espiguillas individuales, florece de arriba hacia abajo por secciones transversales en proporciones aproximadas de 3.7, 18, 28, 29, 15, 5, 1.3 y 0.2% para cada uno de nueve días consecutivos, aunque una panícula típica florece en 5 ó 6 días, abriendo 80% de las florecillas en los primeros cuatro días.

Debido a la desuniformidad normal de un lote comercial, el campo entero puede durar en floración de 2 a 3 semanas, siendo el período crítico de cuidado de 10 - 12 días. Una buena señal para iniciar las observaciones sobre mosca del ovario es cuando en el lote se encuentra 25 - 30% de panículas que están entre el segundo y tercer día de floración y posteriormente cada tres días.

ESTRATEGIAS DE MANEJO: CONTROL CULTURAL, NATURAL Y QUÍMICO

Control cultural

Siembras tempranas y uniformes y destrucción de pasto johnson

La práctica de siembras tempranas y uniformes se ha considerado como la forma más efectiva de escapar de los ataques de la mosca del ovario antes que se haya desarrollado la tercera generación, causante de las altas infestaciones. Sin embargo, en el trópico húmedo, donde los hospederos principales están disponibles todo el tiempo, las siembras tempranas no garantizan del todo ausencia de niveles de daño económico del insecto.

La otra recomendación sugerida para controlar culturalmente la mosca del ovario es la destrucción del pasto Johnson, hospedero permanente que crece en forma espontánea en bordes y lotes marginales. Esta recomendación resulta impráctica, ya que el costo del herbicida/hectárea para su destrucción equivale a tres tratamientos químicos completos/hectárea (producto y aplicación) contra la mosca del ovario. Pero por lo menos se deben eliminar las plantas de pasto Johnson que brotan en el lote y guadañar las que prosperan en los bordes, antes de que florezcan. Por otra parte, son las generaciones de mosca del ovario multiplicadas en el sorgo comercial o en söca las causantes de las más altas poblaciones.

Control cultural por siembras de sorgos resistentes a la mosca del ovario

Esta es la alternativa ideal, especialmente para los cultivadores de sorgo para subsistencia, quienes no disponen de insecticidas, ni de dinero para comprarlos. Actualmente existen híbridos comerciales con características agronómicas muy aceptables, con potencial de rendimiento mayor de 5 ton/ha. A estos híbridos derivados de la línea TAM 2566 se les atribuyó un mecanismo de resistencia por antixenosis, denominado de no preferencia por oviposición, aunque los adultos eran vistos ovipositando en ellos. Esta resistencia es vulnerable, cuando las poblaciones de mosca del ovario aumentan al final de la cosecha. Por lo cual, se ha buscado resaltar otras ventajas en los programas de manejo integrado, como la de necesitar dos aplicaciones menos y requerir intervalos mayores de aplicación (5 versus 2) con respecto al número requerido para proteger al sorgo susceptible. Una segunda forma de aprovechar estos híbridos resistentes a la mosca del ovario fue presentada también por Teetes *et al.* (1990), al proponer un control cultural de la mosca del ovario, por el uso de "multilíneas" o mezclas de diferentes proporciones de sorgo resistente con sorgo susceptible. La idea era de que un bajo porcentaje (10 - 30%) de sorgo susceptible floreciendo revuelto con el resistente fuera capaz de atraer las moscas ovipositando en el sorgo resistente y así el sacrificio de un bajo porcentaje de panículas susceptibles se viera compensando por la mejor producción de un sorgo resistente protegido culturalmente. Sin embargo, Jiménez, (1992), trabajando en este proyecto en dos localidades y durante dos temporadas, concluyó que ningún porcentaje de sorgo susceptible atraía significativamente las moscas presentes en las panículas del sorgo resistente y que tal vez el mecanismo de resistencia era diferente al de antixenosis que se caracteriza porque un insecto, en una planta con este tipo de resistencia, prefiere un hospedero alterno susceptible, si se le presentan alternativas.

Un segundo trabajo sobre la estimación de las causas de la resistencia por no preferencia, realizado también por Jiménez, (1992), sugirió que la causa probable era una asincronización entre la antesis del sorgo resistente (florece por la noche o por la madrugada) y la máxima actividad oviposicional de la mosca del ovario, que se registra bajo condiciones normales entre 10:00 am - 1:00 pm, (escape temporal), encontrando las hembras unas espiguillas de glumas cerradas en estado de post antesis reciente, las cuales requieren mayor tiempo para ser ovipositadas con relación al tiempo de oviposición en las panículas susceptibles. Por otra parte la antesis del sorgo susceptible logra coincidir con la máxima actividad oviposicional de la mosca del ovario. Por lo tanto esta resistencia es una función del número de moscas y no del tiempo de oviposición por panícula, ya que a medida que aumenta el número promedio de moscas por panícula se incrementan también las probabilidades de oviposición en las espiguillas resistentes. No obstante reconocerse la vulnerabilidad de la resistencia de estos híbridos comerciales, personalmente creo que podrían ser promisorios en nuestro país, pues las explosiones poblacionales de la

mosca del ovario podrían ser menos frecuentes y de menores proporciones que en Texas, donde las áreas de siembra son muchísimo mayores.

Estrategias para el manejo: Control natural biótico y abiótico

Entre los elementos más abundantes del control natural biótico están los parásitos himenópteros de las familias *Eulophidae* y *Eupelmidae*, siendo los géneros *Tetrastichus* y *Aprostocetus* (*Eulophidos*) los más comunes, especialmente *Aprostocetus diplosidis* Crawford, el más conocido en Colombia. Sin embargo, a pesar de ser las poblaciones de estos parásitos altísimas al final de temporada no se conocen controles efectivos durante la cosecha. Otros benéficos predadores, como arañas, hormigas y anthocoridos han sido reportados. En Colombia no se ha estudiado la dinámica poblacional de los parásitos de la mosca del ovario en el pasto Johnson entre cosechas, y el posible papel de estos parásitos en la disminución de la plaga en las áreas de baja incidencia de mosca del ovario, o en los años de bajas poblaciones de esta plaga.

Como control natural abiótico es digno de mencionarse el efecto detrimental que las lluvias persistentes tienen sobre la emergencia de los adultos en las fuentes de infestación, reduciendo a veces significativamente los adultos de mosca del ovario en los lotes adyacentes.

Estrategias de manejo: Control químico

Por inconvenientes de clima, maquinaria, tiempo etc., los lotes tardíos de sorgo son inevitables y muy difícilmente estos lotes escaparán al ataque de las moscas del ovario, al final de la temporada, siendo el control químico la única forma de proteger el cultivo.

En los lotes tardíos el promedio de moscas por panícula cambia impredecible y drásticamente de un día a otro. Por ejemplo, puede pasar de 1 a 5 y de 5 a más de 100 moscas por panícula. El control de la mosca del ovario siempre es preventivo. Por lo que habrá algún daño en los lotes de siembra tardíos, no obstante el control químico. Los lotes tardíos no tratados suelen dar pérdidas completas. Antes de tomar la decisión de aplicar un tratamiento químico eficiente contra la mosca del ovario se deben tener en cuenta el nivel de daño económico, los hábitos de dispersión del insecto, técnicas de muestreo, disponibilidad de insecticidas residuales (2 a 3 días) y no fitotóxicos, costos de aplicación y precio del sorgo en el mercado; puntos que se discuten a continuación:

Nivel de daño económico (NDE)

El NDE, representado por el número de hembras ovipositoras por panícula que justifiquen el control químico, es un concepto dinámico que cambia con los precios de venta del sorgo, costos del control y grado de resistencia del cultivo al insecto. De allí que los NDE fijos pueden ser causas de pérdidas económicas y merecen la desconfianza de los usuarios.

Los NDE propuestos antes de 1984 fueron derivados empíricamente. Para Texas (1980) fue de una mosca/panícula; Mississippi (1971) de 2- 3; Australia (1973) sobre 6 y desde 1983 de 1 - 3; Argentina (1980) de 0.5 y, en Colombia (1980) más de 3 moscas/panícula.

Hallman *et al.* (1984), investigaron la relación de la densidad de moscas del ovario/panícula y el daño a sorgos susceptibles y resistentes al insecto. Los resultados de su investigación indicaron que una mosca en una panícula susceptible puede destruir 48 granos ó 1.5 g de grano dañado, mientras que una mosca en una panícula resistente podía dañar 9 granos ó 0.32 g de grano dañado, o sea 1/5 con relación al daño en el sorgo susceptible. Estos datos permitieron desarrollar la fórmula que calcula el NDE para cada nuevo precio del sorgo y para cualquier costo del insecticida en Texas. Un ejercicio similar (Tabla 1) permitió calcular los niveles de daño económico actualizados para control de la mosca del ovario en Colombia para dos costos de insecticidas y para tres precios de sorgo sin trillar. La fórmula de Hallman *et al.* (1984) y que se ajustó para los cálculos de la Tabla 1, quedó así:

$$NDE = \frac{C \times 666}{P \times F/ha}$$

Donde C es costo del insecticida + aplicación aérea/ha, 666 es el número de moscas que puede dañar 1 kg de sorgo, P es el precio de 1 kg de sorgo sin trillar y F es el número de panículas en floración por hectárea, que para este caso es de 160.000.

TABLA 1. Nivel de daño económico (NDE) para mosca del ovario en sorgos susceptibles (basado en 160.000 panículas/ha).

Costo insecticida + aplic. (\$/ha)	(No. adultos/panícula en floración)		
	Precio del sorgo antes de trillas (\$/kg)		
	90	100	120
12.000	.5	.5	.4
15.000	.7	.6	.5

En esta Tabla 1, se observa que para las actuales condiciones de Colombia (En/93), el NDE para controlar mosca del ovario fluctuó entre 0.5 y 0.7 moscas/panícula para dos costos de insecticidas y tres precios de sorgo. Si se usara el NDE de tres moscas por panícula propuesto en 1980, se tendría un daño equivalente a 720 kg/ha (a \$90,00 kilo sin trillar, serían \$64.800,00) o sea el valor de cinco aplicaciones/ha contra mosca del ovario.

Patrón de dispersión y técnicas de muestreo para la mosca del ovario

Uno de los fracasos en la aceptación de las prácticas de manejo integrado de plagas, en general, es la falta de investigación básica sobre patrones de dispersión de la plaga y técnicas de muestreos estadísticamente sólidos.

La dispersión de la mosca del ovario es un tema que no está exhaustivamente investigado todavía, pero se conoce que está influenciado, no solo por la hora del día, sino por la dirección y velocidad del viento, cercanía y tamaño de lotes en relación a los lotes amenazados y sospecho que por el tamaño de los parches de panículas en floración uniforme dentro del lote.

En el estudio sobre dispersión que realizó Merchant, (1990), se reporta que los bordes son efectivamente más atacados que el área central (esto se debe a que la mosca es mala voladora y su desplazamiento está limitado por el sustrato para oviposición más cercano: los bordes), y que el borde más atacado es aquel por donde el viento entra al lote y siguiendo la dirección del viento las poblaciones de moscas/panícula tienden a disminuir inversamente proporcional a la distancia de ese borde. Pero estas poblaciones se conservan relativamente uniformes al interior del lote, exceptuando 20 - 30 m de área perimetral. Merchant (1930) utilizó en su muestreo el sistema de cuadrícula en lotes comerciales de varias localidades y como unidad de muestreo una trampa pegante no cebada, consistente en un vaso desechable de 500 ml, en plástico semitransparente pintado de amarillo e invertido sobre una estaca a la altura de las panículas. El pegante (sticky trap) es untado a otro vaso similar colocado encima del primero. Este método estuvo muy correlacionado con el muestreo directo visual y con el conteo absoluto de moscas/panícula capturadas al embolsar una panícula en floración entre 10:00 a.m. y 12:00 m.

De acuerdo con este estudio el patrón de dispersión de la mosca del ovario resultó ser en agregado (*Taylor's power law*) lo que permitió a Merchant (1990) diseñar un procedimiento para muestreo secuencial probado como satisfactorio con el programa Montecarlo de técnicas de simulación. Para este muestreo secuencial de Merchant se requiere un mínimo de 10 y un máximo de 40 muestras. La decisión de aplicar se tomaría cuando el número acumulado de moscas del ovario en una columna central se cruce con cualquiera de los límites superiores o inferiores de confianza calculados para NDE de 0.5 (bajo), 1 (standard), y 2 (alto) moscas/panícula, o si ningún número se cruza antes de llegar al máximo número de muestras (40). Entonces tal decisión dependería si el total acumulado de moscas fuese mayor de 17, 36 ó 113 para cada uno de los tres NDE mencionados previamente.

Este muestreo secuencial es mucho más rápido que el muestreo al azar, donde se requiere, según la investigación de Merchant, un mínimo de 142 muestras para obtener un promedio confiable de una mosca/panícula para un lote de 20 hectáreas. El muestreo secuencial debe realizarse en el interior del lote descartando 20-30 m del borde, el cual debe ser previamente revisado. No sobra repetir que si no se observan moscas en el borde es improbable encontrarlas en el centro. Para ahorrar tiempo, el primer borde a muestrear debe ser aquel por donde entra el viento. También se debe tener en cuenta la distancia y tamaño (del lote) y el estado de la mosca del ovario en los lotes adyacentes al lote en cuido.

Independientemente de la técnica seleccionada de muestreo, el plagueo de la mosca del ovario, en ataques normales requiere visitas al campo, por lo menos cada tres días, entre 10:00 am y antes de 5:00 pm, ya que los resultados podrían ser erráticos a otras horas por "ausencia" de moscas. En lotes de siembra tardía, se justificaría la revisión diaria de las poblaciones de mosca del ovario durante el período crítico de floración.

Una alternativa para muestrear rápido y a cualquier hora, es una modificación de la trampa pegante de Merchant. Esta modificación consiste en invertir un vaso similar (500 ml, de plástico semitransparente o blanco, sobre las panículas en floración y el pegante es reemplazado por aceite mineral (Jiménez, 1992). Si se necesita hacer estudios de dispersión y se teme por sesgos que podrían ocasionar los tamaños de panículas sobre las cuales se invierte el vaso, simplemente se corta la panícula y el vaso se invierte sobre el pedúnculo.

Insecticidas y frecuencia de aplicación

Una vez determinado que la población de moscas ha alcanzado el NDE escogido, el insecticida a seleccionar para el control debe poseer dos características:

1. Que sea probado no fitotóxico para el híbrido o variedad sembrado, incluyendo condiciones de estrés.
2. Que tenga residualidad, por lo menos de 2 - 3, días con el fin de minimizar la oviposición de los nuevos adultos cada mañana. En cuanto a insecticidas registrados en Colombia, están diazinon CE 750 gr ia/ha, chlorpyrifos E 480 gr ia/ha. Sin embargo, por tener costos más reducidos y residualidad más larga y ausencia de efectos fitotóxicos, desde 1983 se utilizan piretroides (i. e. cypermctrina 50 gr ia/ha) grupo que no tiene registro en Colombia para ser utilizado en sorgo contra mosca del ovario.

En cuanto a eficacia e intervalos de aplicación de los insecticidas y dosis recomendadas, es interesante comentar los resultados de rossiter, (1988) en Australia. Rossiter (1988) revalidó las recomendaciones oficiales de su país y después de evaluar tres frecuencias de aplicaciones 2, 3 y 4 días, encontró que carbaryl XLR a 1.000 gr ia/ha, endosulfan a 750 gr ia/ha y fenvalerato a 20 gr ia/ha, permitieron daños cercanos a 50% de grano perdido, inclusive aplicados cada dos días. Mientras que los mejores resultados fueron encontrados para monocrotophos 280 gr ia/ha, diazinon 280 gr ia/ha, chlorpyrifos 250 gr ia/ha y cypermethrin 38 gr ia/ha. La mejor frecuencia estudiada fue la de tres días de intervalo con la que se registraron daños menores de 20%.

Si después de una aplicación de insecticidas se siguen observando adultos ovipositando sobre la panícula, se debe a que la emergencia diaria de nuevas hembras continúa hasta las 12:00 m y en ese mismo ritmo se van trasladando al lote. Un buen insecticida residual permite observar adultos muertos sobre la hoja bandera o afectados sobre la panícula. La diferencia entre un campo tratado y otro no tratado está en que habrá menos oviposición en las panículas tratadas, diferencia que es más notoria antes de 15 días.

Para mejorar la acción de los insecticidas, se debe buscar una buena cobertura con gota fina de las áreas más transitadas por la mosca del ovario: las secciones verticales de la panícula que florecerán en los próximos dos o tres días y las hojas banderas y del tercio superior. Por ser la planta del sorgo de superficie cerosa, además de gota fina sería conveniente mezclas con aceite vegetal emulsionable para mejorar la polaridad del insecticida (mezclado en agua) con la superficie de la planta.

Todos los controles de la mosca del ovario son preventivos. La mejor hora de aplicación cuando los ataques son normales es antes de las 10:00 am cuando se inicia la máxima actividad ovipositora. Durante explosiones poblacionales típicas, al final de la temporada, los controles químicos deben ser alrededor de las 8:00 am.

CONCLUSIONES

El Manejo Integrado de Plagas no es independiente de un buen manejo agronómico del cultivo. De allí que la óptima integración de los métodos de control, no aumentará los rendimientos, si el cuidado agronómico ha fallado desde el principio o al final (malos controles de maleza, combinadas descalibradas). En el concepto de Manejo Integrado de Plagas, la rentabilidad prima sobre la productividad. Los resultados de otros países presentados en esta conferencia, no pretenden ser impuestos en Colombia sin una validación científica de las medidas aún vigentes. Más bien son un incentivo para profundizar y desarrollar metodologías acordes con la situación particular del país.

Para que un programa de Manejo Integrado de Plagas se considere exitoso por su acogida y resultados, se deben evaluar directa o indirectamente las actitudes y creencias de los usuarios sobre lo que ya existe antes de liberar nuevas medidas. Así se mejorarán la investigación o la comunicación de sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Baxendale, F.P. & Teetes, G.L.** 1983. Factors influencing adult emergence from diapausing sorghum midge *Contarinia sorghicola* (Diptera: Cecidomyiidae). *Environ. Ent.* 12: 1064-1067.
2. **Cermeño, G. & Galvan, R.** 1984. Ciclo de vida y fluctuación poblacional diaria y estacional de la mosca del ovario *Contarinia sorghicola* (Coquillett) (Diptera: Cecidomyiidae). Trabajo de grado, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
3. **Fisher, R. W. & Tecetes, G.L.** 1982. Effect of moisture on sorghum midge (Diptera: Cecidomyiidae) emergence. *Environ. Entomol.* 11: 946-948.
4. **Fisher, R. W., Teetes, G.L. & Baxendale, F. P.** 1982. Effect of time of day and temperature on sorghum midge emergence and ovoposition. *Texas Agricultural and Experimental Station. PR - 4029.*
5. **Fuchs T. W., Turney, H. A., Thomas, J. G. & Teetes, G. L.** 1988. Managing insects and mites pests of Texas sorghum. *Texas Agricultural Extensión Service publ. B- 1220.* College Station, Texas.

6. **Hallman, G. J. Teetes, G.L. & Johnson, J.W.** 1984. Relationship of the sorghum midge (Diptera: Cecidomyiidae) density to damage resistant and susceptible sorghum hybrids. *J. Econ. Entomol.* 97:83-87.
7. **Jiménez, N. C.** 1992. Mixed planting of sorghum midge (Diptera: Cecidomyiidae) resistant and susceptible sorghums to enhance and assess nonpreference resistance. Thesis. Texas A&M University, College Station.
8. **Kogan, M.** 1983. Evaluación de daños causados por insectos a cultivos de campo: aplicaciones en manejo integrado de plaga. pp. 45-66. *En: Reyes, I.A. (Ed.) Yuca: Control Integrado de Plagas.* Pnud/CIAT. Cali, Colombia.
9. **Merchant, M.E.** 1990. Practical sampling procedures for panicle-infesting insect pests of sorghum. PhD dissertation, Texas A&M University, College Station.
10. **Peterson, G.C., Ali, A.E.B., Teetes, G.L., Jones, J.W. & Schaeffer, K.** 1989. Grain sorghum resistance to midge by yield loss vs visual scores. *Crop Sci.* 29: 1136 -1140.
11. **Rossiter, P.D.** 1988. Sorghum midge control. Queensland and Department of Primary Industries, Entomological Branch. Refnote Ag Dex 115/614. Australia.
12. **Saldarriaga, V.A., Zenner de Polania, I., Cárdenas, R., Posada, L. & García, F.** 1987. Guía para el control de plagas. Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Entomología. pp. 401 (Manual de asistencia técnica No.1 Ed. 4a), Bogotá, Colombia.
13. **Teetes, G.L.** 1985. Sorghum midge biology, population, dynamics and integrated pest management. pp. 233-245. *In: Proc. of the international sorghum entomological works-hop.* July 15-21 1984, Texas A&M University, College Station, TX; Icrisat, Patancheru, India.
14. **Teetes, G.L., Peterson, G.C. & Anderson R. M.** 1990. Exploitation of the sorghum midge nonpreference resistance mechanism by mixed planting of the resistant and susceptible sorghum cultivars. Texas Agricultural Extension Service, PR - 4732.
15. **Thomas, J.G.** 1973. The sorghum midge and its control. Texas Agricultural Extension Service publ. L-842, College Station, Texas.
16. **Waquil; J.M.** 1985. Resistance modality of resistance hybrid to sorghum midge (Diptera: Cecidomyiidae). PhD dissertation, Texas A&M University, College Station.

RESISTENCIA DEL COGOLLERO DEL MAÍZ, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) A ALGUNOS INSECTICIDAS Y SU MANEJO

Ingeborg Zenner de Polanía* • Fabiola Borrero Fonseca**

INTRODUCCIÓN

Colombia, al igual que otros países, en los cuales predomina el control químico de insectos plagas, enfrenta el problema de resistencia de estos insectos a los diversos grupos de insecticidas. La resistencia es un proceso dinámico evolutivo, que depende de la presión de selección ejercida por los productos aplicados a la población de la plaga (Metcalf, 1983). El fenómeno resistencia ha sido determinado por muchos autores, siendo una de las definiciones más populares la de WHO (1957), citada por Oppenoorth y Willing (1976): "Resistencia es el desarrollo de la habilidad de una raza de insectos a tolerar dosis de tóxicos, los cuales serían letales a la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie". Bajo condiciones de campo el fenómeno resistencia significa no control económico con las dosis previamente establecidas y efectivas contra la plaga, lo cual tiene como consecuencia un aumen-



FOTOGRAFÍA 3. Gusano de la mazorca, *Heliothis Zea*.

(Foto: Dr. Manuel Torregraza C.)

* IA, MSc, PhD.

** Bióloga. Investigación Básica Agrícola-Entomológica. ICA, Tibaitatá. AA 151123, Eldorado, Santafé de Bogotá.

to del costo del control químico de la plaga y la disminución de la productividad del cultivo. Para lograr controles satisfactorios de la plaga resistente, las aplicaciones se vuelven más frecuentes, se utilizan dosis más altas y mezclas más costosas y finalmente se cambia el insecticida por otro diferente y más caro (Zenner de Polanía, 1991).

El cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), de por sí, por alimentarse de una amplia gama de huéspedes, pertenecientes a malváceas, solanáceas y gramíneas, posee la habilidad innata de tolerar sustancias tóxicas para cualquier otro insecto monófago. Además, es una de las plagas más expuestas a aplicaciones de insecticidas, ya que siendo polífago afecta tanto a sorgo y maíz, arroz, tomate y pimentón, como al algodón. Aunque prefiere para su oviposición y alimentación a las gramíneas, malezas y cultivadas, donde la población no recibe mayores aplicaciones de insecticidas, en el algodón y las solanáceas sí está expuesto a una fuerte presión de selección a prácticamente todos los grupos de agroquímicos disponibles en el mercado.

Desde el punto de vista económico, la resistencia de un insecto puede causar pérdidas cuantiosas a los cultivadores. Para los EU, Pimentel *et al.* (1980), citados por Georghiou y Mellon (1983), calcularon un aumento del costo de control de plagas, debido a la resistencia, de US\$ 133 millones/año, cifra en la cual no incluyeron los costos indirectos de resistencia sobre la investigación y el desarrollo, por la industria de agroquímicos, de compuestos nuevos. Para los cultivadores de cereales en Colombia" teniendo en cuenta un área cultivada en 1992 de 650.000 ha y 230.000 ha de maíz y sorgo, respectivamente (Fenalce, 1993), las pérdidas por resistencia del cogollero del maíz podrían ascender fácilmente a \$8.800 millones por año, al fallar una sola aplicación de insecticida.

A partir de 1985 se comenzaron a observar bajo condiciones de campo del Tolima fallas en el control de *S. frugiperda*, lo cual indujo al Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, a iniciar un programa de monitoreo de resistencias del insecto en 1989, para luego buscar también alternativas con el fin de poder manejar esta resistencia.

Para determinar la susceptibilidad de las razas geográficas del cogollero del maíz, cuyos resultados se analizan en este trabajo, se empleó la prueba de inmersión foliar, haciendo algunas modificaciones al Método No. 7 propuesto por Irac (Gifap, 1990). El material biológico, posturas de *S. frugiperda*, se recolectó en ambientes específicos de campo, para luego mantenerlo bajo condiciones controladas ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 70% HR). Para las evaluaciones, se utilizó el II instar, el cual fue expuesto a hojas de maíz, tratadas con dosis seriadas (ppm, p.c.) o dosis discriminadora del insecticida a probar. El follaje, al cual se expusieron las larvas testigo, fue tratado con agua. La unidad experimental consistió en vasos plásticos de 50 ml de capacidad con tapa a presión. El diseño utilizado fue de bloques al azar con cuatro a cinco repeticiones por dosis y cinco larvas por repetición para insecticidas químicos. Para el inhibidor de

quitina y el insecticida biológico se utilizó un diseño completamente randomizado con un mínimo de 25 larvas de II o III instar por tratamiento. Las lecturas de mortalidad se realizaron a las 48 h para insecticidas químicos y las 48, 72, 96 y 120 h para los otros productos. Los resultados fueron sometidos a análisis probit, graficando los porcentajes de mortalidad obtenidos contra la dosis correspondiente en papel probit y utilizando un programa de computador, probit-Michigan. Los insecticidas evaluados fueron metomil, clorpirifos, cipermetrina y diflurbenzuron. Del insecticida biológico, *Bacillus thuringiensis*, se trabajaron las subespecies *kurstaki* y *aizawai*. Las razas geográficas evaluadas procedían de los siguientes departamentos: Huila, Tolima, Cundinamarca, Antioquia, Cesar y Guajira.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE RESISTENCIA

A. Metomil

Insecticida del grupo de los carbamatos, utilizado contra el cogollero del maíz desde hace más de 15 años en el país. Fue el primer producto con el cual se observaron fallas de campo en el Tolima, atribuidas inicialmente a problemas de aplicación, uso de subdosis o formulación deficiente.

Al evaluar durante tres años la susceptibilidad de poblaciones de la plaga procedentes de zonas netamente maiceras y de áreas donde también se cultiva el algodón, se obtuvieron los resultados consignados en la Tabla 1. La única raza que todavía se puede considerar susceptible fue obtenida en lotes de maíz del CI Motilonia (ICA, Codazzi) y la más resistente procede de cultivos del mismo cereal de Bello (Ant.), con una relación de resistencia entre ellos de 65,11. Estos extremos se atribuyen al poco uso del insecticida en el centro de investigación y a la alta presión de selección ejercida por el abuso del metomil en Bello. Llama además la atención la diferencia marcada en susceptibilidad entre las dos poblaciones de Ambalema. La de la hacienda El Triunfo es tolerante, mientras que la de Pajonales es resistente al insecticida. En la primera, las plagas, tanto de algodón como del cultivo de rotación, el sorgo, se ha manejado tradicionalmente con un uso moderado de insecticidas químicos y con énfasis en prácticas culturales y conservación del control biológico natural, mientras que Pajonales se ha caracterizado por una casi exclusiva dependencia del control químico en ambos cultivos. La muestra de Espinal (Tolima) procedía de un lote en donde en años anteriores, debido a fallas del metomil, habían cambiado a insecticidas de otros grupos químicos, lo cual permitió una dilución de la resistencia a este producto, hasta el punto de que en la actualidad solamente se detecta tolerancia.

En general puede deducirse que la situación de resistencia de *S. frugiperda* es crítica en la gran mayoría de las zonas analizadas. Si se sigue utilizando el producto de la manera acostumbrada, ante todo en las áreas maiceras minifun-

distas, donde también se cultivan las huéspedes solanáceas de la plaga, dentro de poco se tendrán razas homocigotas resistentes a este carbamato.

TABLA 1. Respuesta concentración-mortalidad de *S. frugiperda* a metomil. 1990-1992.

Procedencia población	CL 50* (ppm)	RR **	Situación resistencia
ICA Motilonia Codazzi - Cesar	0.43	1.0	S
Espinal (Tolima)	1.30	3.02	T
El Triunfo	1.00	2.32	T
Pajonales	16.50	38.37	R
Neiva (Huila)	6.60	15.34	T
San Juan del Cesar (Guajira)	10.00	23.25	R
Anolaima (Cund.)	18.00	41.86	R
Bello (Ant.)	28.00	65.11	R

* Concentración Letal Media

** Relación de Resistencia

S = Susceptible T = Tolerante R = Resistente

B. Clorpirifos

Este insecticida del grupo de los organofosforados es tal vez el más utilizado a nivel nacional para el control químico del *S. frugiperda* en maíz y sorgo. Sin embargo, y como lo muestran los datos consignados en la Tabla 2, hasta el momento solo se ha detectado una raza del insecto resistente al producto: la de la Guajira (Zenner de Polanía y Borrero Fonseca, 1992).

Nuevamente se destaca la diferencia entre las dos haciendas de Ambalema, la cual se atribuye a la variación en el manejo expuesto bajo metomil. Esta diferencia de manejo se refleja también en las CL₅₀ obtenidas para el CI Nataima. El lote soca-sorgo no había recibido aplicación alguna durante tres generaciones del cogollero, mientras que el lote comercial ya había sido aplicado cuatro veces con clorpirifos en este mismo lapso.

En el lote de entomología, solamente en 30% de las parcelas experimentales había dependencia del control químico. Las razas geográficas netamente tolerantes o resistentes corresponden a zonas donde predomina el algodonoero como cultivo de rotación de sorgo y maíz; o sea, que sobre el insecto se ejerce una presión de selección con fosforados durante los dos semestres del año.

La situación de resistencia de *S. frugiperda* a clorpirifos todavía no se puede catalogar como crítica. Sin embargo, muestra una clara tendencia al aumento de los niveles de tolerancia y una heterocigosis peligrosa susceptible tolerante y tolerante-resistente.

TABLA 2. Respuesta concentración-mortalidad de *S. frugiperda* a clorpirifos. 1990-1992.

Procedencia población	CL 50 *	RR **	Situación resistencia
Neiva (Huila)	0.10	1.00	S
Ambalema (Tolima)			
El Triunfo	0.15	1.50	S
Pajonales	1.55	15.50	T
Anolaima (Cund.)	0.40	4.00	S - T
Bello (Ant.)	0.35	3.50	S - T
ICA CI Nataima (Espinal)			
Soca sorgo	0.13	1.30	S
Lote entomología	0.90	9.00	S - T
Lote comercial	5.60	56.00	T
Espinal (Tolima)	2.35	23.50	T
Codazzi (Cesar)	0.88	8.80	S - T
San Juan Cesar (Guajira)	10.00	100.00	R

* Concentración Letal Media

** Relación de Resistencia

S = Susceptible T = Tolerante R = Resistente

C. Cipermetrina

Aunque raras veces se utilizan piretroides para controlar específicamente al cogollero del maíz, las poblaciones del insecto están sujetas a la presión de selección que ejercen estos insecticidas al ser utilizados contra *Heliothis virescens* en el algodón (Zenner de Polanía y Borrero Fonseca, 1992) y contra la mosca del ovario en sorgo. Esta permanente exposición se refleja en el comportamiento de la plaga, tanto en el interior como en la costa, respecto a cipermetrina (Tabla 3) y representa un marcado contraste con las dos zonas maiceras analizadas, en las cuales las razas de la plaga son susceptibles al piretroide.

Utilizando las dosis discriminatorias, 2 ppm para metomil y clorpirifos y 1 ppm para cipermetrina (Autores, datos sin publicar), se evaluó nuevamente la susceptibilidad de *S. frugiperda* colectado en maíz y sorgo, obteniéndose los resultados que se presentan en la Tabla 4, los cuales muestran en forma resumen la situación actual de resistencia del cogollero. Los porcentajes de mortalidad obtenidos reflejan claramente el manejo que se ha dado a la plaga en las diferentes áreas del país. El uso continuo tanto de clorpirifos como de metomil ha causado la resistencia o tolerancia del cogollero a estos insecticidas. En las zonas donde se rota con algodón (Campoalegre, Nataima y San Juan del Cesar), las aplicaciones de piretroides contra *H. virescens* han afectado negativamente la susceptibilidad de la plaga a este grupo de insecticidas en los

cereales. La mayor susceptibilidad a cipermetrina se observa en Bello y Anolaima, donde nunca se ha utilizado este compuesto.

TABLA 3. Respuesta concentración-mortalidad de *S. frugiperda* a cipermetrina (1992).

Procedencia población	CL50 * (ppm)	RR **	Situación resistencia
Bello (Ant.)	0.12	1.00	S
San Juan del Cesar (Guajira)	8.20	68.33	R
Espinal (Tol.)	12.00	100.00	R
Anolaima (Cund.)	0.20	1.66	S

* Concentración Letal Media

** Relación de Resistencia

S = Susceptible R = Tolerante

TABLA 4. Susceptibilidad de *S. frugiperda* colectado en maíz y sorgo a tres insecticidas (DD*) (1992).

Procedencia	% de mortalidad		
	Clorpirifos	Metomil	Cipermetrina
Campoalegre (Huila)	70,00	10,00	20
Rivera (Huila)	73.33	53.85	80
ICA-Nataima	45.00	16,00	10
Bello (Ant.)	24.00	0	100
Anolaima (Cund.)	25.00	17,00	82
San Juan del Cesar (Guajira)	18.00	22,00	10

* Dosis discriminatoria, dosis que causa 80% de mortalidad de una población susceptible.

En la Tabla 5 se presenta un cuadro comparativo de la variación de la resistencia a los tres grupos de productos químicos utilizados para su control. Se observa, en general, que la situación colombiana es menos complicada que la presentada para el norte de la Florida. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que Yu (1991) utilizó otra metodología de evaluación el IV instar larval de la plaga, el cual de por sí es menos susceptible a insecticidas. Por esta razón, los datos no son directamente comparables, pero sí representan indicadores de la tendencia de aumento de resistencia de *S. frugiperda* en ambos países.

125-16

TABLA 5. Variación de resistencia de *S. frugiperda*.

Grupo químico	Norte de Florida (EU*)	Colombia
Carbamatos	14 - 192	2.32 - 65.11
Organofosforados	12 - 271	1.31 - 100
Piretroides	2 - 216	1.66 - 100

* Tomado de Yu (1991)

MANEJO DE LA RESISTENCIA

De acuerdo a Georghiou (1983) dentro de las medidas teóricas del manejo de resistencia se reconocen tres estrategias químicas: manejo por moderación, por saturación y por ataque múltiple. Ninguna de las estrategias prescinde del uso del insecticida; solo recomienda respectivamente: menor frecuencia de aplicaciones, uso de productos de corta persistencia en el ambiente, no aplicación a determinadas generaciones o poblaciones de la plaga, mantenimiento de refugios y uso de niveles de aplicación más altos, cambio de genes resistentes a funcionalmente recesivos mediante el uso de dosis altas de productos selectivos y supresión del mecanismo de detoxificación a través de sinérgicos y, finalmente, el manejo por ataque múltiple se fundamenta en el uso de mezclas de insecticidas y rotación de productos.

Bajo condiciones de campo, ninguno de los modelos, aunque han proporcionado resultados satisfactorios (Forester, 1990; Sawicki, 1989) han logrado detener definitivamente el avance del fenómeno de resistencia.

En Colombia, para el manejo del problema referente a *S. frugiperda*, se ha tenido en mente la filosofía del Manejo Integrado de Plagas, MIP, y los experimentos de búsqueda de alternativas para el manejo de la resistencia se han encaminado en este sentido.

Uno de los grupos de insecticidas que podría encajar favorablemente dentro de un plan de MIP, tanto en el algodón como en el maíz y sorgo, en lo referente al cogollero del maíz, es el de los inhibidores de quitina. Así, se evaluó uno de ellos, el diflurbenzuron contra el III instar de la plaga, obteniéndose los resultados positivos consignados en la Tabla 6, los cuales representan un resumen de la respuesta obtenida con razas procedentes de Espinal (Tol.), San Juan del Cesar (Guajira) y Anolaima (Cund). A las 96 horas siempre se logró 100% de mortalidad con todas las dosis evaluadas, estabilizándose la respuesta dosis-mortalidad en este tiempo.

Se observó claramente que las otras larvas inician la muda, pero se quedan "atrapadas" dentro de la piel vieja y se mueren. La acción positiva se constató también bajo condiciones de campo. La rapidez de la mortalidad dependía de

la proximidad a la muda de las larvas en el momento de la aplicación y del consumo foliar.

TABLA 6. Respuesta Concentración-mortalidad de larvas de III instar de *S. frugiperda* a diflurbenzuron.

Dosis mg/l	% de mortalidad Horas después del tratamiento		
	48	72	96
2.5	45,83-73,33	62,50-93,33	100
25.0	52,00-73,33	88,00-93,33	100
250.0	80,00-85,71	93,33-95,24	100

Teniendo en cuenta el beneficio general de un insecticida biológico dentro del MIP, se consideró como alternativa al *Bacillus thuringiensis* (Zenner de Polanía, y Borrero Fonseca, 1992a).

Experimentos preliminares realizados con el III instar mostraron resultados poco satisfactorios, por lo cual se optó por la utilización de los bioensayos del II instar de la plaga. En la Tabla 7 se muestran algunos resultados de estos trabajos. La formulación del PM del *B.t.* sp. *Kurstaki* ejerce un mejor control al mezclarlo en proporciones comerciales con Carrier, mientras la formulación líquida (ES) no requiere de este adyuvante.

TABLA 7. Respuesta dosis-mortalidad de *S. frugiperda*, raza ICA Nataima, II instar, a tres formulaciones de *Bacillus thuringiensis*.

Formulación	Pendiente & SE	CL ₅₀ (mg i.a./l)
B.t.k. PM (32.000 UI/mg)		
+ Carrier	3,26 & 1,01	14,04
B.t.k. ES (17.600 UI/mg)		
pH 7,42	3,68 & 0,97	21,06
B.t.k. GDA (15.000 UI/mg)		
+ Carrier	2,50 & 0,77	22,01
pH 7,42	2,09 & 0,78	15,43

B.t. subespecie *aizawai* se mostró igual de eficiente con la adición de Carrier como solo. Es muy importante saber que esta subespecie, aún no en el mercado colombiano, es efectiva contra el cogollero del maíz para sí manejar la plaga, rotando las subespecies antes de que el insecto desarrolle resistencia al *B.t.*

Los porcentajes de mortalidad logrados con las dos formulaciones de *B.t.k.* y una *B.t.a.* se muestran en las figuras 1, 2 y 3. Las dosis intermedias y altas corresponden a las dosis comerciales recomendadas, las cuales pueden considerarse satisfactorias.

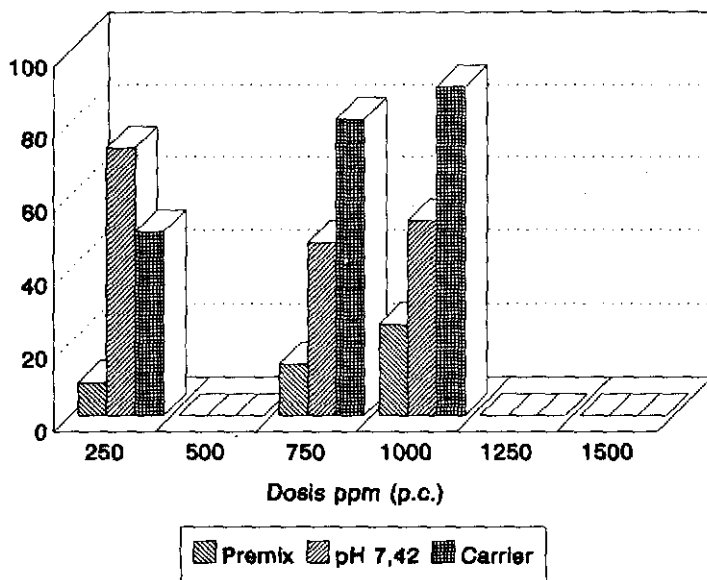


FIGURA 1. % de mortalidad del cogollero del maíz tratado con *Bacillus thuringiensis* ssp. *Kurstaki* (32.00 U.I/mg).

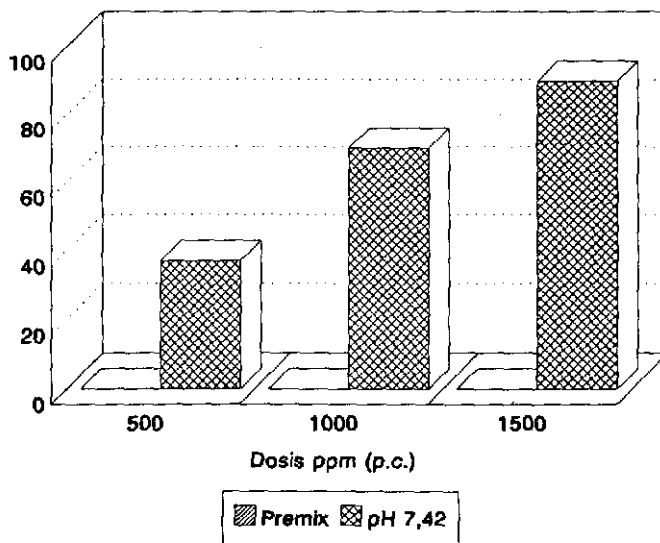


FIGURA 2. % de mortalidad del cogollero del maíz tratado con *Bacillus thuringiensis* *Kurstaki* ES (17.600 U.I/mg).

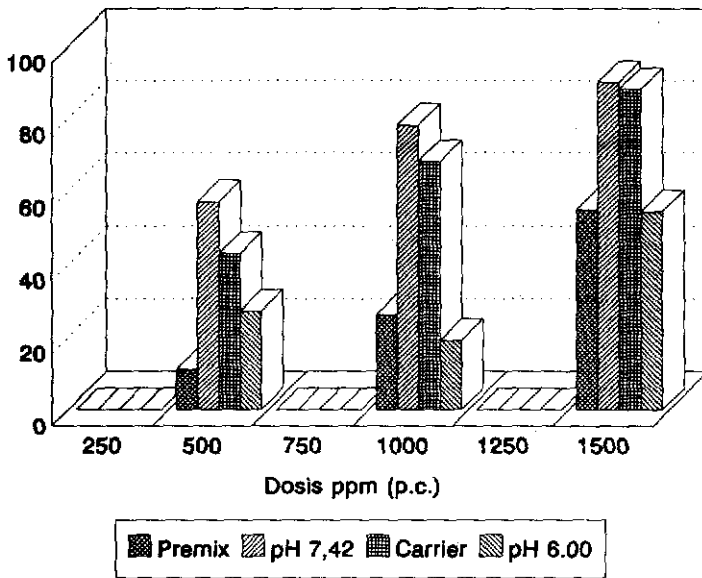


FIGURA 3. % de mortalidad del cogollero del maíz tratado con *Bacillus thuringiensis aizawai* GDA (15.000 U.I./mg).

Además, para determinar si existía variación en la susceptibilidad al *B.t.k* y establecer la línea base para este producto biológico, se analizaron tres poblaciones del cogollero con los resultados consignados en la Tabla 8. Estadísticamente no se encontró diferencia entre las tres poblaciones, pero aquella de ICA Nataima que había sido sometida a presión de selección por *B.t.* muestra una menor susceptibilidad. Esto debe tomarse como una advertencia, ya que la literatura mundial registra varios casos de plagas del orden lepidoptera, resistentes a *Bacillus thuringiensis* (Tabashnik *et al.* 1990; Rossiter *et al.* 1990).

TABLA 8. Variación de la susceptibilidad de *S. frugiperda*, II instar, a *B. thuringiensis ssp. kurstaki* PM (32.000 UI/mg) (agua pH 7, 42).

Raza	Pendiente +/- SE	CL 50 (mg ia/l)	RS*
Espinal (Tol.)	0,81+/-4,63	44,40	1,00
Bello (Ant.)	1,19+/-0,15	47,05	1,06
ICA (Nataima)	-0,91+/-0,63	83,05	1,87

* Relación de Susceptibilidad.

Basados en los resultados aquí analizados se puede recomendar el siguiente manejo de poblaciones, resistentes y tolerantes a insecticidas, del cogollero del maíz, estrategia de manejo aconsejable también para evitar la selección de mas razas de la plaga por resistencia a productos químicos.

A la primera generación de *S. frugiperda* se le puede prestar mayor atención. Seis a siete días después de haber observado las primeras posturas; o sea, cuando las larvas están en II instar y causan el daño como comedores de follaje, o cuando se detecta el daño típico de "ventanitas" o "daño nuevo" en 60% de plantas de maíz y en 40% de las de sorgo, debe realizarse la primera y única aplicación de *Bacillus thuringiensis*. Al utilizar la formulación polvo mojable debe agregarse un adyuvante. Tanto en el Tolima, como en el Valle del Cauca, a partir de la segunda generación, el parasitismo natural, ejercido principalmente por *Chelonus insularis* Cresson y *Meteorus laphygmae* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) alcanza niveles tales que no se requiere un control, adicional (Notas y Noticias Entomológicas, 1990, 1991, 1992). Esto siempre y cuando no interfiera con aplicaciones de insecticidas químicos. En áreas donde el parasitismo es escaso y se requiere una segunda aplicación, ésta puede realizarse con diflurbenzuron o productos con el mismo modo de acción contra larvas no mayores del III instar.

Para el futuro deben procurarse crías masivas y liberaciones inundativas de los parasitoides arriba mencionados, al principio de la temporada, cuando las poblaciones de los benéficos son aún escasos. Otro insumo biológico que debería estar disponible para ser liberado es el parasitoide de huevos, *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae), nativo de Sarawak y Nueva Guinea, e introducido con éxito en Israel, Barbados, Nicaragua y Venezuela. En este último país se logró un parasitismo hasta de 100% en áreas cercanas a su liberación (Hernández *et al.*, 1989).

Este tipo de MIP favorece en general a los enemigos naturales de otras plagas de maíz y sorgo, disminuyendo así la necesidad de controles químicos en estos cereales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Fenalce.** 1993. Estadísticas de Producción. Departamento de Economía. (Bogotá).
2. **Forrester, N.W.** 1990. Change for de Australian resistance strategy. Pest Resistance Management (EU). Vol. 2 No. 1. p. 25-26.
3. **Georghiou, G.P.** 1983. Management of Resistance in Arthropods. En: Gerorghiou, G.P. Saito, T. ED. Pest. Resistance to Pesticides. New York. Plenum. p. 769-792.
4. **Georghiou, G.P., Mellon, R.B.** 1983. Pesticide Resistance in Time and Space. En: Goerghiou, G.P.; Saito, T. ed. Pest Resistance to Pesticide. New York. Plenum. p. 1-46.
5. **Gifap.** 1990. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) Report. Insecticide Resistance Action Committee (Irac) Report. Newsletter No. 5. Bruselas, Bélgica. p. 15-16.

6. **Hernández, D., Ferrer, F. Linares, B.** 1989. Introducción de *Telenomus remus* Nixon (Hym. Scelionidae) para controlar *Spodoptera frugiperda* (Lep: Noctuidae) en Yaritugua-Venezuela. *Agronomía Tropical* (Venezuela). Vol. 39. nos. 4-6. p. 199.-205.
7. **Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.** 1990. Sección Investigación Básica Agrícola- Entomología. Bogotá (Colombia). Buen Parasitismo. Notas y Noticias Entomológica. (Colombia). Marzo - abril, p. 12.
8. ————. 1990. Sección Investigación Básica Agrícola-Entomología (Bogotá) Colombia. El Valle va ganando.. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia). Mayo, junio). p. 27.
9. ————. 1991. Sección Investigación Básica agrícola-Entomología (Colombia). Impresionante. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia. Noviembre-diciembre. p. 63.
10. ————. 1992. Sección de Investigación Básica Agrícola-Entomología. (Bogotá) Colombia. Muy bajo. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia). Marzo-abril. p. 19.
11. ————. 1992. Sección de Investigación Básica Agrícola Entomología. Bogotá (Colombia). Aumentó considerablemente. Notas y Noticias Entomológicas. (Colombia). Mayo-junio p. 27.
12. **Metcalf, R.I.** 1983. Implications and Diagnosis of Resistance to insecticides. **En:** Georghiou, G.P., Saito, T. ed. *Pest Resistance to Pesticides*. New York. Plenum. p 703 -733.
13. **Oppenorth, F.J., Willing, W.** 1976. Biochemistry and Physiology of Resistance. **En:** Wilkinson, C.F. ed. *Insecticide Biochemistry and Physiology*. New York. Plenum. p. 507-551.
14. **Rossiter, M., Yendol. W.G., Ddubois N.R.** 1990. Resistance to *B. thuringiensis* in Gypy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae: Genetic and Environmental Causes). *Journal of Economic Entomology* (EU). Vol. 83. No. 5 p.2211-2218.
15. **Sawicki, R.M.** 1989. Current Insecticide management practices in cotton around the world-Short Time successes or Templates for the Future? *Pesticide Science* (Inglaterra) Vol. 26. p. 401-410.
16. **Tabashink, B.E., Cshing, N.L., Finson, N., Johnson, M.W.** 1990. Field development of Resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology* (EU). Vol. 83, No, 5 p. 1671-1676.
17. **Yu, J.S.** 1991. Insecticide Resistance in the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology* (EU). v. 39. p. 84-91.
18. **Zenner de Polania, I.** 1991. Manejo de resistencia de plagas a los insecticidas. **En:** Cardona, G.O. ed. *Curso sobre manejo del algodónero*. Buga. Marzo 13-15. 1991. ICA Regional 5 Palmira. P. 255-280.
19. ————, **Borrero Fonseca.** 1992. Panorama nacional de susceptibilidad de algunas plagas del algodónero a insecticidas. *Agricultura Tropical* (Bogotá). Vol. 29, No. 2. p. 83-95.
20. ————. 1992a Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) a diferentes formulaciones de *Bacillus thuringiensis* Berliner. Resúmenes. XIX Congreso Socolen, Manizales, julio 16-17, 1992. p. 81..

EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COMO COMEDOR DE FOLLAJE EN SORGO

Alonso Álvarez R.* • Guillermo Sánchez G.**

RESUMEN

Bajo condiciones de campo se efectuaron varios tratamientos de defoliación artificial, daño simulado en el cultivo del sorgo. El corte de las plantas de sorgo a ras del suelo puede ocasionar mermas en la producción, desde 25%, cuando la planta tiene dos hojas, hasta 80%, cuando la planta tiene ocho hojas. La planta de sorgo puede tolerar una pérdida de follaje hasta de 75%, sin sufrir mermas significativas en su producción, cuando la planta tiene 2, 4 y 6 hojas. La planta de sorgo es muy susceptible a la pérdida de follaje cuando tiene 10 y 12 hojas. Una defoliación de 50% ocasiona mermas en la producción de 18% o más.

En Colombia el cultivo del sorgo es de gran importancia económica, ya que el grano se utiliza como materia prima en la elaboración de alimentos concentrados para animales, contribuyendo significativamente al desarrollo de la industria avícola, en especial, y a la disminución de las importaciones de dicha materia prima.

Uno de los factores limitantes en la producción del sorgo lo constituyen los insectos-plagas y, entre éstos, el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es uno de los más importantes. El gusano cogollero del maíz puede ocasionar daños directos al cultivo del sorgo bien sea como trozador de plántulas, como comedor de follaje y como masticador de granos. Cuando ataca un cultivo constituye una amenaza para el cultivador y éste, para reducir el riesgo de una posible pérdida de tipo económico, recurre a la tecnología disponible para controlar dicha plaga.

* Investigación Básica Agrícola Entomológica. ICA-CI Tibaitatá.

** Grupo Multidisciplinario de Sorgo-Entomología. ICA-CI Nataima. AA 40, Espinal, Tolima.

Pero no siempre el manejo de plagas se aplica correctamente. El uso inadecuado de las estrategias de control de plagas implícitas en el manejo de las mismas, incrementa los costos de producción, disminuyendo la productividad de cualquier actividad agrícola.

Para diseñar y poner en práctica el plan de manejo racional de *S. frugiperda* en el cultivo del sorgo, es necesario determinar los niveles de daño económico.

Por las anteriores razones se consideró indispensable la realización de la presente investigación, para generar información básica sobre los daños ocasionados por el *S. frugiperda* como comedor de follaje en el cultivo del sorgo, componente básico para la implementación de los programas de manejo de plagas que se adelantan en el país.

REVISIÓN DE LITERATURA

En Colombia, el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (K.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), se presentó en densidades consideradas como devastadoras, atacando maíz durante los años de 1914 y 1915, en los municipios de Yarumal, Campamento y Angostura en el departamento de Antioquia. Ataques similares ocurrieron en el año de 1945 en el viejo Caldas (Gallego, 1946).

En cuanto a su origen, Andrews (1980), indica que es una especie nativa del trópico, con una amplia distribución geográfica, la cual va desde el norte de Argentina y Chile hasta el sur de Estados Unidos.

Young y Teetes (1977) clasifican al *Spodoptera* spp. como una plaga ocasional en el cultivo del sorgo, justificando su control cuando ocurren altas infestaciones en plantas pequeñas. Este criterio no es compartido por Alvarez y Sánchez (1988), quienes consideran que en Colombia, el *S. frugiperda* es una plaga de importancia económica en el cultivo del sorgo, ya que puede ocasionar daños como gusano tierrero, gusano comedor de follaje y gusano masticador de granos. (En la panoja).

Existe un consenso general en el sentido que para un manejo de plagas es importante conocer la relación entre el nivel de infestación, o el daño ocasionado por una plaga dada y la producción del cultivo. Aunque dicha relación no es fácil de establecer, varias metodologías se han propuesto para lograrlo (Stern, 1965; Young y Teetes, 1977; Pitre *et al.*, 1979; Martín *et al.*, 1980; Bullen, 1970; Pedigo *et al.*, 1986).

Pauli y Stickler (1961) encontraron que una defoliación total o parcial en plantas de sorgo durante los estados de embuchamiento y anthesis, ocasiona una reducción en la acumulación de: materia seca, azúcares totales, carbohidratos y nitrógeno en los granos.

Un nivel de infestación de una larva de *S. frugiperda* por planta, antes del embuchamiento, ocasionó mermas en la producción de 19,6; 5,4; y

MAÍZ Y SORGO

10,4% durante tres años consecutivos. La abundancia de granos pequeños por panoja de sorgo fue la principal causa de la merma en la producción (Handerson *et al.*, 1966).

Cuando las plantas de sorgo tienen 4-5; 8-10 y 13-15 hojas, un corte de las mismas a ras del suelo ocasionó disminuciones en el número de plantas de 32; 57 y 60%. La disminución en el número de plantas se reflejó en una merma en la producción de granos en 31,52 y 92%, respectivamente (Stickler y Pauli, 1961).

Una defoliación de 75% del área foliar de cada hoja, no ocasionó disminución en la producción, a pesar de tener la planta de sorgo 4-5; 8-10 ó 13-15 hojas (Stickler y Pauli, 1961).

Cuando las plantas de sorgo tienen 4-5 hojas, pueden soportar una defoliación de 100%, sin que se afecte la producción. Pero ese mismo porcentaje de defoliación reduce la producción en 19%, cuando la planta posee 8-10 hojas y 25% cuando la planta tiene 13-15 hojas (Stickler y Pauli, 1961).

La remoción alterna de las hojas de sorgo reduce más la producción que la remoción de la mitad de cada hoja y un mayor impacto en la producción ocurre cuando se remueve el área foliar de la parte superior de la planta, debido a su mayor actividad fotosintética (Stickler y Pauli, 1961). Brown y Mohamed (1972) reportaron que en sorgo se puede ocasionar una reducción en la producción de 23, 35, 43 y 95%, cuando se ocasionan defoliaciones, respectivamente, de 33, 50, 67 y 100%, durante los estados de embuchamiento y antesis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los ensayos se llevaron a cabo bajo condiciones de campo en el Centro de Investigación "Nataima" del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ubicado en el municipio de Espinal, departamento del Tolima, a 431 msnm y con promedios anuales de: temperatura de 28 °C; precipitación de 1.375 mm y humedad relativa de 71%. El Centro está incluido en una zona clasificada como de clima cálido sub-húmedo, con coordenadas de latitud de 4°12'N y de longitud de 74°-50'W.

En esta publicación se reportan los resultados de sendos ensayos realizados entre 1980 y 1985, siempre durante el segundo semestre de cada año.

Para cada uno de los ensayos se sembró la variedad de sorgo ICA-Nataima, en parcelas de dos (2) surcos, distanciados a 0,75 m, por diez (10) m de largo, utilizando un diseño de bloques al azar con tres (3) repeticiones, y siguiendo las recomendaciones técnicas para este cultivo.

Para evaluar los daños causados por *S. frugiperda* en sorgo, se utilizó la metodología del daño simulado al cultivo a través de corte a ras del suelo y defoliación.

BIBLIOTECA NACIONAL DE COLOMBIA

Se utilizaron los siguientes tratamientos de daño simulado: a) Corte a ras del suelo cuando la planta de sorgo tenía 2,4,6 y 8 hojas visibles; b) 100%; c) 75% y d) 50% de defoliación cuando la planta de sorgo tenía 2, 4, 6, 8, 10 y 12 hojas visibles. En todos los ensayos se dejó un testigo sin daño simulado.

Los tratamientos se aplicaron cuando más de 50% de las plantas tuvieron el número estipulado de hojas. Para determinar el porcentaje de defoliación a practicar, se contó el número de hojas de cada planta y con base en ese número se determinó la cantidad de hojas a eliminar. Las hojas siempre se contaron desde la parte superior o cogollo de la planta y en forma continua.

Todas las defoliaciones se hicieron con un instrumento cortante. En ningún caso se rasgó con la mano. Solamente en el tratamiento de corte a ras del suelo se cortó el tallo principal. En todos los demás tratamientos se dejó intacto.

En todos los ensayos se totalizó el número de plantas por parcela antes del tratamiento y al final de la cosecha. En el momento de la cosecha, se contó el número de panojas por parcela y se pesó la producción de las mismas.

A los datos así obtenidos se les hizo análisis de varianza y prueba de Duncan, para establecer en que estado de desarrollo del cultivo había efecto del daño simulado en la producción del sorgo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Corte a ras del suelo

En las zonas en las cuales se siembra sorgo en Colombia, este tipo de daño lo puede ocasionar el *S. frugiperda*, actuando como tierrero o gusano ejército; en especial, cuando la planta tiene entre 2 y 4 hojas. En cualquier estado de desarrollo de la planta, el daño mecánico o el ocasionado por efectos fitotóxicos debido al arrastre de agroquímicos se puede simular, también a este tipo de daño.

El daño simulado, consistente en el corte de las plantas de sorgo a ras del suelo, ocasionó drásticas reducciones en la producción del grano, dependiendo del estado de desarrollo del cultivo (Tabla 1).

La disminución en la producción estuvo asociada directamente con la reducción en el número de plantas y, por ende, de panojas cosechables por parcela. Todo parece indicar que cuando la planta de sorgo tiene más de 2 hojas, el punto de crecimiento llega a la superficie del suelo. Por lo tanto, el corte a ras del suelo, cuando la planta tiene más de 4 hojas, ocasiona la muerte de ésta. (Tabla 2 y 3).

Es importante indicar que el daño simulado, consistente en el corte de las plantas a ras del suelo, presentó una variación muy notoria según el año en el cual se realizó el experimento. Esta variabilidad está de acuerdo con lo reportado por varios autores, como Pedigo *et al.*, (1986); Basdner y Fletcher (1974); Henderson *et al.* (1978) y Stern (1965).

TABLA 1. Evaluación del daño simulado en sorgo, producción en kg por hectárea.

Daño simulado	Estado cultivo	Promedio	Reducción %
Ras del suelo	2 hojas	3.251	25
	4 hojas	2.254	48
	6 hojas	1.813	58
	8 hojas	873	80
100% defoliación	2 hojas	4.247	2
	4 hojas	3.992	8
	6 hojas	3.992	9
75% defoliación	2 hojas	4.742	-
	4 hojas	4.380	-
	6 hojas	4.485	-
50% defoliación	2 hojas	4.426	-
	4 hojas	4.597	-
	6 hojas	4.276	-
Testigo		4.319	3

El corte de las plantas de sorgo a ras del suelo, cuando la planta tenía 2 hojas, no ocasionó mermas en la producción en los años 1981 y 1985. En promedio, durante los seis años de ensayos este tratamiento redujo la producción en 25% (Tabla 1). Esta reducción en la producción estuvo asociada a una merma, en promedio, de 11% de las panojas de sorgo cosechables (Tabla 2).

TABLA 2. Evaluación del daño simulado en sorgo, número de panojas cosechadas por tratamiento.

Daño simulado	Estado cultivo	Promedio	Reducción %
Ras del suelo	2 hojas	176	11
	4 hojas	70	75
	6 hojas	49	75
	8 hojas	39	80
100% defoliación	2 hojas	194	-
	4 hojas	174	11
	6 hojas	193	13
75% defoliación	2 hojas	171	14
	4 hojas	191	-
	6 hojas	193	-
50% defoliación	2 hojas	212	-
	4 hojas	197	-
	6 hojas	183	8
Testigo		198	

Cuando el daño simulado, consistente en el corte de las plantas a ras del suelo, se realizó en estados de desarrollo del sorgo más avanzados, la reducción en la producción fue mayor. Cuando la planta de sorgo poseía 4 hojas, la

reducción en la producción resultó de 48% y 75% en las panojas cosechables (Tablas 1 y 2).

Defoliación de 100 %

El daño simulado consistente en el corte de todas las hojas de la planta de sorgo, dejando intacto el tallo principal, ocasionó mermas significativas en la producción después del estado de 8 hojas (Tablas 3 y 4).

TABLA 3. Evaluación del daño simulado en sorgo, número de panojas cosechadas por tratamiento.

Daño simulado	Estado cultivo	Promedio	Reducción %
100% defoliación	8 hojas	154	20
	10 hojas	167	13
	12 hojas	142	26
75% defoliación	8 hojas	170	11
	10 hojas	181	6
	12 hojas	141	27
50% defoliación	8 hojas	183	5
	10 hojas	172	10
	12 hojas	164	25
Testigo		192	

Los resultados indican que la planta de sorgo tiene una gran capacidad de tolerancia a la pérdida de follaje durante los primeros estados de desarrollo fisiológico.

Este daño simulado practicado cuando la planta de sorgo contenía entre 2 y 6 hojas, no ocasionó mermas significativas en la producción, en promedio de seis años (Tabla 1).

Cuando la planta tenía entre 8 y 12 hojas, una defoliación de 100% redujo la producción entre 12% (estado de 8 hojas); 24% (estado de 10 hojas) y 56% (estado de 12 hojas) (Tabla 4), indicando que el estado de 12 hojas es el más susceptible a la pérdida de 100% del follaje.

Defoliación de 75 %

Los resultados de la aplicación de este tipo de daño simulado, indican que la planta de sorgo puede tolerar 75% de pérdida en su follaje, sin que ocurran mermas en la producción del grano; en especial, cuando la planta tiene entre 2 y 6 hojas. (Tabla 1).

Cuando la planta de sorgo posee entre 8,10 y 12 hojas, una defoliación de 75% puede ocasionar mermas significativas en la producción de grano, las

MAÍZ Y SORGO

cuales fluctúan entre 16% (estado de 8 hojas); 18% (estado de 10 hojas) y 53% (estado de 12 hojas) (Tabla 4).

Estos resultados muestran que el estado del sorgo más susceptible a la pérdida de follaje es el de 12 hojas y el más tolerante el de dos hojas (Tablas 1 y 4).

Defoliación de 50 %

Al igual que con los dos tratamientos de defoliación anteriores, una pérdida de 50% de las hojas del sorgo no ocasionó mermas en la producción de grano, cuando la planta tuvo entre dos y seis hojas (Tabla 1).

Los resultados también confirman que el sorgo es muy susceptible a la pérdida de 50% de su follaje cuando tiene 12 hojas (Tabla No.4).

TABLA 4. Evaluación del daño simulado en sorgo, producción en kg por hectárea.

Daño simulado	Estado cultivo	Promedio	Reducción %
100% defoliación	8 hojas	3.887	12
	10 hojas	3.356	24
	12 hojas	1.951	56
75% defoliación	8 hojas	3.702	16
	10 hojas	3.590	18
	12 hojas	2.057	53
50% defoliación	8 hojas	3.925	11
	10 hojas	3.477	21
	12 hojas	2.521	43
Testigo		4.400	

Bajo las condiciones climáticas en las cuales se llevaron a cabo los ensayos, la planta de sorgo llega al estado de embuchamiento más o menos a los 45 días de edad y el estado de 10 hojas ocurre cuando la plante tiene 35 días. Lo anterior indica que la planta de sorgo es muy susceptible a la pérdida de follaje durante los diez días que preceden al estado de embuchamiento; es decir, entre los 35 y 45 días de edad de la planta.

CONCLUSIONES

Los ensayos de campo, realizados durante seis años, sobre el daño simulado en el cultivo del sorgo, permiten concluir lo siguiente:

- El corte de las plantas de sorgo a ras del suelo ocasiona la muerte de las plantas, en forma significativa, aun en el estado de 2 hojas.

- La planta de sorgo tiene una gran capacidad de tolerancia a la pérdida de follaje en los primeros estados de desarrollo. Pero es muy susceptible a la pérdida de follaje durante los diez días que preceden al estado de embuchamiento, aparentemente por la prolongación de los estados de formación, llenado y maduración del grano.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Álvarez, R.A., Sánchez G.G.**, 1988. Manejo de plagas en el cultivo del sorgo. *Revista Asiava* (Colombia) No. 25. p.15-18.
2. **Andrews, K.L.** 1980. The whorlworm *Spodoptera frugiperda* in Central America and neighboring areas. *Florida Entomologist* (USA) c.63. No. 4. p.456-467.
3. **Brow, E.S., Mohamed, A.K.A.** 1972. The relation between simulated armyworm damage and crop-loss in maize and sorghum. *East Afri. Agric. For Journal*. v.37. p. 237-257.
4. **Bullen, F.T.** 1970. Benefit/cost analysis of various degrees of crop protection. *Proc. Ecol. Soc. Australia* v.5. p.63-75.
5. **Gallego, F.L.** 1946. *Laphygma frugiperda* Sm. y Abb. (Plagas del maíz). Estudio fundamental No. 5. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, Medellín. Colombia. s.p. 1 p.
6. **Henderson, C.F., Kinzer, H.G., Thompson, E.G.** 1966. Growth and yield of grain sorghum infested in the whorl with fall armyworm. *Jour. Econ. Entomol.* (USA) v. 59 No. 4. p. 1001-1003.
7. **Martin, P.B., Wiseman, B.R., Lynch, R.E.** 1980. Action threshold for fall armyworm on grain sorghum and coastal bermudagrass. *Florida Entomologist* (USA). v. 53. No. 1. p. 102-105.
8. **Pedigo, L.P., Hutchins, S.H., Higley, L.G.** 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* (USA). c. 31. p. 341-368.
9. **Pitre, H.N., Mistic, W.J., Lincoln, C.G.** 1979. Economic thresholds: concepts and techniques. Economic thresholds and sampling of *Heliothis* species on cotton, corn, soybeans and other host plants. *Southern Coop. Ser.* (USA) No. 231. p. 12-30.
10. **Stern, V.M.** 1965. Significance of the economic threshold in integrated pest control. *Proc. FAO Symp. Integrated Pest Contr.* Rome. No. 2. p. 41-56.
11. **Stickler, F.C., Pauli, A.W.** 1961. Leaf removal in grain sorghum. I-Effects of certain defoliation treatments on yield and components of yield. *Agronomy Journal* (USA). v. 53 No. 1. p. 99-103.
12. **Young, W.R., Teetes G.L.** 1977. Sorghum Entomology. *Ann. Rev. Entomol.* (USA). v.22 p. 193-218.

INTEGRACIÓN DE MÉTODOS PARA EL MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH)

Fulvia García Roa*

IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DAÑO

Los estudios de investigación sobre Manejo Integrado de Plagas (MIP) en maíz y sorgo, tienen un enfoque ecológico y económico, según los cuales se evalúan alternativas que brinden reducción poblacional de las plagas, para llegar a equilibrios biológicos en los ecosistemas, sin causar deterioro ambiental, reemplazando a su vez los altos costos que demanda el control químico de ellas.

Una consideración importante para el MIP, en cualquier cultivo, tiene que ver con la obtención de plantas vigorosas, sanas, que soporten inicialmente la llegada y daño de las especies plagas mientras llegan, se establecen y actúan los enemigos naturales de control o se justifican medidas complementarias. *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera noctuidae), es plaga de importancia económica en muchos cultivos en nuestro país, pero muestra preferencia por maíz y sorgo, donde desarrolla altas poblaciones.

El "gusano cogollero del maíz" o simplemente "*Spodoptera*", como se lo denomina comúnmente, actúa como gusano tierrero, trozador o gusano ejército; como cogollero que es su hábito más característico en gramíneas; como bellotero o perforador de frutos y ramas y como masticador del follaje.

Trabajos realizados para manejar el *Spodoptera frugiperda* demuestran que la integración de medidas culturales, físicas, biológicas y químicas selectivas pueden bajar las poblaciones del insecto, manteniéndolas por debajo de niveles económicos.

En maíz y sorgo, el ataque crítico de *Spodoptera* se presenta inmediatamente después de la emergencia de las plántulas; es decir, en los primeros 15 días del cultivo, actuando como "gusano cogollero". Si el tiempo es seco, esta

* Entomóloga, ICA, Apartado Aéreo 233 Palmira.



FOTOGRAFÍA 4. *Spodoptera frugiperda*.
Cogollero del maíz.

(Foto: Dr. Manuel Torregróza C.)

primera generación es muy alta, con infestaciones de 100%, lo cual obliga a adoptar algún tipo de control. En tiempo lluvioso, el daño se minimiza.

El daño característico del *S. frugiperda* se reconoce por la presencia de manchas translúcidas en las hojas, ocasionadas por las larvas recién nacidas al alimentarse en su descenso al cogollo. Las larvas medianas y grandes, localizadas en el cogollo, mastican la hoja en formación, saliendo perforada o consumida parcialmente.

Este tipo de daño, en la última hoja formada, acompañado de larvas y excrementos húmedos, similares a aserrín, son indicativo de "daño fresco o nuevo" del cogollero del maíz el cual, expresado en porcentaje dentro de un total de plantas continuas revisadas por surco, determina el nivel de daño económico. Si el tiempo es seco, un daño fresco superior a 50% justifica la adopción de una medida de control.

La segunda generación de *Spodoptera* en maíz y sorgo puede presentarse entre los 20-30 días de desarrollo del cultivo, y la tercera generación generalmente ocurre en la etapa previa a la floración o durante la misma. Cuando la plaga es abundante, o los controles anteriores han sido insuficientes, se encuentran larvas dañando la mazorca. Este daño se localiza en la punta del fruto y no reviste importancia económica.

INTEGRACIÓN DE MÉTODOS

El aprovechamiento de factores bióticos y abióticos en la regulación de las poblaciones de *Spodoptera* es el objetivo primario cuando se estructuran programas de manejo de la plaga.

Control físico

La siembra en época de lluvias puede ser la mejor recomendación para sembrar maíz y sorgo. Además de asegurar una alta emergencia de las plántulas y un desarrollo vigoroso, reduce el daño de *Spodoptera*, ya que el depósito de agua que se forma en el cogollo contribuye a la mortalidad de las larvas o provoca su salida, exponiéndose a la acción de parasitoides, depredadores y entomopatógenos.

MAÍZ Y SORGO

Se ha comprobado que un período continuo de lluvias, durante los primeros días de la emergencia o en cada una de las etapas de mayor infestación, puede bajar la plaga a niveles no económicos e interferir el hábito de oviposición de la polilla, especialmente si la lluvia ocurre en las horas nocturnas.

En tiempos de verano, la falta de agua provoca un "stress" o acebollamiento del follaje. Si a esta condición se une el ataque de la plaga, puede presentarse pérdida de plantas, porque las larvas grandes, cuando hay alta infestación y varias por planta, salen del cogollo y perforan el tallo en su punto basal, matando las plantas. Se recomienda riego para evitar este fenómeno y controles oportunos para reducir la población de larvas.

Control cultural

Además de recomendar las siembras en tiempo de lluvia, es necesario adoptar todas las prácticas culturales que favorezcan el manejo del insecto; especialmente como plaga del suelo. Estas prácticas hacen relación con una correcta preparación del suelo, manejo oportuno de malezas hospedantes, rotación de cultivos, uniformidad en las siembras, cosechas oportunas y destrucción de residuos.

La oportunidad en la aplicación de cualquier medida de control es de mucha importancia. Esta oportunidad depende de la frecuencia en las visitas al cultivo para inspeccionar las plantas, detectar la llegada de la plaga, la evolución del daño y cuantificar el papel que cumplen todos los factores bióticos y abióticos en su regulación.

El análisis de la situación de campo ayudará a tomar las decisiones más acertadas para el manejo del problema.

Control químico selectivo

La aplicación de insecticidas contra *S. frugiperda* solo se justifica cuando se hayan agotado todas las demás alternativas de manejo y cuando los niveles de infestación sobrepasan en tiempo seco el 50% de plantas con daño fresco o nuevo. Cuando se justifique la aplicación de un insecticida, esta debe hacerse correctamente para lograr efectividad. Para la primera generación se recomienda una aspersión terrestre, dirigiendo las boquillas al surco, con un volumen de agua suficiente que permita el escurrimiento de la mezcla venenosa al cogollo, donde se encuentran las larvas.

Cuando las plantas tienen un cogollo bien formado, es preferible localizar un insecticida granular en la zona infestada.

Es importante recordar que el uso continuado de insecticidas provoca disturbios en la dinámica de la plaga al destruir sus enemigos naturales, además de problemas de resistencia a estos compuestos, intoxicación en operarios que aplican los materiales en el campo, contaminación del ambiente e incremento notable en los costos de producción.

Control biológico y microbiológico

Spodoptera frugiperda es un insecto que posee una amplia gama de enemigos naturales. En la Tabla 1 se registran las diferentes especies de parasitoides, depredadores y entomopatógenos encontradas en Colombia, de acuerdo con investigación realizada por el Instituto Colombiano Agropecuario en los departamentos del Valle del Cauca, Antioquia y Tolima.

Las evaluaciones del trabajo cumplido por estos organismos benéficos demuestran reducción en forma natural de las poblaciones de *Spodoptera* en el cultivo del maíz con parasitismos que fluctúan entre 30 a 65%, ejercidos principalmente por los parasitoides *Chelonus insularis* Cresson y *Meteorus laphygmae* Viereck (Hymenoptera, Braconidae), *Eiphosoma* sp. pos. *vitícola* Cresson (Hymenoptera, Ichneumonidae) y *Archytas marmoratus* (Townsend) (Diptera, Tachinidae). Estas especies promisorias están acompañadas de depredadores muy abundantes en el medio, como *Zelus* spp (Hemiptera, Reduviidae) y *Polistes* spp (Hymenoptera, Vespidae).

A este importante control biológico natural se le busca refuerzo, induciendo otros nuevos agentes de mortalidad, como los parasitoides de huevos *Trichogramma atopovirilia* Oatman y Platner (Hymenoptera, Trichogrammatidae) y *Telenomus* sp. pos. *remus* (Hymenoptera, Scelionidae). Actualmente el ICA, en el CI Palmira, realiza investigación que conduce al establecimiento y manejo de estos dos insumos biológicos a nivel de campo. Se espera que liberaciones inundativas de ellos durante las primeras dos semanas de desarrollo del maíz y el sorgo, cuando es mayor la incidencia de la plaga, sean la estrategia a seguir para que el control biológico natural e inducido se complementen y logren frenar las altas poblaciones iniciales de la plaga.

El control microbiológico de *Spodoptera* es una línea más, la cual enriquece la variada gama de agentes de control natural. Las bacterias, hongos, virus y nematodos que se presentan en la Tabla 1 son parte del control microbiológico que existe y que requiere más estudios, con el fin de implementar su utilización a escala comercial.

Cebos preparados con *Bacillus thuringiensis* se muestran muy promisorios para el control de *Spodoptera* cuando ésta es plaga del suelo o para ser usado en el cogollo de plantas infestadas.

La integración de todos los métodos de represión aplicados oportunamente, favorecerá el balance que debe existir entre la plaga y sus enemigos naturales a tal punto que en un ambiente menos contaminado por agroquímicos resurgirán más agentes de control biológico que garantizarán un equilibrio biológico más estable.

A nivel de campo, todas las alternativas descritas anteriormente vienen siendo probadas y los resultados recogidos hasta el momento demuestran la viabilidad de estas recomendaciones, que indudablemente brindarán ventajas ecológicas y económicas al productor de estos cereales.

TABLA 1. Especies parasitoides, depredadores y entomopatógenos de *Spodoptera frugiperda*, según datos del Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

Huesped	Agentes benéficos
<i>Spodoptera frugiperda</i> :	
Parasitoides	De huevos: <i>Chelonus insularis</i> Cresson (Hymenoptera: Branconidae) <i>Telenomus</i> pos. <i>remus</i> Nixon (Hymenoptera: Scelionidae)
	De larvas: <i>Meteorus laphygme</i> viereck (Hymenoptera: Branidae) <i>Apanteles</i> sp. (Hymenoptera: Branconidae) <i>Eiphosoma</i> sp. pos <i>viticola</i> Cresson (Hymenoptera: Ichneumonidae) <i>Exasticolus fuscicornis</i> (Cameron) (Hymenoptera: Branconidae) <i>Euplectrus planthypenae</i> Howard (Hymenoptera: Eulophidae) <i>Winthemia rufopicta</i> (Bipot) (Díptera: Tachinidae) <i>Winthemia</i> sp. pos. <i>sinuata</i> Renhard (Díptera: Tachinidae) <i>Incamiya</i> sp. (Díptera: Tachinidae) <i>Eucelatoria</i> sp. (Díptera: Tachinidae) <i>Gonia crassicornis</i> (F.) (Díptera: Tachinidae) <i>Acroglossa vetuca</i> Rein (Díptera: Tachinidae) <i>Lespesia archippivora</i> (Riley) (Díptera: Tachinidae) <i>Sarcophaga</i> sp. (Díptera: Sarcophagidae)
	De pupas: <i>Archytas marmoratus</i> Townsend (Díptera: Tachinidae) <i>Archytas</i> sp. (Díptera: Tachinidae)
Depredadores	<i>Hippodamia convergens</i> Guerin-Maneville (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Cycloneda sanguinea</i> L. (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Zelus</i> spp. (Hemiptera: Raduviidae) <i>Polistes</i> spp. (Hymenoptera: Vespidae) <i>Polybia</i> spp. (Hymenoptera: Vespidae)
Entomopatógenos	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Nomuraea rileyi</i> (Farlow) Sampson. (Moniliales: Moniliaceae) Virus poliédrico nuclear <i>Steinernema carpocapsae</i> Weiser <i>Hexameritis</i> sp.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **García, R. F.** 1989. Plagas del maíz y su manejo. En: Cereales de consumo maíz y sorgo. Asiava, ICA, Fenalce. p. 81-84.
2. **León, M.G.** 1989. Control natural del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* y perspectivas para su manejo. En: Cereales de consumo maíz y sorgo.
3. **Instituto Colombiano Agropecuario-ICA-1980-1982.** Informe de actividades Programa de Entomología (material mecanografiado).
4. ————. 1975-1992. Notas y noticias entomológicas. Programa de Entomología (Material mecanografiado).

EL CUCARRO *Eutheola bidentata* (BURMEISTER) (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE). PLAGA DE LA RAÍZ EN MAÍZ Y SORGO

Guillermo Sánchez Gutiérrez* • Norma Constanza Vásquez Naranjo**

Este insecto se ha constituido en limitante para el desarrollo de cultivos como arroz, maíz y sorgo en los períodos iniciales de dichos cultivos, en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Meta, Caquetá y Putumayo. El daño es mucho mayor que el ocasionado por *Phyllophaga*, *Cyclocephala* y aun *Dyscinetus*, consideradas como plagas del suelo.

DISTRIBUCIÓN

El género *Eutheola* se encuentra distribuido en Norte, Centro y Sur América. En Colombia, según Posada (1989) y Vélez (1989), se conocen las especies *E. bidentata*; *E. sp. humilis* pob., *E. basalis* (G. y P) y *Eutheola* sp.

Las larvas del cucarro, así como las de otros coleópteros, Scarabaeidae introducidos o nativos, prefieren alimentarse de raíces fibrosas. *Eutheola*, en sus diferentes estados, se ha encontrado en los primeros 10 cm de profundidad del suelo, dependiendo del contenido de humedad de éste. Durante la fase migratoria, los adultos realizan daños de importancia económica en cultivos pre-establecidos de pastos, sorgo, maíz y arroz, cortando las plántulas debajo de la superficie del suelo.

En cultivos ya establecidos de caña panelera, yuca, malanga y pseudotallo del plátano, ocasionan perforaciones en el pseudotallo, facilitando la penetración de otros patógenos que causan pudriciones posteriores, marchitez y secamiento de la parte aérea de las plantas (Vásquez y Sánchez, 1989).

* IA PhD. Sección Entomología. Grupo multidisciplinario de Sorgo. CI Nataima. A. Postal 40. Espinal, Tolima.

** IA Creced Tolima Norte AA 527. Ibagué, Tolima.

DISPERSIÓN

Su mayor medio de dispersión es el vuelo de adultos, grandemente motivado por la atracción hacia los focos luminosos durante la noche. El vuelo puede cubrir uno o varios kilómetros, dependiendo de la intensidad de luz; comportamiento que debe tenerse en cuenta para detección del inicio de migración y establecimiento de métodos de control. También de importancia para llevar movimiento de poblaciones y la acción de los agentes benéficos sobre el insecto plaga. La población que ataca el cultivo, generalmente es una población formada fuera del área a sembrar. Esta se establece en praderas, barbecho u otro nicho ecológico apropiado para el desarrollo de los diferentes estados inmaduros. En gramas del genero *Paspalum*, praderas de *Brachiaria* spp y guadilla (*Homolepsis aturensis*), Vásquez y Sánchez, en 1990, detectaron altas infestaciones de estados inmaduros, las cuales se relacionaron con los meses de mayor a menor emergencia de adultos, logrando prevenir al agricultor para evadir el ataque o modificar su sistema de control además del uso de trampas de luz.

BIOECOLOGÍA DEL INSECTO

Aspectos bioecológicos del insecto han sido estudiados en los departamentos del Meta, Caquetá y Córdoba. La duración de cada estado está estrechamente influenciada por la forma de preparación del suelo, duración del cultivo y factores climáticos, principalmente la temperatura y precipitación. Caraballo y Salgado (1987) en Córdoba, así como Vásquez y Sánchez (1990) en el Caquetá, establecieron su ciclo bajo condiciones de laboratorio, con variaciones bastante grandes, como se puede observar en la Tabla 1.

TABLA 1. Ciclo de vida de *Eutheola bidentada* (Burmeister) bajo condiciones de laboratorio para Monteria y Caquetá.

Estado	Duración en días	
	Caquetá	Córdoba
Huevo	9.5 ± 3.2	6.6
Larva (3 instares)	160. ± 12.6	37.0
Pupas	24.7 ± 11.2	14.0
Adulto Macho	36.2 ± 22.9	18.8
Hembra	42.5 ± 31.4	18.8

Estas variaciones en cada estado de desarrollo, para las diferentes localidades, están estrechamente relacionadas con el alimento y factores ambientales propicios o no.

Además de conocerse la biología en laboratorio, es necesario definir el comportamiento de estos estados, bajo condiciones de campo, como se muestra en la Figura 1, para las zonas del Caquetá. Este comportamiento permite hacer modificaciones en las fechas de siembras para los diferentes cultivos anuales o semestrales y modificaciones en sus sistemas de control.

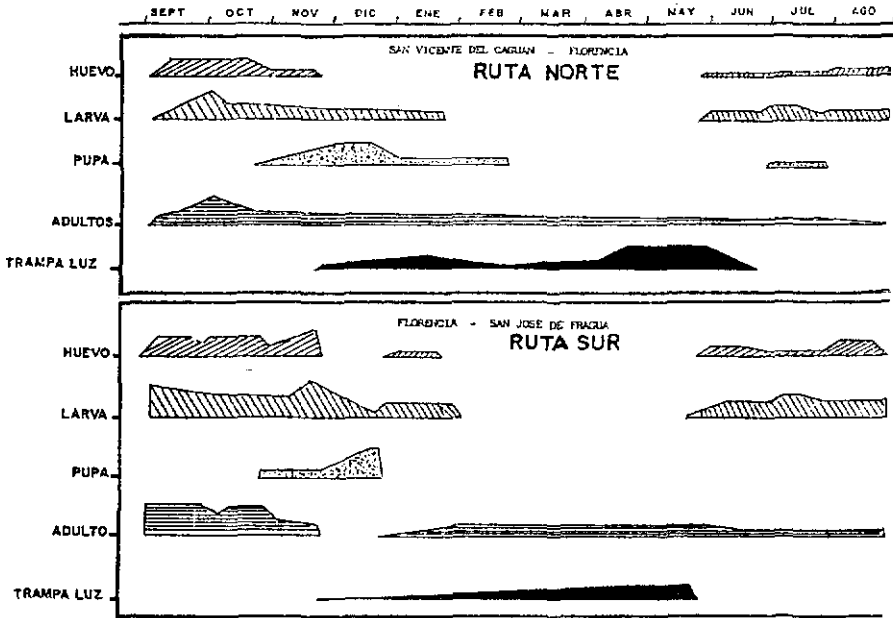


FIGURA 1. Ciclo biológico de *Eutheola bidentata* en Campo.

Como anteriormente se relacionó, el daño más severo es el realizado por el adulto durante su proceso migratorio. Para las diferentes zonas se tiene establecido que, durante el primer semestre del año, el adulto inicia su proceso migratorio a partir del mes de mayo hasta mediados de julio y, en el semestre B, de septiembre a principios de diciembre. Existen zonas donde este proceso sucede en períodos más cortos con mayor abundancia de adultos, lo cual en muchos casos hace que el cultivo sea sembrado nuevamente, aumentando los costos de producción.

TÉCNICAS DE MUESTREO

1. *Trampas de luz.* Son las más eficientes y atractivas para capturar adultos de cucarzo. Se pueden usar dos tipos: una en base a ACPM, de fácil manejo y bajos costos. Otra con base en luz eléctrica, la cual limita su uso solamente a aquellas áreas donde se tiene energía.
2. *Muestreos de estados inmaduros.* Técnica para detectar infestaciones por medio de huevos, larvas o pupas, la cual es importante para observar el movimiento poblacional a través del tiempo.

ENEMIGOS NATURALES

Bajo condiciones naturales, el insecto está regulado por diferentes organismos benéficos, los cuales pueden presentar mortalidad hasta de 12.5% en huevos, 56.5% en larvas y 12.5% en pupas, de acuerdo con los estudios realizados por 4 años en el Caquetá por Vásquez y Sánchez (1990).

Entre los organismos benéficos más importantes se registraron los nematodos, siendo el *Hexameris* sp (Mermithidae), el mayor agente controlador, como se muestra en las Figuras 2 y 3. En menor proporción se encontró la presencia de nematodos de la familia Steinernematidae.

Los otros microorganismos patogénicos detectados fueron: la enfermedad "azul" causada por la *Rickettsia rickettsiella* sp; el hongo *Metarhizium anisopliae* y bacterias del género *Bacillus* atacando los diferentes estados larvales.

La acción de estos patógenos está estrechamente relacionada con la humedad del suelo y su temperatura.

En un menor porcentaje, se registró la presencia del parásito de larvas *Tiphia* sp, perteneciente a la familia Tiphidae del orden Hymenoptera.

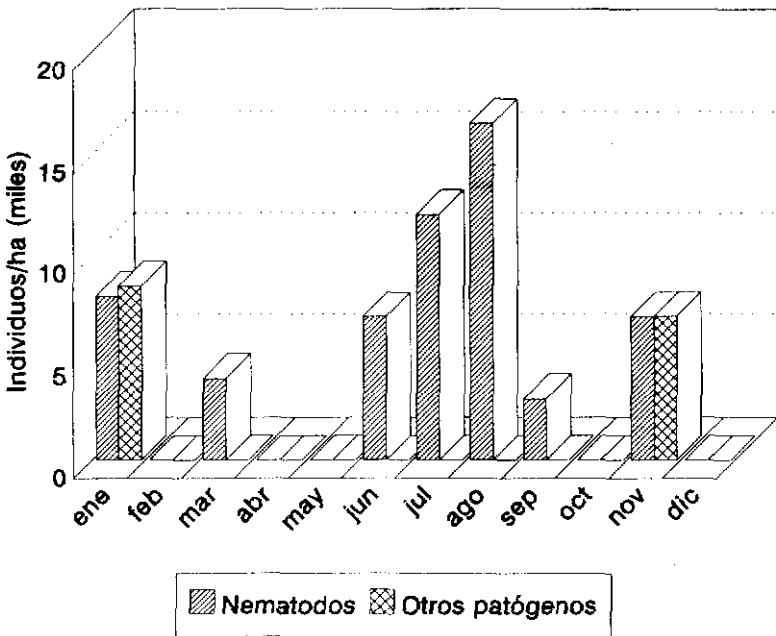


FIGURA 2. Promedio por hectárea del nematodo *Hexameris* sp y otros patógenos para la zona norte del Caquetá 1989.

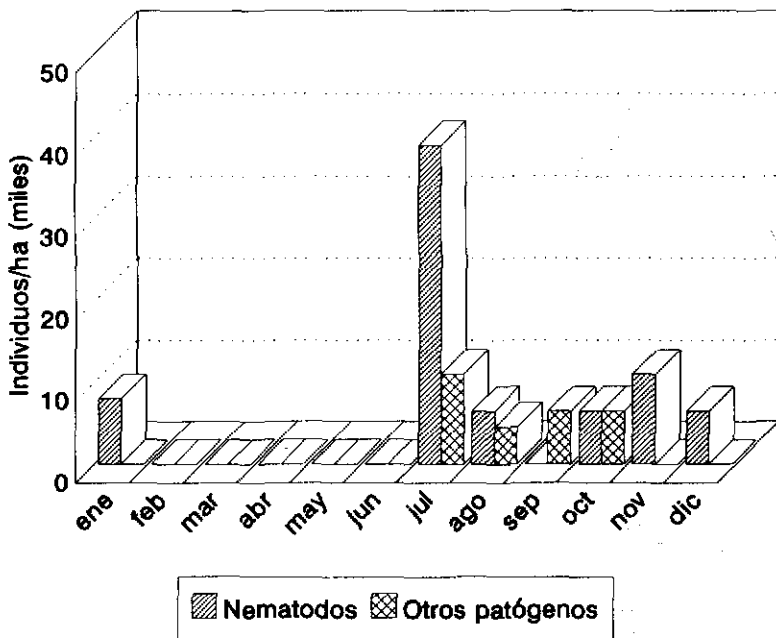


FIGURA 3. Promedio por hectárea del nematodo *Hexameris* sp y otros patógenos para la zona sur del Caquetá 1989.

SISTEMA DE MANEJO DEL CUCARRO

Para cultivos a establecer en primero y segundo semestre se hace énfasis en la utilización del ciclo biológico en campo, el cual va a permitir establecer fechas de siembra adecuadas y dar un buen manejo cultural antes y en el momento de la siembra.

Para un mejor entendimiento del sistema de manejo para el cucarro en una zona determinada, se divide el cultivo en dos partes:

1. Manejo del cultivo a partir del momento de la siembra. Cada uno de los pasos a tener en cuenta se muestra gráficamente y en concatenación en la Figura 4.
2. En la Figura 5, se diagrama la forma como se debe manejar el ataque de cucarro y los muestreos iniciales cuando no se realizan las labores culturales.

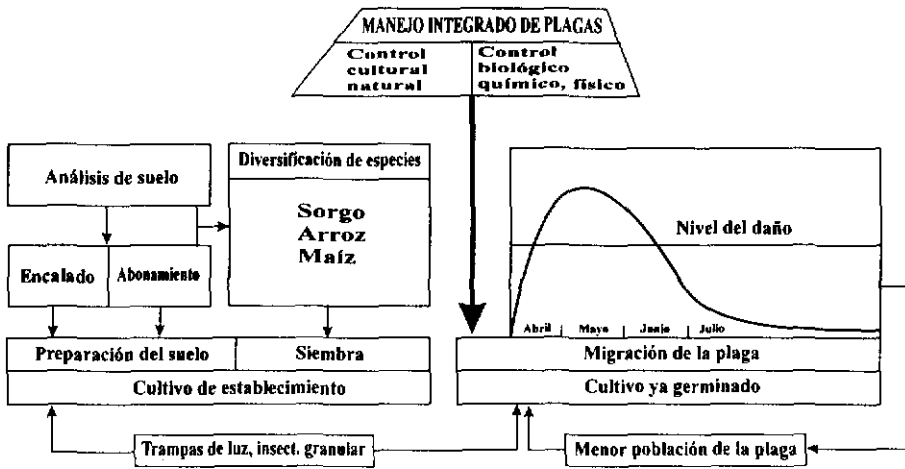


FIGURA 4. Esquema de integración de medidas para manejo de cucarro en cultivos.

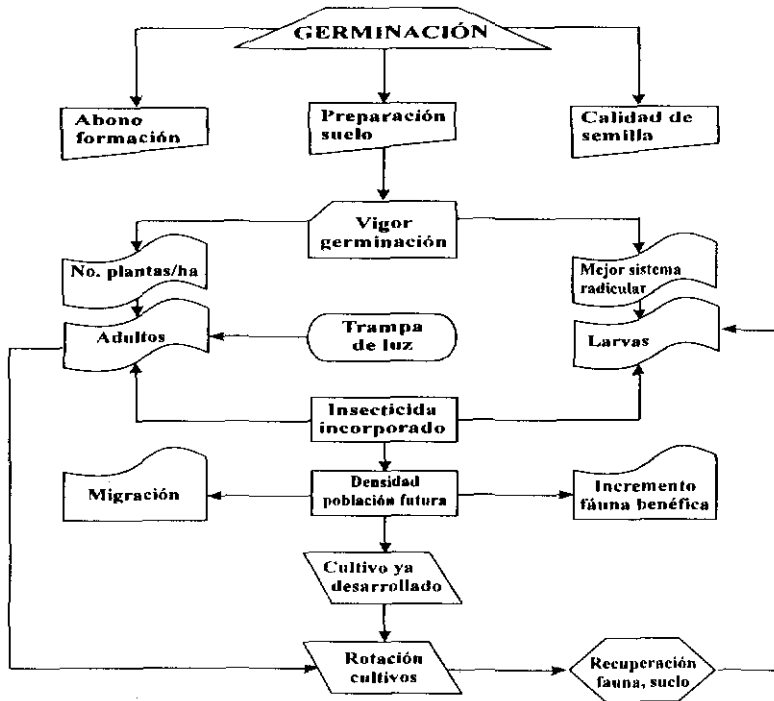


FIGURA 5. Cultivo establecido.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Caraballo Bagett y M.A. Salgado Chica.** 1987. Ciclo de vida y fluctuación poblacional de *Eutheola bidentata* (Burmeister). Universidad de Córdoba. Montería (Tesis ingeniero agrónomo). 32p.
2. **Posada, O.L.** 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 4a ed. Bogotá, ICA. 662p. Boletín Técnico No. 43.
3. **Vásquez, N.C. y Sánchez, G.G.** 1990. Bioecología del cucarro (*Eutheola bidentata*) (Burmeister). (Coleoptera: Scarabaeidae) en el Caquetá. En: Seminario Nacional de Investigación y Control de cucarro *Eutheola bidentata* (B). Memorias. Florencia. 25-26 de octubre/90. p. 1-28.
4. **Vásquez, N.C. y Sánchez G.G.** 1989. El cucarro "La plaga más importante en el Caquetá". ICA-SENA. Boletín Técnico No. 89. 12p.
5. **Vélez, A.R.** 1989. Catálogo del museo de entomología "Francisco Luis Gallego". Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín. Medellín. p 87.

42573

ESTUDIOS DE RESISTENCIA DE MAÍZ A *Sitophilus zeamais* MUTSCH (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

*Luis Armando Castro Ortega**

Desde cuando el hombre comenzó a almacenar productos, ha tenido problemas para su protección. Estos males cada día se acentúan porque el incremento en los rendimientos de las cosechas y su industrialización obligan a almacenarlos por períodos más largos.

Sitophilus zeamais (Mutsch), o gorgojo de los granos de maíz, es un insecto de gran importancia económica. Se lo considera como uno de los más destructivos en todo el mundo. En estados de adulto y larva causa grandes pérdidas anualmente al maíz y a otros cereales almacenados. A pesar de los éxitos espectaculares de resistencia vegetal a plagas que menciona la literatura, este componente del manejo integrado de plagas no se ha tenido en cuenta en las estrategias de control de las plagas que atacan a los granos del maíz almacenado. En este sentido, (Horber 1987) destaca que los estudios de resistencia a plagas de almacén no han tenido la misma dedicación de esfuerzo que los enfocados a buscar altos rendimientos, adaptación a diferentes áreas agroecológicas y resistencia a plagas de campo. Es así como tradi-



FOTOGRAFÍA 5. Daño por *Sitophilus zeamais* o gorgojo de los granos del maíz.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

* Grupo de Sorgo CI Motilonia, Apartado Postal 021, Codazzi, departamento del Cesar.

cionalmente estos problemas han tratado de resolverse mediante el control químico, medida que resulta desventajosa por los altos costos, el exceso de mano de obra y los efectos nocivos que genera su uso. Esta situación plantea la necesidad de contar con genotipos de utilidad para el hombre por su valor nutritivo y gustativo, pero que no sean de igual manera atractivos para los insectos. Así lo requiere el nuevo enfoque de agricultura sostenible, sobre todo en países que como el nuestro han tenido una alta dependencia del control químico.

Para el estudio de resistencia a plagas de almacén se han venido utilizando varios criterios. Eden (1952) y Dobic (1977) emplearon la cobertura de la mazorca. Vanderschaaf *et al.* (1969) aplicaron un % de susceptibilidad, el cual consistía en dividir la progenie de cada genotipo, sobre la progenie del material utilizado, como testigo susceptible y el resultado se multiplicaba por 100. Dobic (1974) generó un índice de susceptibilidad, el cual proviene de obtener el logaritmo natural del resultado de dividir el número de progenies del período promedio de desarrollo multiplicado por 100. Betanzos (1980) y Widstrom *et al.* (1972) sugirieron la pérdida de peso, como la mejor variable, por reflejar un impacto económico directo. Otras variables sugeridas han sido: la progenie, la mortalidad y el peso de los gorgojos. Como posibles fuentes de resistencia se ha señalado el pericarpio (Schoonhoven *et al.*, 1972; y Gómez *et al.*, 1983), dureza y azúcar (Singh MacCain 1963; Villacis 1979), proteínas (Villacis 1979); la amilasa (Rhine y Staples 1968), los ácidos berúlico y p-coumárico (Serratos *et al.* 1979 y Classen *et al.*, 1990).

Como metodología para determinar la resistencia a plagas de almacenamiento se han realizado fundamentalmente dos tipos de pruebas: la elección libre y la no elección o confinamiento. En la primera se les ofrece a los insectos diferentes materiales para que estos elijan su alimentación. Esta situación simula lo que podría suceder en campo sembrado con diferentes materiales. En la segunda, se obliga a los insectos a alimentarse de un sustrato específico, en donde el desarrollo y supervivencia va a estar en función de que éstos consuman o no el alimento que se les brinda. Aplicando estas dos pruebas, se realizó un trabajo encaminado inicialmente a determinar resistencia y unas observaciones para determinar preferencia del *Sitophilus zeamais* a la oviposición en 30 genotipos de maíz del Banco de Germoplasma del Cimmyt. De igual manera se estableció la relación entre el contenido proteínico de los granos con las variantes utilizadas en este experimento.

En estos trabajos es pertinente considerar que el nivel de resistencia de un genotipo cualquiera se define en términos de otros generalmente más susceptibles. Esto supone que cualquier clasificación, en cuanto a grados de resistencia o susceptibilidad concierne, puede resultar subjetiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pruebas de confinamiento

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó una cámara de cría en condiciones controladas (26 + 1°C + y 70 + 5% de humedad relativa).

En las Tablas 1, 2 y 3 se relacionan los genotipos incluidos en esta investigación. Estos maíces se introdujeron durante 10 días en un congelador a -10°C para eliminar infestaciones de campo. La humedad fue homogeneizada entre 12 y 13%. Las muestras en esas condiciones se mantuvieron en cámara de cría durante tres semanas. Simultáneamente se obtuvo una cría de *S. zeamais* en la variedad de maíz, cacahuacintle, haciendo uso de 60 insectos progenitores de edad y sexo desconocido por cada 200 granos de maíz. Diez días después, cuando se obtuvo oviposición suficiente, se retiraron los insectos progenitores. Luego, se tomaron 400 gramos de cada genotipo, los cuales se dividieron en submuestras de 100 gramos y se colocaron en frascos de 0.5 litros de capacidad, cuya tapa (de rosca) tenía una perforación para permitir la ventilación. Por cada 100 gramos se confinaron 20 insectos de una a tres semanas de edad y sin sexar. Las muestras se colocaron en un diseño experimental de bloques completamente al azar. A partir de 14 días (cuando se retiraron los insectos progenitores) se realizó un muestreo cada mes, hasta cumplir 104 días de confinamiento. En cada inspección se registró la pérdida de peso, el peso de "harina" producida por el daño, el total de adultos vivos y muertos y el % de granos dañados (esta variable se registró solo en el muestreo 3).

TABLA 1. Genotipos de maíz, adaptados a áreas tropicales, utilizados para evaluar su resistencia a *S. zeamais*.

No. *	Genealogía	Origen	Textura	
1	Poza Rica	8761	TL88B-4340	Cristalino
2	Across	8762	TL89B-6E27	Cristalino
3	Nyankpala	8763	TL89B-6317	Dentado
4	Across	8763	TL89B-6328	Dentado
5	Across	8764	TL89B-6321	Dentado
6	Across	8664	TL89B-1351	Semi-cristalino
7	Across	8664	TL89A-1351	Dentado
8	S86PISQ		PR88-5336	Cristalino
9	S86PISQ		PR87A-347	Dentado
10	S86PISQ		PR888-6337	Dentado
11	SF587P23Q		PR888-348	Cristalino
12	S86300Q		PR89B-6314	Dentado y Cristalino
13	S89345Q		PR89B-5314	Dentado
14	Ejura (1)	7843Q	PR89A-333-1	Suave (Harinosos)

* Número que identificó a cada genotipo en los experimentos.

TABLA 2. Genotipos de maíz, con alto contenido proteínico, adaptados a áreas subtropicales, empleado para evaluar su resistencia a *S. zeamais*.

No.*	Genealogía	Origen	Textura
15	Tlaltizapán 8667	TL88B-6347	Cristalino y smi-cristalino
16	S8668Q	TL87A-1356	Dentado
17	Across 8569	TL87A-1356	Cristalino
18	Tlaltizapán 8670	TL87A-6324	Dentado
19	S89S545Q	TL89B-6313	Cristalino y dentado
37	Cacahuacitile ²		Dentado-harinoso
18	Palomero ³	Mercadeo público	Cristalino-reventador

* Número que identificó a cada genotipo en los experimentos.

2 Testigo susceptible

3 Testigo resistente

TL = Tlaltizapán

TABLA 3. Líneas con diferentes grados de endocria de poblaciones de maíz, con alto grado proteínico, adaptadas a áreas tropicales utilizadas para evaluar su resistencia a *S. zeamais*.

No.*	Genealogía	Origen	Textura
20	P1 Dfa 1'90	PR89B-5308	Cristalino
22	P3 Dfa 2'90	PR89B-5304-3	Cristalino
23	P4 Dfa 1'90	PR89B-5304-11	Cristalino
25	P6 Dfa 1'90	PR89B-5308-17	Cristalino
26	P7 Dfa 1'90	PR89B-327-335	Cristalino
30	P11 Dfa 1'90	PR89B-5304-142	Dentado
31	P1 Dfa 2'89	PR89B-5306-39	Cristalino
35	P5 Dfa 2'89	PR89B-5306-40	Dentado
36	B25C22MH5 - 1 - 2 - b	PR89B-5303-128	Cristalino

* Número que identificó a cada genotipo en los experimentos.

P= Población

C= Pool

PR = Poza Rica

En cada genotipo se determinó: el porcentaje de proteína mediante el método autoanalizador de Technicon 2 y el porcentaje de triptófano a través del método de Opienska Blauth, modificado por Hernández. Para la determinación de lisina, se usó un analizador de aminoácidos marca Bekman 120 c. Estas metodologías fueron descritas por Villegas *et al.*, 1985.

PRUEBAS DE LIBRE ELECCIÓN

Se tomaron 15 gramos de cada genotipo. Estos se colocaron en cajas de petri y llevados a unos recipientes circulares metálicos (tintas) de 80 cm de diámetro y 15 de altura. Las muestras se distribuyeron alrededor de las tintas, en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. En el centro de la estructura se pusieron 450 insectos a gramos de maíz en la proporción de 1:1. Estas pruebas tuvieron una duración de 10 días. Al transcurrir ese lapso, se registró el número de insectos por granos, por oviposiciones por grano y el porcentaje de granos ovipositados. Para la determinación de las oviposiciones se siguió el procedimiento propuesto por Frankenfeld (1948), citado por Horber, 1987.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas de confinamiento

En el primer muestreo (a 44 días de la infestación inicial) la variable pérdida de peso del grano osciló entre 3.75 y 1.25%. (Figura 1). Solamente el genotipo 14 presentó diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Turkey. (P62 0.05). En los demás materiales se detectaron diferencias tan bajas que impidieron hacer una discriminación de su resistencia. Esta variable fue la misma que sugirieran otros autores como la mejor prueba por mostrar el impacto económico directo del daño de insectos de granos almacenados (Betanzos *et al.*, 1980 y Widstrom *et al.*, 1978).

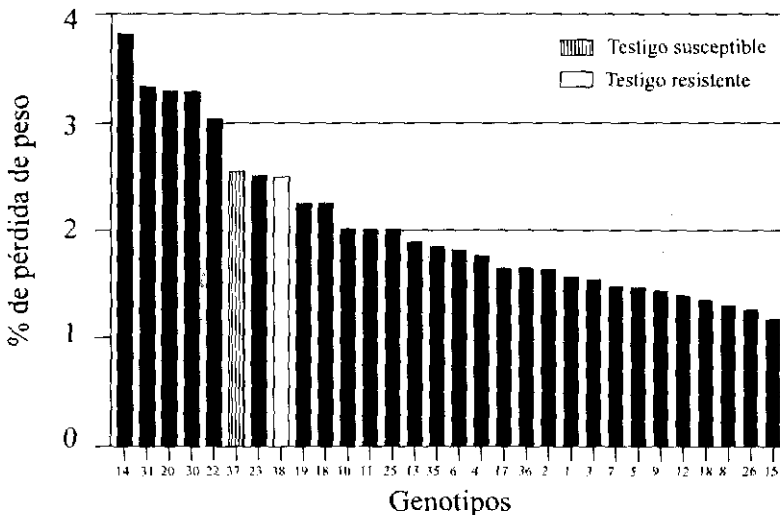


FIGURA 1. Por ciento promedio de pérdida de peso, inducida al cabo 44 días (muestreo 1) por *S. zeamais* confinados en 30 genotipos de maíz por resistencia.

Con respecto a las variables adultos vivos y peso de "harina", también se destacó el genotipo 14, con diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$ Prueba de Tukey). En esta etapa del experimento, la variable insectos muertos solo apareció en los genotipos 23 y 4, pero a niveles muy bajos.

En el muestreo 2, (a 74 días de la infestación inicial), se observó un agrupamiento más claro entre los genotipos que al final resultaron con niveles relativos de resistencia y con relación a la mayoría de los genotipos evaluados. En las variables peso de "harina" y total de adultos vivos, el genotipo 14 volvió a presentar diferencias estadísticas significativas (según prueba de Tukey, $P > 0.050$).

Para el muestreo 3, (a 104 días de la infestación inicial), las pérdidas de peso estuvieron entre 42.6 y 9.51%, habiendo sobresalido como los más susceptibles los genotipos 14, 30 y 31, con pérdidas de peso de 136, 53 y 41% más altas que el genotipo susceptible. Los genotipos 26, 15 y 9 perdieron 39.9, 22.7 y 18.6% menos que el testigo resistente. En consideración a esos márgenes de pérdidas, fueron catalogados como resistentes. La Figura 2 muestra los valores promedio de la variable adultos vivos. Estos oscilaron entre 885 y 79 insectos, correspondiendo respectivamente a los genotipos 14 y 26. En esta etapa se presentó el mayor valor de insectos muertos, siendo los genotipos 26 y Palomero los que estuvieron asociados a mayor porcentaje de mortalidad, con valores promedios de 10.25 y 5.10%, respectivamente. (Figura 3). Al considerar todas las variables, el primero de estos genotipos se mostró como el más resistente a partir del segundo muestreo.

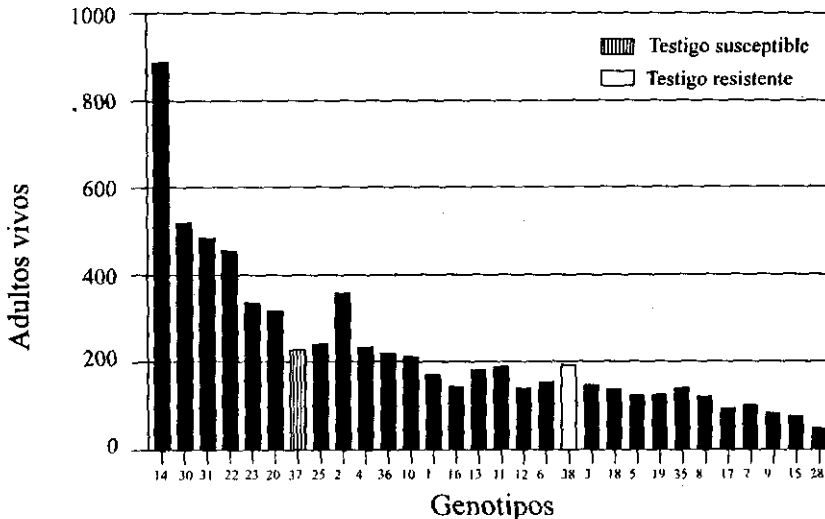


FIGURA 2. Por ciento promedio de pérdida de peso, al cabo de 104 días (muestreo 3) en 30 genotipos de maíz evaluados por su resistencia a *S. zeamais* en pruebas de confinamiento.

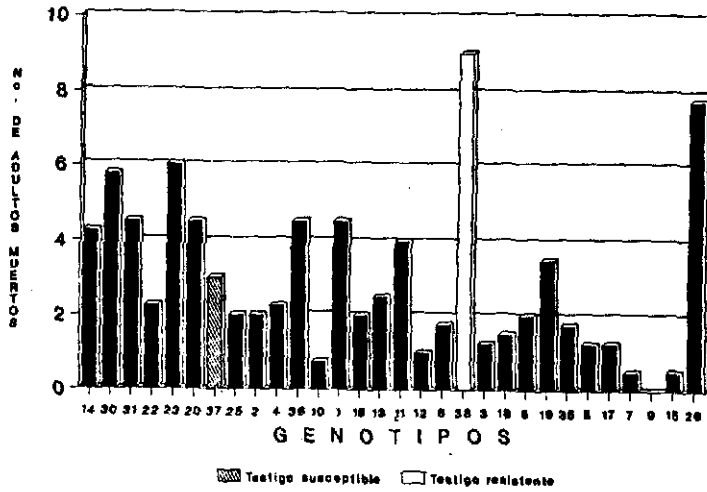


FIGURA 3. Promedio de adultos de *S. zeamais* muertos, producidos al cabo de 104 días (muestreo 3) en 30 genotipos de maíz evaluados por su resistencia en pruebas de confinamiento.

La Figura 4, señala el comportamiento de los genotipos estudiados respecto a las variables pérdidas de peso y porcentaje de granos dañados. La relación que se observa es directa, con ligeras desviaciones en algunos genotipos, lo cual es atribuible a diferencias en la intensidad del daño que sufren algunos maíces. Por lo tanto, es cuestionable el uso de esta variable aislada, si no se complementa con otras. Sin embargo, puede ser de utilidad cuando se evalúen materiales para conservación de semillas, en donde no interese tanto la pérdida de peso como el número de granos sanos.

La Tabla 4, muestra las correlaciones entre las variables estudiadas y el contenido proteínico en todos los materiales. Los aminoácidos, lisina y triptofano en proteína y en la muestra, no se correlacionaron con la pérdida de peso, porcentaje de granos dañados, peso de "harina", ni con el total de adultos vivos. Estos resultados coinciden con los de Singh y MacCain (1963). Relativo al número de insectos con *Sitophilus oryzae*, la falta de correlación no descarta la influencia que puede tener la proteína (y sus aminoácidos), como fuente nutritiva de los gorgojos adultos. No se encontró correlación entre los parámetros, pérdida de peso y peso de "harina", con proteína, lo cual concuerda con los resultados de Betanzos (1980). Esto muestra que existe la posibilidad de obtener maíces con buen contenido de proteínas y al mismo tiempo con características de resistencia a *S. zeamais*.

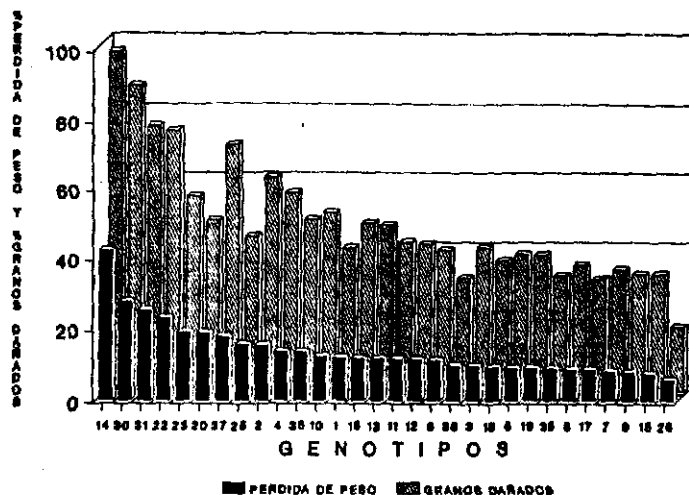


FIGURA 4. Porcentaje de granos dañados y de pérdida de peso (x) al cabo de 104 días (muestreo 3) en 30 genotipos de maíz evaluados por su resistencia a *S. zeamais* en pruebas de confinamiento.

El número de adultos indicó correlación positiva (al 1% de probabilidad estadística) con la proteína. Esto podría significar que un alto contenido de proteína generó un efecto de antibiosis, el cual se reflejó en mortalidad de adultos.

TABLA 4. Correlaciones entre las variables pérdida de peso, porcentaje de granos dañados, total de adultos, adultos muertos y contenido proteínico en 30 genotipos de *S. zeamais* en pruebas de confinamiento.

Variables	% Pérdida de peso	Granos dañados	Peso de harina	Total adultos	Adultos muertos
Proteína	0.03	-0.10	-0.001	0.9	0.44**
Triptófano/ muestra	-0.09	-0.10	-0.18	-0.03	-0.38*
Triptófano/Proteína	-0.13	-0.04	-0.17	-0.12	-0.57**
Lisina/muestra	0.22	0.08	0.12	0.25	0.01
Lisina/proteína	0.19	0.15	0.15	0.17	0.30

* Significativo a 5% de probabilidad estadística.

** Significativo a 1% de probabilidad estadística.

En relación con las pruebas de libre elección, se encontró que los genotipos con mayor número de oviposiciones por grano fueron el 14 y el 30, los cuales recibieron 18.66 y 9.74% más oviposiciones que el testigo susceptible y 233.6 y 257.9% más que el testigo resistente.

Coincidentalmente, estos dos genotipos fueron los que presentaron un nivel de susceptibilidad más alto en relación a la pérdida de peso en las pruebas de confinamiento. Los genotipos 6 y 36 presentaron menor número de oviposiciones por grano en cantidades de 69.3 y 71% más que el testigo susceptible y 7.5 y 12.6% menos que el resistente.

La variable adultos por grano se tomó para observar la atracción de *S. zeamais* por los diferentes maíces. Los resultados indican que los genotipos 30 y 22 atrajeron mayor número de insectos por grano. Estos fueron dos de los cuatro genotipos que tuvieron la mayor pérdida de peso en las pruebas previas de confinamiento. Entre los menos atractivos se destacaron el 9, 19, 17, 36, 35 y el 26. Estos genotipos, en las pruebas anteriormente señaladas, tuvieron la más baja pérdida de peso.

Al comparar los genotipos 30, 22, 4, 18 y 31 con el 14 (Figura 5), se observó que, no obstante el mayor número de insectos atraídos por los primeros, éstos fueron superados en número de oviposiciones por el segundo. Esta situación impide concluir que la presencia de adultos en cada muestra coincide con su preferencia hacia la oviposición, aunque en ciertos genotipos se mantenga una relación estrecha entre variables.

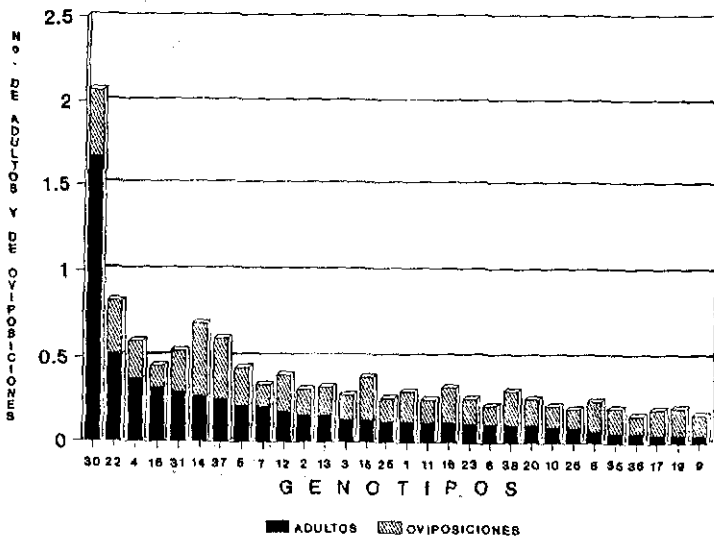


FIGURA 5. Adultos y oviposiciones (x) por grano, de *S. zeamais* en 30 genotipos de maíz utilizados para determinar preferencia por la oviposición. Pruebas de libre elección.

Entre los genotipos con mayor porcentaje de granos ovipositados se destacaron el 14, el 30 y el 22 (Figura 6) que tuvieron 3.48, 2.9 y 2.3 veces más granos ovipositados que el testigo resistente (Palomero). Los que mostraron menor porcentaje de granos ovipositados fueron el 6, el 26 y 18. Todos sufrieron daños ligeramente inferiores al Palomero en el orden del 21.9, 15.3 y 7.5, respectivamente.

De un análisis conjunto entre las variables, porcentaje de granos ovipositados y de oviposiciones por grano, se desprende que en la mayoría de los genotipos los de mayor número de oviposiciones tuvieron mayor porcentaje de granos ovipositados y viceversa. Esto parece indicar una tendencia del insecto a colocar un huevo por grano, al menos durante los diez días que estuvieron expuestas las muestras. El uso de estas variables no es recomendable para concluir que existe resistencia, porque ignora qué pueda pasar con los huevos, larvas y también el efecto que los diferentes materiales tengan en la mortalidad, fecundidad y fertilidad de los insectos que lleguen a adultos. Dobbie (1974) coincide con esta apreciación al no encontrar evidencias que le permitieran relacionar el número de huevos dejados por los insectos con la susceptibilidad y por el desconocimiento de los factores que operan después de la oviposición.

Las correlaciones resultaron estandarísticamente no significativas.

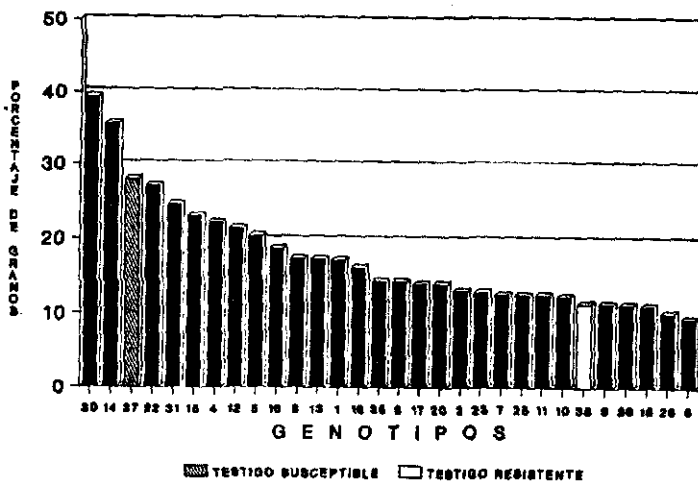


FIGURA 6. Porcentaje de granos con oviposturas (x) de *S. zeamais* en 30 genotipos de maíz utilizados para determinar preferencia por la oviposición. Pruebas de libre elección.

La Tabla 5 muestra que no hubo correlación entre las variables estudiadas con las que aluden al contenido proteínico. Por lo tanto, se afirma que el porcentaje de proteína y su calidad (lisina y triptófano) en las muestras, no tuvieron influencia en la preferencia del insecto para ovipositar en uno u otro genotipo.

TABLA 5. Correlaciones entre las variables: oviposiciones por grano, porcentaje de grano ovipositado y contenido proteínico en 30 genotipos de maíz evaluados por preferencia a *S. zeamais* en pruebas de libre elección.

Variables	Oviposiciones por grano	Adultos por grano	% de granos ovipositados
Proteína	-0.28	-0.06	-0.28
Triptófano/muestra	-0.23	-0.08	-0.25
Triptófano/proteína	-0.01	0.12	-0.02
Lisina/muestra	-0.01	0.06	-0.15
Lisina/proteína	0.16	0.11	0.15

CONCLUSIONES

Las pruebas cortas de confinamiento (muestreo 1), solo permitieron determinar la tendencia general de los genotipos de maíz frente al ataque de *S. zeamais*.

Las pruebas aproximadas de duración a dos ciclos biológicos (Muestreo 2), confirman tendencias generales y señalan algunas particulares, pero tampoco deben admitirse como concluyentes. El análisis de la información, después de tres generaciones (Muestreo 3), fue lo mínimo necesario para expresar conclusiones válidas en la mayoría de los genotipos.

Los genotipos 14, 30 y 31 fueron los más susceptibles y el 26,15 y el 9 los que resultaron con niveles más altos de resistencia.

La proteína se correlacionó positivamente (al 1% de significancia estadística) con el número de insectos muertos. Este hecho sugiere un efecto general de antibiosis.

La proteína, el triptófano y la lisina, no se correlacionaron con la pérdida de peso, así como tampoco con el número de adultos vivos. Esto indica que es factible mejorar los contenidos de altos elementos químicos del maíz, sin correr altos riesgos de seleccionar por susceptibilidad a *S. zeamais*.

Las pruebas de libre elección mostraron que los genotipos más preferidos fueron: Ejura (1), 7843Q, P11 Día 1'90, Cacahuachintle y P3 Día 2'90. Igualmente estos tuvieron el mayor porcentaje de granos dañados: P11 Día 1'90 y P3 Día 2'90, atrajeron el mayor número de adultos.

Los genotipos B23C22MH5-1-2-b, Across 8765, P7 Día 1'90 y Palomero, fueron los menos preferidos para la oviposición y también los que tuvieron el

menor porcentaje de granos ovipositados. S86 P15Q3 y S8S545Q atrajeron el menor número de insectos adultos.

Durante el tiempo de exposición de las muestras, *Sitophilus zeamais* tuvo una tendencia a colocar un huevo por grano de maíz.

La proteína y sus aminoácidos, lisina y triptófano, no presentaron influencia en la preferencia de los insectos por oviposición. Tampoco en la atracción de adultos y en el porcentaje de granos ovipositados.

Para un análisis más completo de este tipo de investigaciones, podría ser necesario incluir otros factores, como la dureza y los contenidos de amilasa, fenoles y grasas en cada genotipo. Esto permitirá tener una explicación más clara de las propiedades del grano involucradas en la manifestación de resistencia y/o susceptibilidad al ataque del *S. zeamais*.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Betanzos, M.E.**, 1980. Selección de variedades de maíz de alta calidad proteínica por resistencia al picudo del *S. zeamais* (Motsch). I. Correlaciones entre características del grano e indicadores de resistencia. *Agricultura Técnica en México*. 6:45-46.
2. **Claseen, D., J.T. Arnason, Serratos, J.D.H., Lambert, C. Nozzolillo and B.J.R. Philogene.** 1990. Correlation of phenolic acid content of maize to resistance to *Sitophilus zeamais*. The maize Weevil, in Cimmyt's Collections. *J. Chem. Ecol.* 16 (2): 301-315.
3. **Dobie, P.** 1977. The contribution of the tropical stored products center to the study of insect resistance in stored maize. *Trop. Stored Prod. Inf.* 34:7-22.
4. ———, 1974. The laboratory assesment of the inherent susceptibility of maize varieties to postharvest infestation by *Sitophilus zeamais* (MOTSCH). (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* 10: 183-197.
5. **Eden, W.G.** 1952. Effect of husk cover of corn on rice weevil damage in Alabama. *J. Econ. Entomol.* 45 (3): 543-544.
6. **Horber, E.** 1987. Methods to detect and evaluate resistance in maize to grain insects in the field and in storage. pp.140-150. *In: Toward insect resistant maize for the third world: Proceeding of developing host plant resistance to maize insect.* Cimmyt, México.
7. **Gómez, L.A., J.G. Rodríguez, C.G. Poneleit, and D.F. Brake** 1973. Relationship between some characteristics of the corn kernel pericarp and resistance to the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 76 (4) 797- 800.
8. **Schoonhoven, A.V., E. Horber, R. Mills, and E. Wason.** 1972. Resistance in corn kernels to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motsch). Proceeding North Central Branch. E.S.A. Bull 27:108-109.
9. **Serratos, A., J.T. Aranson, C. Nozzolillo, J.D.H., Lambert, B.J.R. Pphiloe-ne, G. Fulcher, K. Davidson, L. Peacock, J. Atkinson and P. Morand.** 1987. Factor contributing to resistance of exotic maize population to maize weevil, *Sitophilus zeamais*, *J. Chem. Ecol.* 13 (4): 751-761.
10. **Singh, D.N., and F.S. Maccain** 1963. Relations-hip of some nutritional properties of corn kernel to weevil infestation. *Crop. Sci.* 3 (3): 259-261.

MAÍZ Y SORGO

11. **Vandershaaf, D., D. Wilbur and R.H. Painter.** 1969. Resistance of corn to laboratory infestation of larger rice weevil, *Sitophilus zeamais* (Motsch). (Coleoptera: Curculionidae). En 10 tipos de maíz con características contrastantes. SAG-ENA-CP. Tesis de Maestría en Ciencias, Chapingo, México, 32 p.
12. **Villegas, E., E. Ortega y R.Bauer.** 1985. Métodos químicos usados en el Cimmyt para determinar la calidad de proteína de los cereales. México 32 p.
13. **Widstrom, N.N., L.N. Redlinger and W.I. Wisner.** 1972. Appraisal of methods for measuring corn kernel resistance to *Sitophilus zeamais*, *J. Econ. Entomol.* 63 (3): 790-792.

BIBLIOTECA AGRONÓMICA
DE COLOMBIA

EL COMPLEJO DE INSECTOS DE LAS PANOJAS EN SORGO

Phanor Segura L.*

INTRODUCCIÓN

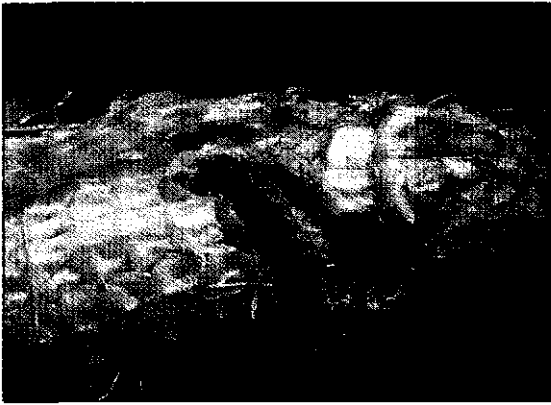
Durante mucho tiempo se ha tenido como modelo de plaga en el cultivo del sorgo el *Spodoptera frugiperda*, por ser esta plaga la de mayor constancia en cuanto a su presencia y la que siempre está requiriendo un manejo cuidadoso, necesiéndose en algunas ocasiones de su control químico. Es por esto que el enfoque de la investigación en Colombia hacia el manejo de los insectos-plagas en sorgo, también ha sido dirigido a conocer lo que más se requiera de esta especie para obtener un mejor y más acertado manejo en el campo.

Es cierto que los agroecosistemas están variando constantemente en tiempo y en espacio. Esto es lo que ha pasado en el cultivo del sorgo. Hace un tiempo, en el campo, los problemas en sorgo empezaban con el *Spodoptera frugiperda* como tierrero, o desde plántula, y terminaban con el *Spodoptera frugiperda* como cogollero. Todo lo que había que esperar era una buena floración y un buen desarrollo de las panojas.

Hoy se podría decir que los problemas empiezan verdaderamente con este gran complejo de la panoja encabezado por la mosca del ovario; a lo cual se suman, después de la formación del grano, masticadores importantes como *Pococera atramentalis*, donde según estudios una larva puede consumir 43 granos, *Dichomeris atramentalis* cuya larva puede dañar 21 granos, *Pleuroprucha asthenaria*, *Celama sorghilla* y *Sathrobrotia rileyi*. A este complejo de masticadores, se agrega *Paramixia carmelitana*, chinche de la familia Miridae que causa vaneamiento, encontrándose que aproximadamente 23 chinches por panícula pueden afectar 25% de la germinación. A esta clase de daño también se adicionan los causados por unas seis clases de chinches encabezados por *Oebalus poecilus* que ha sido registrado ocasionando daños graves. Otros grupos de plagas que también han sido señalados causando daños severos son *Spodoptera frugiperda* y *Heliothis* spp.

Lo más inquietante de todo este concepto es que en su mayoría estas plagas también están presentes en la mazorca del maíz y que en caso de recurrir

* Hoechst Colombiana S.A. AA 80188, Bogotá, Colombia.



FOTOGRAFÍA 6.
Daño por *Heliothis* spp.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

al control químico los controles no van a ser del todo satisfactorios por la ubicación de la mayoría de este complejo dentro de la panoja y la mazorca.

Es necesario anotar que un buen recurso que se tiene para el manejo de los insectos de la panoja son los enemigos naturales, los cuales son atraídos por las misma floración. Este grupo está conformado por predadores, como coccinelidos *Chrysopas*, reduviidos, arañas, *Orius tristicolor* y otros parasitoides con más especificidad como *Apanteles* sp., *Nemorillas angustipennis*, *Oedicephalus* sp. y *Apsylophrys* sp. *Trichogramma* spp. se presenta como el parasitoide más constante para muchas plagas de la panoja y es quizás una alternativa más que se debe tener en cuenta para el manejo de plagas en esta etapa del cultivo del sorgo.

INSECTOS PLAGAS

Contarinia sorghícola

La mosca del ovario es de las primeras plagas que aparecen en estado de floración. Las larvas consumen los ovarios en el interior del grano y se desarrollan causando vaneamiento. En el campo se pueden reconocer al oprimir los granos adultos y observar en ellos una coloración anaranjada. El manejo de esta plaga es preventivo y cultural.

Las siembras uniformes y no escalonadas de variedades o híbridos sin mezcla, la ausencia de siembra de pasto johnson, *Sorghum halepense*, y de pasto sudán, *Andropogon sorghum*, constituyen un buen inicio para el manejo de la plaga.

La floración uniforme es un factor importante en los materiales comerciales. Bajo condiciones del Valle del Cauca, la floración en la variedad ICA Nataima tiene una duración de 15 a 20 días. Esto significa que en este tiempo el cultivo del sorgo estará expuesto a la plaga.

Parte del éxito en su manejo consiste en evaluar el cultivo en forma muy precisa, bordeándolo apenas se inicie la floración. En la práctica, se ha observado que si en esta primera evaluación se observa mosca del ovario es posible

MAÍZ Y SORGO

que haya que controlar, dado que tiene de quince a veinte (15-20) días para incrementarse si no hay presencia de sus enemigos naturales *Aprostocetus diplosidis* y si las condiciones climáticas y biológicas la favorecen. Se ha establecido como nivel de daño una mosca por panoja.

Celama sorghuiela (Riley), *Pleuroprucha asthenaria* Walker *Rhopalosiphum maidis*

Estos insectos muestran mayor presencia alimenticia cuando la panoja empieza su formación de grano (grano pastoso). El *C. sorghuiela* es importante por su voracidad. El *P. asthenaria* cuenta con un enemigo natural en el Valle del Cauca, el *Oedicephalus* spp. Es importante anotar que en este departamento son abundantes los insectos benéficos de las plagas que atacan la panoja del sorgo, como *Orius tristicolor* Herrings, *Chrysopa* sp., *Apanteles* spp. y el parásito *Trichogramma* spp

Pococera atramentalis lederer, *Dichomeris* spp. *Sathrobrotia rileyi*, *Paramixis carmelitana*

Este grupo de insectos puede aparecer desde que el grano da leche y permanecer hasta el final de la cosecha. Sus larvas son nerviosas, presentan color pardo y cuatro líneas dorsales longitudinales de color café. Recién nacidas penetran en el grano y consumen parte de él, dejando la cutícula. Posteriormente salen a buscar otros granos y van fabricando una telaraña a la cual se adhieren partículas de grano y excremento, que sirve de refugio y lugar para empupar. El *Dichomeris* y el *Sathrobrotia* tienen un comportamiento muy parecido. Las hembras colocan sus huevos en las glumas. En ocasiones desde la etapa de polinización. Aunque no se han estudiado niveles de daño de estas plagas, se ha visto que 10 larvas por panoja pueden causar daño económico.

Oevalus poecilus

Puede atacar los cultivos de sorgo bajo condiciones de alta humedad relativa y época lluviosa. El daño lo ocasionan los adultos y las ninfas al succionar cuando se alimentan.



FOTOGRAFÍA 7. Daño por *Heliothis zea*.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

Heliothis Zea, Spodoptera spp.

Se encuentran también en la panoja. Sus poblaciones generalmente son mínimas, por lo cual no hay necesidad de controlarlos.

Rhopalosiphum maidis

Estos insectos suelen atacar las plantas de sorgo y de maíz hacia el final de la etapa de verticilo medio. Las colonias de pulgones pueden cubrir totalmente las panojas y las hojas circundantes, evitando así la liberación de polen. Cuando la infestación es grave, se afectan también las mazorcas tiernas y la producción de granos.

***Sitophylus oryzae* Lep. Curculionidae;
Sitotroga cerealella Lep. Gelechidae**

Son especies que se destacan como plagas que atacan el grano almacenado.



FOTOGRAFÍA 8.
Ataque severo por
áfidos *Rhopalosiphum
maidis*.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)



FOTOGRAFÍA 9.
Mazorca afectada por
Sitotroga cerealella.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Ortega A.** Insectos nocivos del maíz. Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el trigo (CIMMYT) 1986. México 166 p.
2. **Giraldo J. y Tanaka A.** 1982. Reconocimiento de las poblaciones insectiles y evaluaciones del daño en el cabello de la mazorca del maíz, *Zea mais* (L), en el municipio de Palmira, 66 p. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo) Fac. de Ciencias Agropecuarias. Palmira.
3. **Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-**, Guía general de manejo de plagas en los cultivos de sorgo y maíz en Colombia, Bogotá, Sub-Gerencia de Investigación. 81 p.
4. ———, Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia, 3a. Edición, Bogotá, ICA Programa de Entomología. Bol. Téc. No. 43 1976. 484 p.
5. ———, Seminario de producción moderna del sorgo. Ibagué, ICA Sección Entomología. 1988.
6. **Lobatón V.** Principales plagas del maíz (*Zea mais* L.) en los departamentos de Córdoba y Sucre. Universidad de Córdoba Montería. 1972 18 p.
7. **Sociedad Colombiana de Entomología -Socolen-**. Seminario complejo *Sporoptera*. Espinal. Tolima. 1980. 73 p.

POSIBILIDADES DEL USO DE PATÓGENOS EN EL MANEJO DE INSECTOS PLAGAS EN COLOMBIA

Alex E. Bustillo P.*

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Un análisis de la investigación entomológica en Colombia, tomando como medida los resúmenes de los trabajos presentados anualmente en los congresos de la Sociedad Colombiana de Entomología (Tabla 1) muestra claramente que para el período de los últimos trece años (1974-1986) el número de investigaciones desarrolladas en patología de insectos es mínimo, alcanzando solo 4% del total de las investigaciones entomológicas. No existe tendencia alguna para que esta cifra cambie en el futuro inmediato. El tema de esas investigaciones versó sobre hongos (46.4%), bacterias (32.1%), virus (10.7%). En el caso de los hongos, la mayoría de las investigaciones, 53.8%, fue sobre el hongo *Metarhizium* y con las bacterias, 88.8%, se relacionó con evaluaciones de *Bacillus thuringiensis*.

Todo lo anterior se debe a que los estudios en patología de insectos obedecen más a un interés personal de unos pocos investigadores que a una política definida de investigación en el área. Para que esto ocurra es indispensable entrenar nuevos profesionales en esta actividad y dotar los laboratorios de entomología con la infraestructura necesaria para esta actividad. En el país se puede decir que no existe laboratorio alguno de dedicación exclusiva para el estudio de enfermedades de insectos. Esta disciplina se debería incorporar en los programas de enseñanza universitaria.

En Colombia existe una formación sobre patología de insectos que en gran parte corresponde a reconocimientos de organismos causantes de patología. Todo ello constituye una información básica sobre la cual, estableciendo prioridades, se pueden desarrollar programas de investigación.

* Disciplina de Entomología, Cenicafé, AA 2427, Manizales, Colombia.

TABLA 1. Relación de investigaciones sobre patología de insectos realizadas en Colombia entre 1974 y 1986, de acuerdo a los resúmenes presentados en los congresos anuales de la Sociedad Colombiana de Entomología.

Congreso	Lugar	Año	No. total Resúmenes	Investigaciones sobre patologías insectos				Total No. %
				Hongos	Bacterias	Virus	Nematodos	
II	Cali	1974	42	-	1	-	-	1 2,4
III	Medellín	1975	61	-	1	-	-	1 1,6
IV	Bogotá	1977	51	-	1	-	-	1 2,0
V	Ibagué	1978	31	-	1	1	1	3 9,7
VI	Cali	1979	42	-	-	-	-	- 0,0
VII	B/manga	1980	37	1	-	2	-	3 8,1
VIII	Medellín	1981	63	1	-	-	-	1 1,6
IX	Cali	1982	49	3	-	-	-	3 6,1
X	Bogotá	1983	68	2	1	-	-	3 4,4
XI	Pasto	1984	69	1	1	-	-	2 2,9
XII	Medellín	1985	91	2	2	-	2	6 6,6
XIII	Cali	1986	100	3	1	-	-	4 4,0
Total			704	13	9	3	3	28 4,0

ESTRATEGIAS PARA EL USO DE ENTOMOPATÓGENOS

Las estrategias para usar patógenos en control biológico se determinan primeramente por las interrelaciones entre patógenos, huésped y ambiente, incluyendo la planta que se va a proteger. También las estrategias son influenciadas por la tecnología y economía de la producción, formulación y aplicación de los patógenos y la producción de los cultivos. (Hamm 1984).

El rango de huéspedes de un patógeno es un factor primario que afecta la selección de la estrategia. Una de las ventajas de los patógenos para el control biológico es su especificidad. La mayoría de los patógenos de insectos plagas no infectan insectos benéficos y son inocuos al hombre y otros vertebrados. Sin embargo, algunos son tan altamente específicos que infectan solo una especie o unas pocas especies relacionadas (Hall 1964). Desde el punto de vista del agricultor con un complejo de larvas de lepidópteros atacando sus cultivos, sería deseable un patógeno que controlara todas estas plagas.

Otro factor importante es la virulencia de los patógenos, que determina la concentración requerida del patógeno para infectar el huésped y el tiempo requerido para producir mortalidad. Algunos patógenos menos virulentos puede que no causen una mortalidad directa, pero reducen el potencial reproductivo del huésped a través de una menor copulación, oviposición o eclosión de hue-

vos. Los patógenos con un rango amplio de huéspedes puede que no sean igualmente virulentos a cada uno de sus huéspedes. Por supuesto, los patógenos altamente virulentos son los más deseados cuando se requiere una rápida protección del cultivo.

Un tercer factor importante es la puerta de entrada al huésped (Steinhaus 1949). La mayoría de las bacterias, virus y protozoarios penetran en el cuerpo del insecto vía oral y del intestino al hemocelo, mientras que los hongos entran a través del integumento. Naturalmente, el tipo de patógeno que con mayor probabilidad infecte un insecto está influenciado por la morfología y hábitos alimenticios del insecto. Por ejemplo, los patógenos que entran a través de la boca, tales como bacterias, virus y protozoarios son patógenos principalmente de insectos con aparato bucal masticador, tales como coleópteros, saltamontes y larvas de lepidópteros.

Insecticidas microbiales

Algunos entomopatógenos se pueden usar en una estrategia básicamente de insecticidas y se refieren como insecticidas microbiales. *Bacillus thuringiensis* es un buen ejemplo. Esta bacteria se aplica usando técnicas desarrolladas para la aplicación de insecticidas y debido a que no produce epizootias capaces de mantener la protección del cultivo se debe aplicar repetidamente. Tiene la ventaja de que protege y permite el incremento de la fauna benéfica, la cual evita una rápida resurgencia de la plaga. Algunos virus también se usan en una estrategia insecticida. La formulación comercial Elcar del VPN de *Heliothis* se aplica a intervalos de 3-7 días contra especies de *Heliothis* en algodón debido a que las epizootias no se desarrollan rápidamente.

Inducción de epizootias

La inducción de epizootias es otra estrategia para el uso de patógenos. En este caso no solo los insectos infectados por la aplicación inicial del patógeno mueren, sino que la enfermedad se dispersa a través de la población a medida que los insectos infectados inicialmente mueren y liberan el inóculo. En esta forma las epizootias pueden continuar hasta que existan nuevos insectos disponibles y las condiciones ambientales sean apropiadas. El virus poliédrico nuclear de *Lymantria dispar* se usa en esta forma. Una sola aplicación del virus en un bosque infestado puede inducir una epizootia, dando una buena protección a los árboles, si la aplicación se hace a tiempo.

Epizootias fungales también se pueden inducir aplicando inóculo si las condiciones ambientales son favorables. El hongo *Hirsutella thompsonii* se usa en esta forma para el control de ácaro tostador de los cítricos. *Nomuraea rileyi* también se puede usar contra varios lepidópteros, especialmente para adelantar las epizootias que, por lo general, se desarrollan muy tarde cuando el insecto ya ha hecho el daño (McCoy 1981, Ignoffo 1981).

El uso de la microsporidia *Nosema locustae* para el control de saltamontes y grillos en pastos para pastoreo de ganado es un buen ejemplo de la inducción de epizootias, así como de la integración de un patógeno con un insecticida químico para el manejo de plagas. Las esporas de *Nosema* se producen en saltamontes y luego se formulan en cebos de salvado de trigo para aplicarlo al pasto desde aeroplanos. Debido a que *Nosema* no reduce la población lo suficientemente rápido para prevenir el daño, se usa solo para el manejo a largo plazo de los saltamontes y grillos. El control a corto plazo debe basarse en el uso de insecticidas. Sin embargo, los químicos registrados para el uso de pastos en Estados Unidos no son persistentes. Por lo tanto no favorecen un control a largo plazo. *N. locustae* es compatible con bajas concentraciones de malathion, que actúa independientemente con efectos aditivos. El químico mata en 24 horas, mientras que *N. locustae* toma mucho más. Así los dos combinados rápidamente reducen los brotes de plagas cerca o debajo del nivel de daño y proveen un control a largo plazo por debajo de ese nivel durante varios años (Henry y Oma 1981). Manipulación del ecosistema para albergar patógenos, es otro enfoque. El uso de irrigación puede ayudar en el caso de hongos que requieran alta humedad o agua para germinación de esporas. El uso de fungicidas selectivos que no interfieran con hongos entomopatogénicos pueden conservar estos agentes benéficos para el control de plagas.

Colonización

Otra estrategia es la colonización, la introducción y el establecimiento de un patógeno en una población plaga donde él no existe previamente, resultando una supresión más o menos permanente de la plaga. El virus poliédrico nuclear del *Trichoplusia* es un excelente ejemplo del uso de esta estrategia. Este virus fue introducido en Colombia desde California y dio un excelente control de *T. ni* en ecosistemas de algodón, hasta tal punto que este insecto pasó a ser secundario.

Autodiseminación

Otra estrategia es el uso de insectos infectados o contaminados para dispersar los patógenos en el ecosistema. En algunos casos se infectan insectos adultos con el patógeno y se liberan en el cultivo a proteger, permitiéndose que dispersen el patógeno a medida que busca sitios de oviposición. En otros casos se podrían emplear trampas que capturen insectos, los infecten con el patógeno deseado y luego les permita que escapen para su dispersión.

AGROECOSISTEMAS EN LOS CUALES SE PODRÍAN USAR PATÓGENOS EN COLOMBIA

Como se puede deducir al analizar la información generada en el país, prácticamente en todos los agroecosistemas colombianos se presentan plagas limitantes que son infectadas por diversos patógenos. Sin embargo, en algunos la

MAÍZ Y SORGO

incidencia y abundancia de estos entomopatógenos es mayor. A continuación se analizan los problemas entomológicos en varios cultivos. Algodón

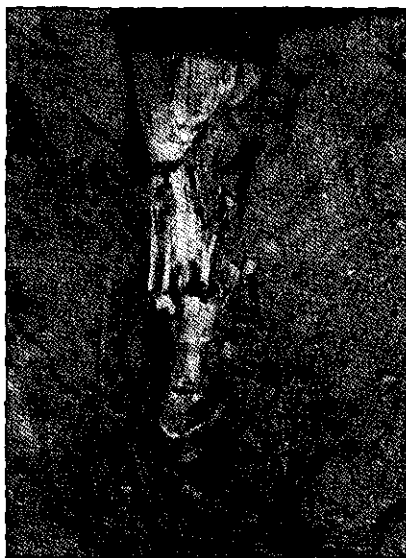
El agroecosistema del cultivo del algodón es muy complejo desde el punto de vista entomológico, ya que la planta presenta varias especies de insectos, afectando sus diversos estados de desarrollo. Existen recomendaciones para el manejo integrado de plagas en este cultivo (ICA 1977) que enfatizan el uso racional de insecticidas, aplicándolos en dosis bajas que sean de acción selectiva para que no interfieran con las liberaciones del parásito de huevos *Trichogramma* sp. Además se recomienda el uso de *B. thuringiensis* para el control de defoliadores. A estas recomendaciones de control valdría la pena investigar la posibilidad de involucrar otros agentes patógenos, como los virus que se han detectado en Colombia de *Heliothis* y *Spodoptera* y el hongo *Nomuraea rileyi* que infecta la mayoría de las especies de lepidópteros que defolian o atacan los botones florales del algodón. El virus de *Autographa californica* que ha mostrado ser bastante virulento y tener un amplio rango de huéspedes debería ser un candidato para evaluarlo.

Maíz

El cultivo del maíz presenta dos insectos plagas claves en la mayoría de las zonas, en donde se cultiva. Estos son el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* y el gusano de la mazorca *Heliothis zea*. En ciertas zonas, en donde imperan condiciones especiales, se presenta el cucarro *Eutheola* sp. y el barrenador del tallo *Diatraea saccharalis*. Estas plagas ocasionan el uso de insecticidas con cierta frecuencia para evitar daños económicos. La especie *S. frugiperda* es susceptible a los hongos *N. rileyi*, *Metarhizium anisopliae*, a los nematodos *Steinernema feltiae* y *Hexameris* sp., a los virus VPN y VG y al protozoario *Nosema lahygmae*. Todos estos patógenos pueden jugar un papel importante en el control del cogollero. El nicho que ocupa este insecto en el cogollo de la planta lo hace potencialmente susceptible a aquellos organismos que requieren de alta humedad como *N. rileyi* y *S. feltiae*. Una práctica común es la de utilizar

FOTOGRAFÍA
10. Daño por *Diatraea saccharalis*

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)



insecticidas granulares aplicados vía terrestre en el cogollo. Esto se podría reemplazar por algunos de los organismos mencionados. En el caso de los insectos del suelo como *Euethela* sp., el hongo *M. anisopliae* es un candidato para su control debido a la eficiencia que ha demostrado este hongo en otros lugares para el control de plagas similares. En relación con *H. zea*, sería conveniente evaluar el virus nativo de este insecto o aislamientos nuevos de otras partes del mundo.

Frijol y soya

Los cultivos de frijol y soya presentan problemas entomológicos similares ocasionados por especies comunes, como los lepidópteros *Pseudoplusia includens*, *Heliothis virescens*, *S. frugiperda*, *T. ni* y crisomélidos como *Empoasca kraemeri*, *Diabrotica* sp. y *Epitrix* sp. Muchos de estos insectos en ocasiones dejan de ser plagas debido a la acción natural de entomopatógenos, como hongos y virus. Es notable la incidencia de *N. rileyi* sobre *Anticarsia gemmatalis* en soya. Mediante manipulación artificial de este hongo, se podrían adelantar sus epizootias y ejercer un control satisfactorio de la plaga. Para el control de los crisomélidos, se recomienda evaluar los hongos *B. bassiana* y *Erynia radicans*, los cuales se están evaluando en otras partes en ecosistemas de frijol. El hongo *Verticillium lecanii* ofrece un gran potencial para la represión de moscas blancas que como *Trialeurodes vaporariorum* es limitante al frijol en climas fríos moderados. Este hongo también puede jugar un papel importante en cultivos bajo invernadero, en donde las condiciones de humedad pueden ser manipuladas.

Arroz

El cultivo del arroz no presenta problemas entomológicos serios y esto se debe en parte a la mortalidad que ejercen los hongos entomopatógenos sobre varios de los insectos plagas. En efecto las especies *N. rileyi*, *M. anisopliae*, *B. bassiana*, *Entomophthora* spp. y *Myiophagus* se aislan con frecuencia de plagas del arroz. La especie *Myiophagus* es de gran importancia en el control de *S. frugiperda* en la zona de Urabá, en donde la alta humedad relativa imperante la hace muy propicia para la acción de estos hongos. El agroecosistema de arroz es un ejemplo de un cultivo con condiciones climáticas adversas para la acción de hongos y que en muchas ocasiones pasa desapercibido por el desconocimiento de estas patologías.

Palma africana

Los cultivos de palma africana conforman agroecosistemas muy propicios para el desarrollo de entomopatógenos, como virus y hongos. Esto probablemente se deba a que son plantaciones perennes con condiciones de alta humedad. Actualmente, en algunas de estas plantaciones se intenta fomentar la fauna de enemigos naturales y el uso de virus en forma rudimentaria. Sería conveniente

MAÍZ Y SORGO

refinar las metodologías para el manejo del virus y desarrollar métodos para la multiplicación de hongos, como *Beauveria bassiana*. Las especies de defoliadores, como *Sibine fusca*, *Euprosterina elaeasa*, *Osiphanes cassiana* y *Oiketiscus* sp., se podrán mantener bajo control con combinaciones de aplicaciones de la bacteria *B. thuringiensis*, los virus encontrados en el medio y en el hongo *B. bassiana*. Los ácaros, como *Retracus eleaeis*, se ha demostrado que pueden controlarse con el hongo *Hirsutella thompsonii*. Todos estos patógenos podrían integrarse con el uso de parásitos y predadores para mantener las poblaciones de los insectos plagas por debajo de los niveles de daño económico.

Forestales

Las plantaciones forestales en Colombia están formadas de especies exóticas de coníferas, como ciprés y pino pátula, que han cambiado la composición ecológica de estas zonas. Esto ha dado como resultado que muchos insectos defoliadores como *Glena bisulca*, *Oxydia trychiata* y *Cargolla arana* se conviertan en plagas limitantes de esos bosques. Las aspersiones con insecticidas para el control de estos insectos no son recomendables por el desequilibrio biológico que causan y la contaminación ambiental que producen. Es por esto que se deben desarrollar métodos biológicos para el control de estos defoliadores. Hasta el momento se han encontrado virus del tipo granuloso y poliédrico citoplasmáticos que merecen ser producidos a escala semicomercial para evaluar su efecto en el campo. El nematodo *Steinernema feltiae* podría ser de gran utilidad para aplicarlo al suelo para el control del estado de prepupa, aprovechando el hábito de estas especies de bajar al suelo a empupar. En casos especiales se podría utilizar el *B. thuringiensis* contra las larvas de primeros instares. Sin embargo, se hace necesario desarrollar equipos y técnicas de aplicación más efectivas.

Cítricos

Las principales plagas que afectan cítricos pertenecen a los grupos de áfidos, escamas y aleyroridos. Estas especies frecuentemente son infectadas por hongos entomopatógenos como *Aschersonia*, *Entomophthora* sp. y *Cladosporium* sp. Esta última especie es de hábitos saprófitos y también es parásito de plantas. Sin embargo, se han encontrado especies en insectos. Es conveniente adelantar investigaciones sobre la verdadera patogenicidad de *Cladosporium* que con frecuencia se observa sobre *Aleurocanthus woglumil* y los áfidos *Toxoptera citricidus* y *Aphis spiraecola*. Los hongos *A. aleyrodis* y *V. lecanii* crecen bien en medios de cultivo, pero se debería explorar la posibilidad de multiplicarlos en medios más baratos, como cereales y así producirlos en mayor cantidad para evaluaciones en el campo. Las especies *V. lecanii* y *A. aleyrodis* infectan escamas, áfidos y moscas blancas frecuentemente encontradas en cítricos.

Flores

Las explotaciones de flores en Colombia se hacen bajo invernaderos en zonas templadas y aunque no existe control absoluto de la temperatura y humedad, sí es posible alterar éstas cuando se desee. Lo anterior podría ser de gran utilidad para la integración de patógenos en los programas de control de plagas. En cultivos de crisantemos, los principales problemas de plagas son los minadores, ácaros, áfidos, moscas blancas y lepidópteros. Actualmente, debido a los altos costos de insecticidas y riesgos para la salud humana, se están estudiando diversas estrategias de control de plagas. Para el control de minadores se usan liberaciones del insecto parásito *Diglyphus begini*, pero es necesario integrar este control con otros que no causen alteraciones al parásito. Como candidatos se presentan el hongo *H. thompsonii* contra ácaros, los hongos *V. lecanii* y *M. anisopilae* contra áfidos y moscas blancas y *B. thuringiensis* para el control de lepidópteros. En este último grupo, dependiendo de las especies, se podrían evaluar otros hongos, como *N. rileyi* y *B. bassiana* o virus que se encuentren efectivos a estas plagas. En el caso del minador, otra posibilidad de control lo constituye el nemátodo *S. feltiae* que aplicado en el momento oportuno en que las larvas caen al suelo a empupar, podría resultar efectivo. Las aplicaciones controladas de riego serían una herramienta útil para ayudar a muchos de estos patógenos en la inducción de epizootias.

CONCLUSIONES

La idea de desarrollar entomopatógenos en insecticidas microbiales es una realidad. Hasta el momento existen en el mundo tres insecticidas bacteriales, tres fúngales, aproximadamente trece virales, uno en base a nematodos y uno en base a protozoarios, debidamente registrados para su uso en sus respectivos países.

Actualmente el uso de insecticidas microbiales está confinado a agricultura tecnificada, especialmente latifundios, en donde el alto costo de estas formulaciones puede ser absorbido por los altos retornos de la cosecha. En minifundios, la situación es muy diferente, debido a que la agricultura se caracteriza especialmente por estar en zonas poco accesibles o montañosas, donde es difícil utilizar maquinaria agrícola. Los cultivos son múltiples, los rendimientos de las cosechas bajos y la mano de obra abundante. Algunas de estas características se podrían utilizar para implementar programas de control microbial en minifundios (Bustillo 1986). Inicialmente se requiere una labor de educación a los agricultores con el fin de que se percaten de los beneficios del uso de patógeno de insectos. Luego se deben llevar a cabo labores de reconocimiento para evaluar los diversos problemas existentes y qué patógenos se encuentran presentes en la zona y cuáles podrían constituirse en candidatos para su introducción. La organización de una cooperativa a nivel regional, con asesoría técnica, sería de una gran utilidad para la producción y distribución de ciertos patógenos que como virus, nematodos y hongos se pueden multiplicar a una escala semicomercial y a costos relativamente bajos. El estable-

cimiento inicial de un programa piloto mostrará las bondades de un programa de esta naturaleza.

La fauna de entomopatógenos en Colombia es abundante y estas listas se incrementarán a medida que se intensifiquen las labores de detección. Muchas de ellas con seguridad serán nuevas para la ciencia y de otras ya encontradas posiblemente se descubran razas más virulentas. Las investigaciones se deben concentrar en la evaluación inicial de estos entomopatógenos para conocer su patogenicidad, rango de huéspedes, seguridad a fauna benéfica y a otros invertebrados y vertebrados. Posteriormente se deben determinar cómo reproducirlos en cantidades suficientes para evaluarlos bajo condiciones de campo y establecer los métodos más apropiados para su aplicación.

Todas estas labores requieren personal especializado, infraestructura y el apoyo decidido de las entidades gubernamentales que financian la investigación en Colombia. Los beneficios que se obtengan de estas investigaciones pagarán en retorno muchas veces la cantidad invertida.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Bustillo, A.E.** 1986. Utilización de agentes microbiológicos. En: Manejo integrado de plagas en Centroamérica: estado actual y potencial futuro, eds. K.L. Andrews y J.R. Quezada. Cap. 3, 28 p.
2. **Hall, J.M.** 1964. The use of microorganisms in biological control of insects pests and weeds, ed. P. DeBach, Reinhold Pub, Co., New York, p. 610-628.
3. **Hamm, J.J.** 1984. Invertebrate pathology and biological control. *J. Georgia Entomology. Soc.* 19(3): 6-13. Second suplement.
4. **Instituto Colombiano Agropecuario, ICA,** 1987. Manual de control integrado de plagas. Ministerio de Agricultura, Colombia, Regional 6, 105p.
5. **Henry, J.E and E.A OMA.** 1981. Pest control by *Nosema locustae* a pathogen of grasshoppers and crickets. In: Microbial control of pest and plant diseases 1970-1980, ed. H.D. Burges. Academic Press, London, 914 p.
6. **Ignoffo, C.M.** 1981. The fungus *Nomuraea rileyi* as a microbial insecticide. In: Microbial control of pest and plant diseases 1970-1980, ed. H.D. Burges Chapter 27, p. 513-538. Academic Press, London, 914 p.
7. **McCoy, C.W.** 1981. Pest control by the fungus *Hirsutella thompsonii*. In: Microbial control of pest and plant diseases 1970-1980, ed. H.D. Burges. 513-538. Academic Press, London, 914 p.
8. **Sánchez, G.** 1982. Guía general de manejo de plagas en el cultivo de arroz en Colombia. ICA, Sección Entomología, Bogotá, 32 P.
9. **Steinhaus, E.A.** 1949. Principles of insect pathology. Mc Graw-Hill, New York, 757.

NUEVAS TÉCNICAS EN EL MANEJO DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS

Abelardo Tinoco Vivas*

Tres experimentos se llevaron a cabo con el fin de determinar la mortalidad de adultos y estados inmaduros de *Rhyzopertha dominica*, cuando se aplicaron altas temperaturas y altas concentraciones de CO₂ - aire, como una nueva técnica para desinfestar granos en almacenamiento.

Muestras de granos que contienen adultos y estados inmaduros de *Rhyzopertha dominica*, fueron precalentadas y luego expuestas a concentraciones de CO₂ - aire de 45 a 60% y aire caliente con temperaturas de 40, 50 y 60 °C. Los tiempos de exposición escogidos para cada experimento fueron de 5 a 20 horas, de 20 a 90 minutos y de 60 a 150 segundos, respectivamente.

Los resultados muestran la posibilidad de usar altas concentraciones de CO₂ - aire y altas temperaturas combinadas para modificar el tiempo de exposición, la efectividad en la mortalidad de los insectos y la posibilidad de mejorar los factores de calidad del grano almacenado. El grano fue desinfestado cuando se calentó previamente y fue tratado con aire caliente a 60° C y 45 ó 60% de CO₂ - aire por 60 segundos. Al mismo tiempo, el ciclo de *Rhyzopertha dominica* fue interrumpido o suspendido completamente cuando se usaron ambos factores.

Entre varios métodos comerciales no residuales disponibles para proteger el grano almacenado del ataque de insectos plagas, el uso de la concentración de CO₂ - aire caliente viene a ser en el futuro una nueva solución para situaciones reales y prácticas.

La primera aplicación industrial en Colombia fue realizada recientemente en la Planta de Silos del Idema en Montería. El CO₂ a una temperatura de 30°C fue usado para modificar la atmósfera de los silos 21 y 22 que contenían arroz con cáscara, fuertemente infestado. Los resultados mostraron a los tres (Mayo/92), seis (Julio/92) y nueve (Dic/92) meses de iniciado el tratamiento, una efectividad de 100%. Las pruebas de infestación practicadas a cada muestra registraron el producto completamente libre de hongos, insectos, ácaros y otras

* I.A.MSc. Asesor.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

plagas. Los análisis de calidad y molinería indicaron que el grano conservó su condición nutricional, característica y atributos iniciales.

Los resultados prácticos constatados permiten usar altas concentraciones de CO₂ - aire y altas temperaturas combinadas para controlar las plagas del producto agrícola almacenado, en atmósfera modificada, sin riesgos en su manejo, ni residualidades tóxicas que contaminen el ambiente o afecten la salud.

El siguiente es un registro de la aplicación, realizada en la Planta de Silos del Idema en Montería, Córdoba.

1. Realizadas las pruebas de infestación a muestras tomadas cada 15 minutos del flujo del grano, se encontró que el producto estaba libre de plagas.

Los análisis iniciales, intermedios y finales fueron los siguientes:

Plaga	Febr. 13/92	Jul. 29/92	Dic. 4/92
<i>Tribolium</i> sp.	Más de 200 adultos	0	0
<i>Rhyzopertha dominica</i>	10 adultos	0	0
<i>Crystolestes</i> sp.	20 adultos	0	0

2. Los análisis de calidad y molinería demostraron que el producto conservó las características iniciales en el momento de comenzar la prueba.

Los análisis iniciales, intermedios y finales fueron los siguientes:

Factóres	Feb. 13/92	Jul. 20/92	Dic. 4/92
	Por ciento		
Humedad	12.35	11.94	11.94
Impureza	6.00	4.00	4.00
Rendimiento pilada	69.70	68.40	68.00
Índice pilada	48.20	49.70	49.40
Grano partido	29.12	27.30	27.35
Grano dañado total	6.40	5.20	5.60

3. En el momento de abrir el silo, la concentración de CO₂ en el punto opuesto al de la aplicación era de 11%. Las presiones leídas en los manómetros fueron de 0 PSI y el registro de temperaturas así:

Niveles =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temp.°C =	29	30	31	31	31	30	30	30	30	31	31	31

4. La cantidad de grano inicial sometida a tratamiento fue aproximadamente 404.7 toneladas.

MAÍZ Y SORGO

5. De acuerdo con los resultados encontrados al aplicar este nuevo sistema por primera vez en Colombia, se concluye y queda demostrada la posibilidad de usar altas concentraciones de CO₂-aire y altas temperaturas combinadas para controlar las plagas del producto agrícola almacenado, en atmósfera modificada, sin riesgos en su manejo, ni residualidades tóxicas que contaminen el ambiente y afecten la salud al ingerir alimentos así tratados, contrario a los métodos tradicionales.

ENFERMEDADES

TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y SORGO

L. E. Clafin*

Las enfermedades bacteriales más importantes del maíz, son:

1. Marchitamiento de Stewart.
Plantoea stewartii; anteriormente *Erwinia stewartii*.
2. Marchitamiento y tizón bacteriano de Goss.
Clavibacter michiganensis subsp *nebraskensis*.
3. Pudrición suave bacteriana.
Erwinia carotovora subsp *carotovora* o *Erwinia chrysanthemi*.
pv. chrysantemi

Las enfermedades bacteriales más importantes del sorgo son:

1. Rayado bacteriano de la hoja.
Pseudomonas andropogonis.
2. Listado bacteriano de la hoja.
Xanthomonas campestris pv. *holcicola*
3. Tizón bacteriano de la hoja.
Pseudomonas syringae pv. *syringae*
4. Añublo bacteriano de la hoja.
Pseudomonas avenae

EL MÉTODO DE AISLAR BACTERIAS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA DILUCIÓN EN PLACAS (DILUTION PLATING)

Cuando se proyecta aislar bacterias de lesiones afectadas, resulta apropiado y ventajoso emplear la técnica de la dilución en placas (dilution plating). En este caso, con el uso de unas tijeras, se cortan tejidos de las hojas en secciones de 1-2 mm. El tejido se echa en un tubo que contenga agua salina estéril (o en

* Department of Plant Pathology, Kansas State Univ. Manhhatan, KS 66506-5502 USA.

"buffer" con un pH de 7.0 a 7.4) durante 1-2 horas. Para la serie de diluciones, se emplean 7 tubos, cada uno de los cuales contendrá 9 ml de agua salina estéril o buffer PBS. Con una pipeta, se vacía en el primero de los siete tubos 1 ml del líquido, en donde estaban las secciones cortadas de los respectivos tejidos de las hojas. Después de una completa y total mezcla, con la pipeta se saca de este primer tubo. Este proceso se repite hasta llegar al séptimo tubo. Un décimo de ml del contenido del cuarto al séptimo tubo se coloca en placas individuales del medio. Luego el líquido se extiende o disemina a lo largo de las correspondientes placas, mediante el empleo de una varilla de vidrio, en forma de "L", esterilizada en una llama. Las diluciones representan una gran ayuda para ir reduciendo el número de contaminaciones.

EL MEDIO SELECTIVO

Se han señalado varios medios semi-selectivos para estudiar *Pseudomonas* sp. Sin embargo, éstos son rara vez selectivos para identificar una especie en particular o un derivado de ésta. (Schaad, N.W. editor 1988. Guía de laboratorio para identificar bacterias patogénicas a los vegetales, Segunda Edición. APS Press 3340 Pilot Knob Road, St. Paul, M.N. 55121, Estados Unidos de América).

El medio MXP es útil para identificar la mayoría de los patovars (pathovars) de *Xanthomonas campestris*, inclusive *X c. pv holctcola* (Claflin *et al* 1987). *Phytopathology* 77:730-734).

PROCEDIMIENTOS SEROLÓGICOS (PROCESOS PARA PRODUCIR ANTI SUEROS)

Las bacterias utilizadas como antígenos se cultivan durante 96 horas a 28 °C en un medio compuesto de levadura que contenga extracto de dextrosa con carbonato de calcio (YDCA). Luego se lavan las células en una solución estéril fosfataada de 10 mM y amortiguada en forma salina (0,85% del NaCl, para un pH de 7.2) [PBS], centrifugándolas tres veces a 17.000 g. Las células se resuspenden en PBS y se fijan mediante diálisis en una solución de glutaraldehído al 2% a una temperatura normal durante tres horas. Posteriormente estas células son una vez más dializadas durante 24-36 horas en 100 veces el volumen de PBS (5 ó más cambios). Con iguales volúmenes de suspensiones bacteriales (ca 2×10^{10} cfu/ml) y el adjuvante (adjuvant) incompleto de Freund se preparan emulsiones, utilizando un mezclador tipo Spex a altas velocidades por dos minutos o haciendo una mezcla completa, con el uso de una jeringa y una aguja. A conejos se les inyectó intramuscularmente a intervalos de una semana un ml de la suspensión emulsionada. Las inyecciones prosiguieron hasta cuando la consecutiva doble aglutinación de las concentraciones de la solución, excedió la proporción 1: 2,048. (Referencia; Leach, *et al.* 1987. *Plant Disease* 71:30-33.

INMUNOFLUORESCENCIA

Los antisueros producidos en respuesta a un antígeno particular bacteriano se deben fraccionar dos veces (para remover la albúmina del suelo y otros materiales extraños), usando sulfato de amonio de una concentración final de 35% de saturación. Se usó isotiocinato de fluorescein (FITC) (sigma) para conjugar la fracción de globulina. Se empleó el método de Allan y Kelman (1977 *Phitopatology* 67; 1305-1342) para la conjugación y tinción directa, excepto que el mercholato no se agregó antes de su almacenamiento. Se pueden examinar placas mediante el uso del microscopio Olympus BH2, con un objetivo Neofluor 40X, un filtro agitador FITC (UG-1) y otro filtro L-420. Este mismo proceso se puede llevar a cabo con cualquier microscopio, provisto de un conjunto de accesorios fluorescentes.

ELISA (PRUEBA INMUNOABSORBENTE LIGADA A UNA ENZIMA)

Leach *et. al* (1987 *Plant Disease* 71:30-33) describió la prueba del punto de inmunoligamiento (The dot-immunobinding assay-DIA) en sorgo, empleando membranas (0.2 mm, BA83) de nitrocelulosa del tipo Schleicher y Schuell (Keene, N.H). Las membranas se dividieron en fracciones de $1 \times 1 \text{ cm}^2$, con la punta de un bolígrafo, lavado en agua destilada y secado al aire, antes de su uso. Para su estudio se tomaron cuatro muestras de un tamaño UL de una solución del tejido enfermo, diluida 10 veces. Estas muestras se colocaron en forma individual en rejillas. Se utilizó agua destilada como control. Cada membrana de nitrocelulosa se cortó en tiras de 4- x 6- cm, en las cuales las disoluciones seriadas se arreglaron de arriba hacia abajo en su respectivo orden descendente. Las bacterias se fijaron a la nitrocelulosa, empapando las membranas en una solución de ácido acético de 10% y de etanol de 25% por 15 minutos.

Las membranas se enjuagaron en agua destilada y luego se volvieron a enjuagar tres o cuatro veces en una solución de TBS-100, consistente de 50mM de tris-HCl (pH 7.2), formada de 20 mM de NaCl y 0,1 de Tritan X-100. El antisuero se diluye en la solución TBS-T100 en la proporción de 1:2000 o más, según la concentración de dicha solución (V/v). Las membranas luego se incubaron en la solución del antisuero durante dos horas a temperatura normal, o también se puede realizar este proceso durante la noche a una temperatura de 4 °C para después enjuagar las muestras cuatro veces en TBS-T100, con cinco minutos de intervalo en cada enjuague. Las tiras se incuban por dos horas en un conjugado (sigma), compuesto de fosfatasa A- alcalina y diluido (1:1000; V/v) en TBS-T100. Las membranas se enjuagan en TBS-T100, seguido de dos enjuagues en una solución salina de TRIS. Seguido al proceso de lavado, las tiras se colocan en un substrato ubicado en la parte superior de una mesa vibradora, durante 30 minutos, situada en la oscuridad. El substrato lo constituye una solución compuesta de 12 mg de sal violeta B (sigma), 2 mg de fosfato alcalino Naphthol AS-MX (sigma) y 48 ml de agua destilada. El subs-

trato se debe preparar inmediatamente antes de su empleo. Las tiras luego se lavan con agua común y corriente por 5 a 10 minutos, para después secarlas al aire. Se esperan reacciones positivas de un color violeta.

ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

Este proceso utiliza la cromatografía de gas para determinar ácidos grasos en bacterias, las cuales fluctúan en longitud de 9 a 20 carbonos y con varias estructuras, tales como cadenas rectas, saturadas, no saturadas, ramificadas y ciclopropano, etc. El aparato está conectado a un computador, el cual contiene una serie de base de datos para géneros y especies. El computador proporciona toda la información necesaria para hacer los estudios estadísticos del caso. Sin embargo, esta técnica es fundamentalmente para propósitos taxonómicos y poco se usa para diagnosis en bacterias. El costo es bastante alto (US\$ 25.000-50.000) Referencia: MIDI,115 Barksdal Center, Newark, D. 19711 USA. FAX 302-7377781.

SISTEMA BIOLÓGICO (BIOLOG.)

El sistema biológico es también un procedimiento de diagnóstico, asistido por un computador. Este protocolo hace uso de placas plásticas de 96 celdas, con un recurso de carbón diferente en cada celda. Las bacterias se colocan en las celdas para luego observarlas después de 4 y 24 horas. Los datos entran al computador, para analizarlos por género y especies. Una vez mas esta técnica es básicamente apropiada para propósitos taxonómicos. El costo fluctúa entre US\$ 1.000 y 15.000 y cada placa vale US\$ 5.00. Referencia: Biolog. Inc. 3938 Trust Way, Hayward, CA 94545 USA. FAX: 510-782-4639.

REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR)

Este procedimiento, relativamente nuevo, se basa en la premisa de que cuando el DNA se calienta se desnaturaliza en cadenas individuales. Los filamentos primarios específicos, fragmentos de oligonucleótidos, se deben identificar, ya que son complementarios de las cadenas en ambos extremos (3' y 5') de la copia del DNA específico. Estos filamentos se agregan (en exceso) al DNA supuesto en una mezcla buffer, que contiene nucleótidos libres (adenina, guanina, citisina y timina) y polimerasa Tag DNA, calentándose luego a 95°C para separar las cadenas dobles del DNA. Esto se enfría rápidamente (37-60 °C), lo cual permitirá a los filamentos primarios fijarse o adherirse a los arreglos complementarios de la cadena sencilla del DNA. Luego este material se calienta a 72 °C. Este proceso sintetizará la segunda cadena complementaria de la cadena original. Este ciclo se repite cada 7-10 minutos y cada copia del DNA supuesto, se doblará. Un millón de nuevas copias se pueden generar en 3-5 horas.

La técnica del PCR es única, porque la Tag polimerasa es estable al calor y continuará siendo activa después de varios ciclos de calentamiento a altas

temperaturas. En los últimos 5-6 años se han identificado otras diferentes polimerasas estables al calor, pero la Tag fue la primera. Los filamentos pueden variar en longitud de 10-30 bases. Si se usan filamentos más cortos, la unión entre el filamento y su cadena complementaria será inestable para una eficiente polimerización. Con filamentos largos se forman problemas con tal elemento, al darse vueltas y adherirse a las regiones cortas complementarias del mismo filamento (llamada formación estructural secundaria).

Perfil típico del ciclo PCR:

- a) Paso de la desnaturalización: 1 minuto 30 segundos a 95 °C.
- b) Fijación por calor o recocción: 2 minutos a 37 °C.
- c) Extensión: 2-3 minutos a 72 °C.

Estos tres pasos se repiten para 25 - 30 ciclos.

El método del PCR parece ser de mucho valor e importancia en el futuro para diagnosticar enfermedades, pero los fragmentos de oligonucleótidos son difíciles de preparar y los precios del equipo usado y de los productos químicos son tan altos que hacen que este sistema de diagnóstico resulte bastante costoso.

LAS "MANCHAS" DE SOUTHERN

El nombre se derivó del científico quien desarrollara la técnica. Este protocolo se basa en la habilidad del DNA para unir sus cadenas complementarias. En resumen, se extrae el DNA de la muestra, al cual se agregan enzimas de restricción para dividirlo en secciones bien definidas. Esta muestra se somete a electroforesis en geles de agarosa, separándose el DNA, con NaOH en cadenas sencillas o únicas y luego esparcido en nitrocelulosa o filtro de nylon. El filtro se coloca en una solución que contiene una fracción específica de DNA o RNA ("probe" o sonda molecular) conjugada con un material radioactivo (por lo general 32 p). Después que estos materiales se "hibridizan", se lava el filtro, se seca y se coloca en una película de Rayos-X. La sonda molecular (probe) es complementaria a un fragmento específico de DNA en la muestra y aparece en la autoradiografía como bandas específicas, de donde el film (película) se expuso a la "sonda" radioactiva.

Esta tecnología raramente se usa para hacer diagnóstico de agentes causales en tejidos vegetales (se exceptúan los virus). Sin embargo, es una excelente tecnología para propósitos taxonómicos.

CONTROL DE ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS CAUSADAS POR BACTERIAS PATOGENICAS

L.E. Claflin*

CUARENTENAS

Las regulaciones cuarentenarias se han establecido para prevenir la introducción de enfermedades, plagas y malezas de efectos económicamente dañinos. Las cuarentenas son de particular efectividad cuando las restricciones se hacen a las semillas, materiales de propagación vegetativa, el suelo, productos vegetales o a objetos abióticos.

ERRADICACIÓN

Este método es usualmente un sistema drástico de control para eliminar un patógeno, hospederos o huésped alterno; cuando se detecta un agente causal, el cual es capaz de producir epidemias de tipo económico a un cultivo en particular. Los procedimientos empleados pueden consistir en lo siguiente:

- a. Quema o eliminación de plantas o residuos vegetales, cuando se ha identificado o descubierto el agente causal.
- b. Calor o tratamiento químico de la semilla o material vegetativo de propagación.
- c. Fumigación de los equipos y de otras facilidades empleadas en la siembra, cosecha y manejo del respectivo cultivo o cultivos.
- d. Inundación o solarización del suelo.

* Department of Plant Pathology, Kansas State Univ., Manhattan, KS 66506-5502 USA.

DESINFESTACIÓN

Este protocolo de control se debe ordenar cuando se ha reconocido el patógeno causante de la enfermedad, aun cuando haya sido ya previamente registrado en el país. La desinfestación puede consistir en:

- a. Aplicación de calor o productos químicos a la semilla o a los materiales de propagación asexual.
- b. Procesos sanitarios a los equipos y bodegas de almacenamiento.

ROTACIÓN DE CULTIVOS

Es un eficiente y efectivo manejo de control, cuando los cultivos no afectados por el agente causal de la respectiva enfermedad se siembran en rotación con el susceptible. Este medio de control es usualmente barato, así como también se pueden lograr otras ventajas o ganancias, tales como la reducción o eliminación de malezas hospederas. La rotación puede ser solo parcialmente efectiva cuando esta medida de control va dirigida a un patógeno que vive en el suelo.

NUTRICIÓN Y DENSIDAD DE PLANTAS

El empleo de altas densidades de población de plantas, al igual que altas dosis de nitrógeno, a menudo son causas de la incidencia y severidad de enfermedades. El primer factor restringe el movimiento del aire dentro del lote o vivero, dando origen a mayores niveles de humedad relativa, con el consiguiente incremento de la posible enfermedad. Programas balanceados de fertilidad, en especial de la relación N-P-K son óptimos, así como pueden ser muy efectivos en reducir otros problemas, tales como pudriciones de raíces y tallos.

CONTROL QUÍMICO (ANTIBIÓTICOS)

La estreptomycinina ha sido el producto químico más utilizado para controlar enfermedades bacterianas en cultivos de alta rentabilidad, como los frutales y las hortalizas. En ocasiones se requiere un gran número de aplicaciones del producto y éstos son costosos. La estreptomycinina es sensible a los rayos ultravioletas del sol, de ahí que se recomiende su aplicación en horas de la tarde, para una máxima eficacia. El uso prolongado de este bactericida ha originado resistencia del patógeno al antibiótico.

CONTROL QUÍMICO (AZUFRE Y COBRE)

El sulfuro de cal se ha empleado principalmente como una latente pulverización en árboles frutales y legumbres perennes. Compuestos de cobre, tales como cobre mojable, cloruro de cobre $[(CuCl_2 \cdot 3 Cu(OH)_2)]$, Sulfato básico de Cobre $[CuSO_4 \cdot 3 Cu(OH)_2]$, Hidróxido de Cobre $[Cu(OH)_2]$ y Caldo bordelés $[CuSO_4 \cdot 3 Cu(OH)_2 \cdot Ca(OH)_2]$ son efectivos bactericidas, con una alta eficacia para controlar enfermedades debidas a bacterias; en especial, las que

MAÍZ Y SORGO

producen manchas foliares. Raras veces se ha empleado el control químico en enfermedades bacterianas que afecten al maíz y al sorgo granífero.

RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA

Este es el único protocolo práctico de control para reducir pérdidas debidas a enfermedades bacteriales en maíz y sorgo granífero. Además de ser económico, la resistencia del hospedero es ambientalmente segura. En Estados Unidos de América se tiene un gran número de líneas endogámicas tolerantes a enfermedades bacteriales.

Como ejemplo, se tienen las líneas endogámicas de maíz, Mo 17 y B 73.

PROGRAMAS DE CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS

Cuando las bacterias fitopatogénicas se sabe que se mantienen en el suelo, se hace imperativo que la semilla que se compre y siembre sea certificada y libre de enfermedades de tipo bacterial.

ENFERMEDADES DEL SORGO Y MAÍZ CAUSADAS POR *Fusarium* sp.

Douglas J. Jardine*

Kansas está ubicado en la parte central de los Estados Unidos de América. Tradicionalmente ha sido uno de los estados de mayor área de sorgo sembrada en dicho país, con una extensión promedia de 1,4 millones de hectáreas .

Las condiciones climáticas de Kansas son bastante variables. En la porción occidental del Estado, las elevaciones llegan a los 1.250 metros de altitud. La lluvia promedia anual es de 380 mm. En esta parte del Estado, el uso de la irrigación es normal. El agua viene del acuífero Ogallala, a unos 60 metros de profundidad de la superficie del suelo. Mientras se viaja hacia el este del Estado, la elevación decrece a los 300 metros y la precipitación pasa de los 1000 mm.

En la primera parte de mi conferencia voy a presentar los trabajos que se han hecho en una enfermedad de las plántulas del sorgo, causada por el patógeno *Fusarium graminearum*. A mediados de 1980 diagnosticué muchos problemas en plántulas de sorgo, debido a enfermedades. Los aislamientos indicaron que la causa principal de éstos, se debía fundamentalmente a *F. graminearum*. El problema parecía estar confinado en la parte central del Estado. Nuestra primera tarea fue la de tratar de determinar porqué este problema se había establecido en un área geográfica específica. Se trató de identificar los factores comunes de producción en esta zona, que pudiesen ser diferentes a otras áreas dentro de Kansas. Algunas de las observaciones señalaron que el mayor problema se debía a las siembras hechas en junio, comparadas con las de mayo, realizadas en otras regiones del Estado. En Kansas, mayo es más frío y más húmedo que junio. Más a menudo, los híbridos que mayores problemas tenían eran los de granos de colores cremas y amarillos, comparados con los de coloraciones bronce o rojas. Además, los suelos en la parte central del Estado son mucho más ácidos que en las otras áreas, con un pH por lo general menor de 5,0. La mayoría de los cultivadores de sorgo usan herbicidas pree-

* Department of Plant Pathology, Kansas State University, Manhattan KS 66506-5502 USA.

mergentes con atrazina (Aatex 90, de la Ciba Geigy Corp.), alaclor (Lasso, Monsanto Corp.) y metalaclor (Dual, Ciba Geigy Corp), frecuentemente los más usados. Los herbicidas antidotos fluorazol (Screen, Monsanto Corp.) y CGA- 92194 (Concept II, Ciba Geigy Corp) se han empleado también.

Las investigaciones iniciales se realizaron en el invernadero, para determinar si alguno de los factores observados tenía influencia en el desarrollo de la enfermedad. Puesto que la temperatura del suelo en junio es mucho más caliente que en mayo, se evaluó primero el efecto de este factor edáfico sobre el problema a estudiar. El cultivar de sorgo, DK-42Y, de la Dekalb-Pfeizer Sced Co., se sembró a 25 y 30°C, con y sin *F. graminearum*. Cuando este hongo estuvo ausente, el híbrido de sorgo creció mejor a 30°C. (Figura 1). En presencia del patógeno, no hubo diferencias en el crecimiento de las plántulas a cualquier temperatura.

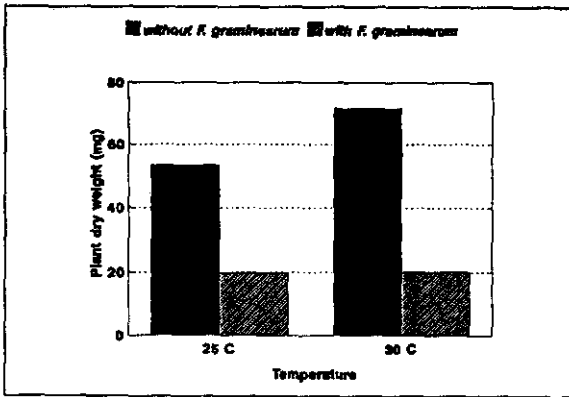


FIGURA 1

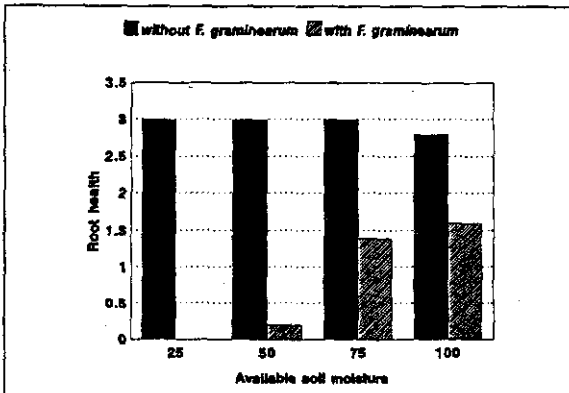


FIGURA 2

Se observó también que los síntomas de campo eran a menudo más severos bajo las condiciones de suelo seco. Para entender mejor este factor, se planeó un experimento en donde las plantas de sorgo crecieron bajo variables niveles de humedad. Cuando la humedad del suelo estuvo a la capacidad de campo, se lo calificó como 100% de humedad disponible. Cuando las plantas llegaron a un punto de permanente marchitamiento se consideró como 0% de humedad disponible. El experimento se diseñó de tal manera que las plantas estuviesen expuestas a 25, 50, 75 y 100% de humedad disponible. Igualmente las plantas crecieron en presencia y ausencia de *F. graminearum*. En ausencia del hongo, no hubo diferencias en el desarrollo normal de las plantas. (Figura 2).

En presencia del patógeno se observó una interacción significativa entre la enfermedad y la humedad. La salud de las raíces se redujo a todos los niveles de humedad estudiados, notándose además que la reducción fue decreciente hasta llegar a 25% de humedad disponible cuando las plantas murieron. (Figura 2).

Puesto que el problema se tipificó en suelos con un pH bajo, en invernadero también se estudió este factor sobre el desarrollo del sorgo. Se comenzó con un suelo normalmente ácido y con pH a 3,8; 5,0; 6,1; 7,2 y 8,1. Cuando las plantas de sorgo crecieron en ausencia de *F. graminearum*, las raíces no se afectaron en suelos con pH de 6,1; 7,2 y 8,1. (Figura 3). En suelos con pH de 5,0 y 3,8 la salud de las raíces declinó. En presencia del hongo, las raíces sufrieron en todos los niveles de pH, presentándose los mayores daños en los suelos con pH de 5,0 y 3,8. (Figura 3).

El último factor de producción estudiado en invernadero fue el correspondiente al efecto del herbicida y el hongo sobre el desarrollo de las plantas de sorgo. Como en experimentos previos, las plantas de sorgo crecieron en presencia o ausencia de *F. graminearum*. Los tratamientos adicionales se complementaron con plantas a las cuales se les aplicó flurazol, CGA-92194 atrazina, alaclor, metolaclor, alaclor + atrazina y metolaclor + atrazina. C9A-92194 y todos los otros herbicidas redujeron ligeramente la emergencia de las plántulas, comparado con el testigo —no herbicida—. (Figura 4). En presencia del patógeno los resultados fueron variables, notándose que la emergencia aumentó ligeramente en algunos casos, mientras en otros disminuyó. (Figura 4). En ausencia del hongo, la salud de las raíces en trata-

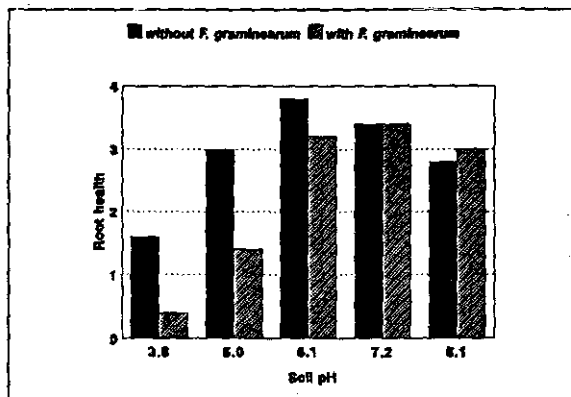


FIGURA 3

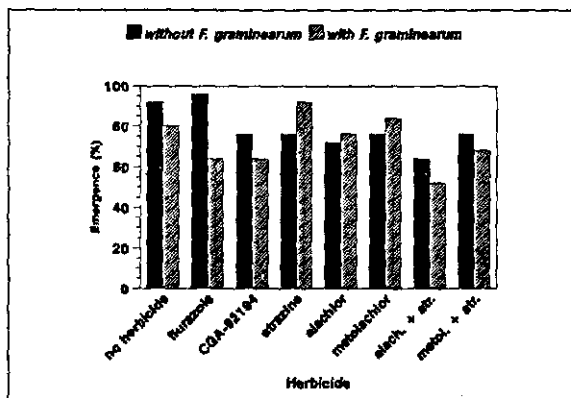


FIGURA 4

miento fue similar. (Figura 5). En presencia de *F. graminearum*, el desarrollo de las raíces declinó en todos los tratamientos, pero particularmente con atrazina, alaclor y atrazina + alaclor. (Figura 5). Finalmente se midió el peso seco de las plantas afectadas por el hongo y los herbicidas. Sin embargo, los herbicidas redujeron significativamente el crecimiento de las plantas después de dos semanas. (Figura 6). Ante la presencia del hongo, el crecimiento de las plantas se redujo aún más, pero en forma aditiva más que interactiva.

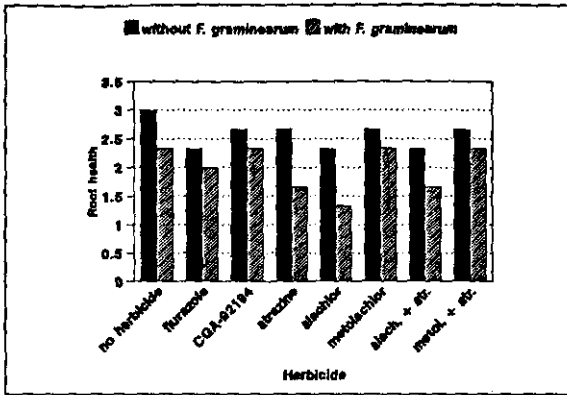


FIGURA 5

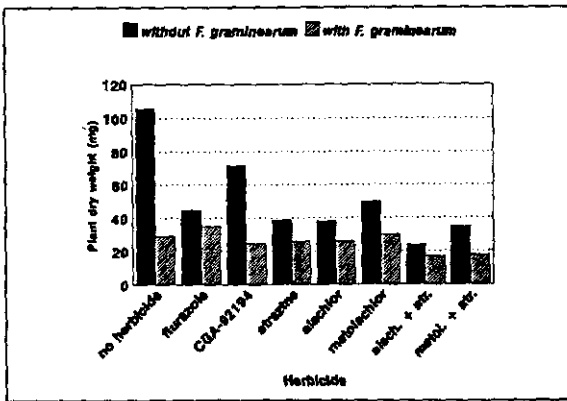


FIGURA 6

ubicó en lotes, en donde antes se había sembrado sorgo o trigo. La no ubicación de parcelas al azar en estos dos lotes, impidió hacer comparaciones directas para los efectos de la respectiva rotación. Se observó que, tanto en las parcelas sembradas previamente con sorgo o trigo, no hubo diferencias en emergencia, debido a los niveles de pH del suelo (Figuras 7 y 8).

De los resultados del invernadero y de una evaluación de aquellas variables que fácilmente pudieron manipularse en el campo, se decidió realizar posteriores pruebas de los efectos del pH y herbicidas en un lote comercial. Las parcelas se establecieron en una finca del condado de McPherson, ubicado en el área central de Kansas. El suelo de esta finca tiene un pH normalmente bajo. Antes de sembrar el experimento, y con base en un análisis de suelo, se aplicó cal. Los tratamientos finales de cal dieron pH de 5,1; 5,7 y 6,1. Para el caso de herbicidas, se usaron los siguientes: atrazina, atrazina + alaclor, atrazina + metolachlor y el testigo, no herbicida. En las parcelas con atrazina + alaclor, la semilla se trató con flurazol y la correspondiente a atrazina + alaclor con CGA-92194. Estos tratamientos se hicieron antes de sembrar la semilla. El experimento se

MAÍZ Y SORGO

En ambas rotaciones, comparado con los otros herbicidas aplicados, la mezcla atrazina + alaclor redujo significativamente la emergencia. (Figuras 9 y 10). Evaluaciones de infestación de raíces y desarrollo de raíces secundarias se hicieron aproximadamente 2, 4 y 6 semanas después de la siembra. *F. graminearum* fue el patógeno primario que se encontró en las parcelas del experimento.

También se recobró una menor cantidad de *F. moniliforme*, población de cruzamiento "A" (Figura 11). En las parcelas con pH 5,1, localizadas en rotación con trigo o con sorgo fue en donde se presentó el mayor nivel de infestación y el menor número de raíces secundarias (Figuras 12 y 13). La salud de las raíces, medida en función del porcentaje de su infestación, en todos los tratamientos con pH en ambas rotaciones, mejoró con el tiempo. En forma similar, el desarrollo de las raíces secundarias fue mucho más pobre a un pH de 5,1, comparado con los pH 5,7 ó 6,1. (Figuras 14 y 15).

Para los herbicidas, en ambas rotaciones, la infestación de las raíces fue mayor con la aplicación de atrazina + alaclor que con los otros usados. (Figuras 16 y 17).

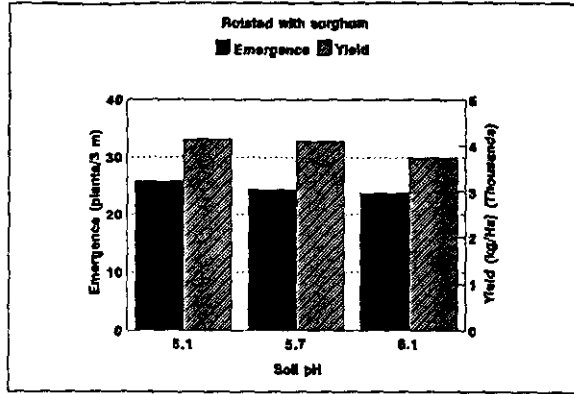


FIGURA 7

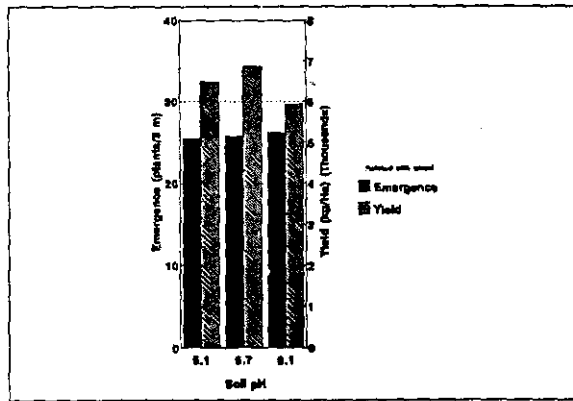


FIGURA 8

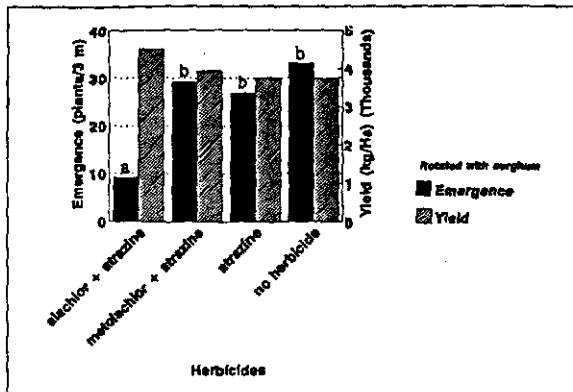


FIGURA 9

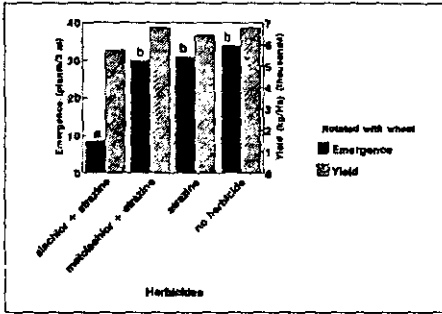


FIGURA 10

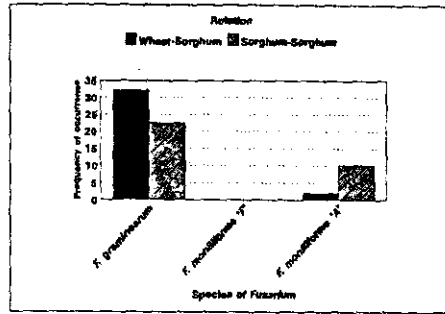


FIGURA 11

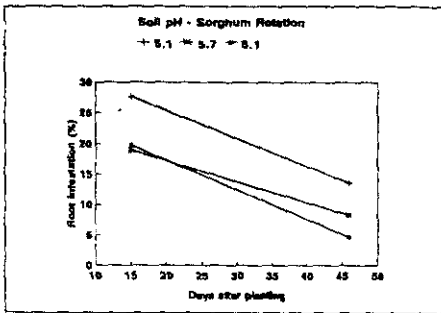


FIGURA 12

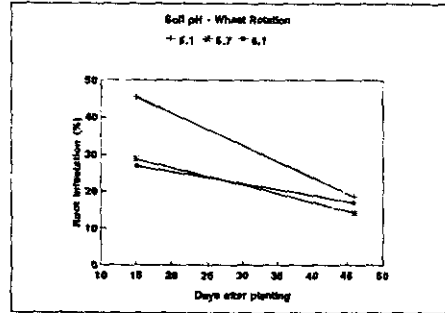


FIGURA 13

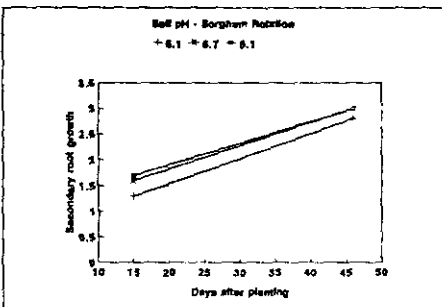


FIGURA 14

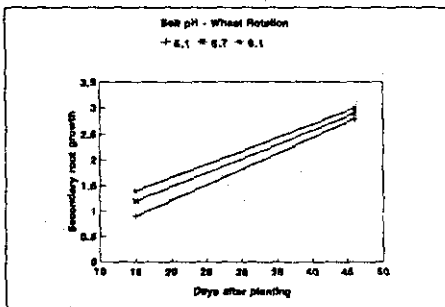


FIGURA 15

MAÍZ Y SORGO

En general, la infestación total de las raíces fue superior en la rotación con trigo, comparado con la de sorgo. La infestación de las raíces fue significativamente menor en el tratamiento testigo (no herbicida). Los niveles de la infestación fueron intermedios para la atrazina y la atrazina + metalaclor. Como con el pH, la infestación se correlacionó con el desarrollo de las raíces secundarias, siendo el desarrollo más pobre con atrazina + alaclor y el mejor sin herbicida. Figuras (18 y 19).

Al final de la cosecha, se tomaron datos de rendimiento. No hubo diferencias significativas entre cualquiera de los tratamientos, ya sea para pH o herbicida. (Figuras 7 y 8). Esta recuperación en el rendimiento, aún de la más escasa población de plantas, sugiere que los agricultores de sorgo de Kansas a menudo se apresuran a resembrar los campos que son lentos de emerger.

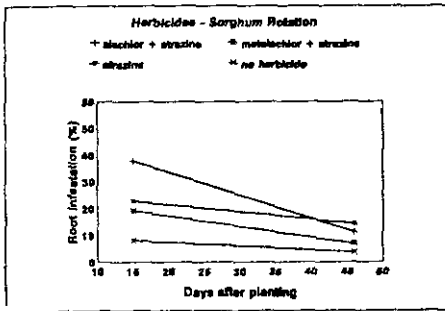


FIGURA 16

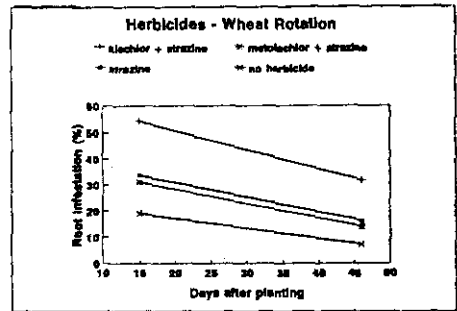


FIGURA 17

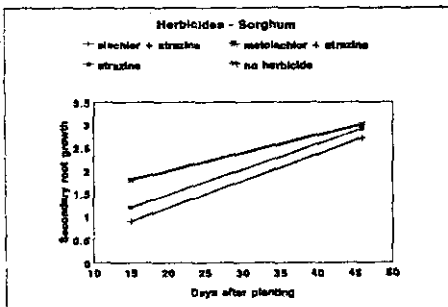


FIGURA 18

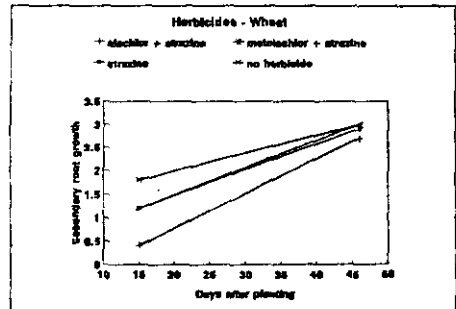


FIGURA 19

BIBLIOTECA AGRONOMA

De los resultados de estos ensayos se han hecho las siguientes recomendaciones a los agricultores de Kansas:

1. Aplique cal al suelo para que quede a un pH de 5,5, pero preferiblemente a 6,0.
2. Evite el uso de alaclor; en especial, cuando se siembren híbridos de sorgo de granos cremas o amarillos.
3. En lo posible, no aplique herbicidas antes de la emergencia, sino como postemergentes.

Además de los experimentos con *F. graminearum* se condujeron ensayos con *F. moniliforme*. En un grupo de estudios en invernadero se quiso determinar si había diferencias en agresividad entre aislamientos representativos de diferentes grupos compatibles dentro de la población de cruzamiento "F". Se coleccionaron aislamientos que ocurrían naturalmente en varias localidades de Kansas y los cuales representaban los mayores grupos vegetativos compatibles dentro del Estado. Los aislamientos se crecieron en palillos, habiéndose hecho las inoculaciones en el cultivar susceptible Wheatland, aproximadamente dos semanas después de la completa floración. Los palillos se insertaron en el pedúnculo, en medio de la hoja bandera y la panícula. Después de 18 días, se partieron los tallos y se midieron las lesiones, habiéndose tomado dos mediciones. En una, llamada lesión principal, se midió la longitud de la lesión que apareció a todo lo ancho del pedúnculo. La segunda medida, designada lesión total, correspondió a la total distancia proveniente de cualquier lado de la herida de la inoculación hasta donde se pudiese ver una porción sin color o sin mancha. 18 días después de las inoculaciones no se observaron diferencias significativas en la longitud de las lesiones (Figura 20). Sin embargo, hubo una amplia variación en la longitud de éstas. Así que para posteriores experimentos se seleccionaron las dos que se consideraron más agresivas y las dos menos agresivas. En el segundo ensayo, los cuatro aislamientos seleccionados y un control estéril se inocularon en cuatro líneas de sorgo; dos de las cuales se habían clasificado previamente como susceptibles (Wheatland y BKS45) y las dos resistentes, (SC599 y B1778). Los procedimientos empleados en este caso, fueron similares a los del experimento anterior. Cuando se compararon las longitudes de la lesión principal, no se presentaron diferencias en agresividad entre los cuatro aislamientos, aun cuando todos causaron lesiones

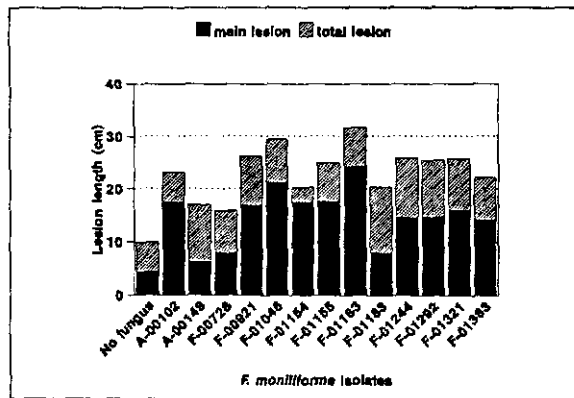


FIGURA 20

significativamente más largas que las del control estéril. (Figura 21). Cuando se promediaron los cultivares a través de los aislamientos, la respuesta fue como la previamente descrita: Wheatland y BKS45, más susceptibles que SE-599 o B1778. (Figura 22).

De este estudio se deduce que parece haber pocas diferencias en agresividad entre los aislamientos de *F. moniliforme*, población de cruzamiento "F" en Kansas. Esto es importante desde el punto de vista del fitomejoramiento, pues los fitogenetistas no tendrán que preocuparse en desarrollar resistencia a razas específicas en cultivares de sorgo. También se comprobó que la población de cruzamiento "A" infectó al sorgo. Sin embargo, no se tuvieron suficientes aislamientos en este estudio, para determinar si este grupo patogénico era más o menos agresivo en sorgo que la población de cruzamiento "F".

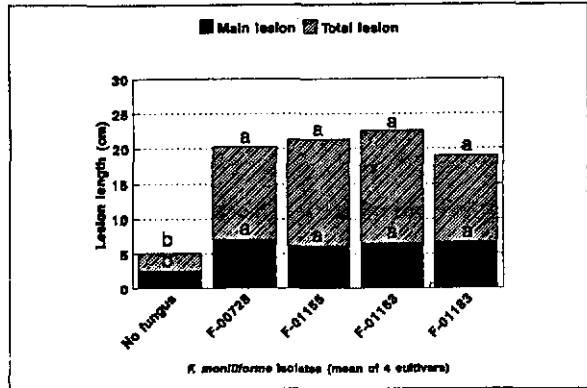


FIGURA 21

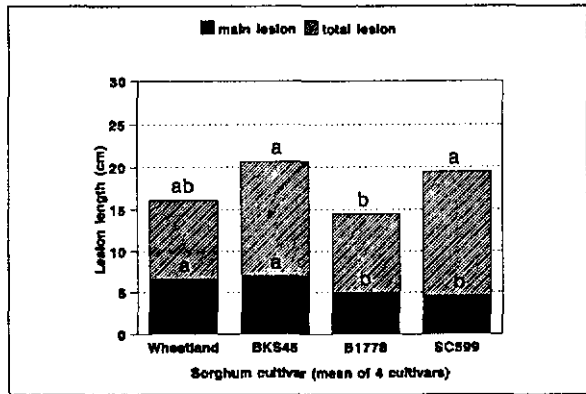


FIGURA 22

Además de la investigación en sorgo, se hicieron algunos cruzamientos relativos a la interacción maíz y *F. moniliforme*. Estos están siendo ejecutados por Mr. John Kedera, estudiante graduado del Departamento de Fitopatología, bajo la asesoría de los doctores Larry Claflin y John Leslie.

En el primer proyecto se está estudiando el movimiento de dicho hongo a lo largo de las plantas de maíz. Primero se trataron con agua caliente semillas de dos líneas endogámicas de maíz, (LH82 y LH 132). Esto con el fin de remover cualquier porción natural de *F. moniliforme*. Luego se inocularon las semillas con estirpes (strains) de *F. moniliforme*, las cuales representaban grupos de distinta compatibilidad vegetativa. El maíz se desarrolló normalmente en el campo hasta su madurez. Cosechado el material, se llevó al laboratorio. De cada planta se hicieron aislamientos de los nudos de los tallos, la tusa, la corona y los granos.

Para su identificación, los aislamientos de *F. moniliforme* que provenían de estos tejidos se compararon con las estirpes originalmente inoculadas.

Los niveles más altos del hongo se encontraron en el tejido de la corona de los granos (Figura 23). A medida que el muestreo progresó hacia arriba de la planta, la frecuencia a la cual se pudo identificar el hongo gradualmente disminuyó. Sin embargo, aun cuando el muestreo se hizo del tejido de la tusa y de semillas individuales, la frecuencia de recuperación del hongo fue todavía de 20% (Figura 23). No hubo diferencias significativas en tal frecuencia de recuperación, ya sea que se analizaran los resultados obtenidos en todas las cuatro líneas o grupos de compatibilidad vegetativa. De este estudio se concluye que la semilla infectada con *F. moniliforme* puede originar una infección sistémica de la planta, sugiriendo a la vez que la semilla puede ser un importante recurso de inóculo para causar pudriciones, tanto en el tallo como en la mazorca.

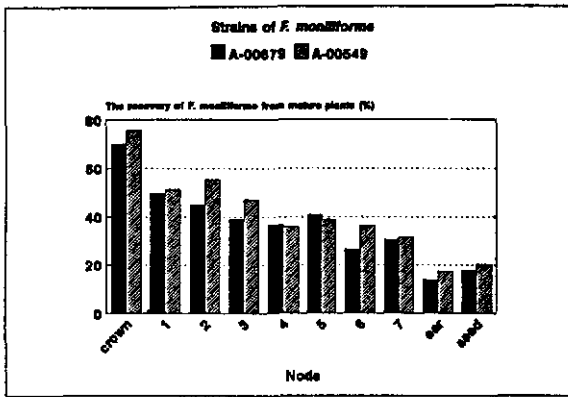


FIGURA 23

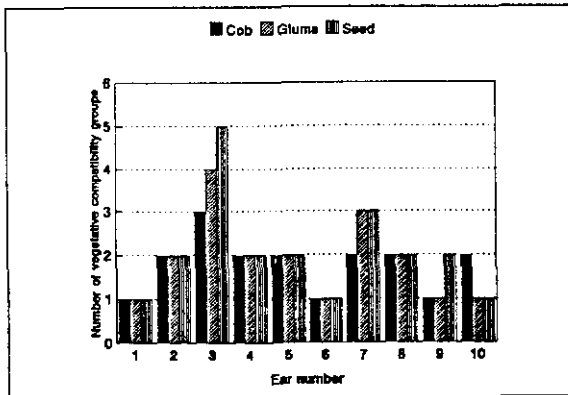


FIGURA 24

En un segundo grupo de experimentos en maíz, se recobró *F. moniliforme* de las tusas, glumas y granos de mazorcas cogidas al azar, en un campo infectado en forma natural. Estos aislamientos se identificaron y se colocaron en los grupos de compatibilidad vegetativa. Todos los tejidos se infectaron con *F. moniliforme* (Figura 24). Sin embargo, algunos tejidos se infectaron con hasta cinco distintas estirpes, genéticamente diferentes del patógeno. Sin conocer la importancia de la especificidad de razas en maíz, este aspecto podría resultar en un problema de grandes proporciones para los fitomejoradores de dicha especie vegetal. Esto indica que aun con una carencia de especificidad racial, se debería buscar amplia base genética en el huésped, teniendo en cuenta los niveles de resistencia horizontal a este patógeno.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DE LAS ENFERMEDADES VIRÓSICAS DEL SORGO. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS Y SU MANEJO

*Laura M. Giorda**

RESUMEN

El cultivo del sorgo es afectado por enfermedades virósicas, inducidas en condiciones naturales o experimentales por 19 virus. Sin embargo, las más importantes y de difusión mundial son las causadas por razas de SCMV/MDMV.

En la actualidad, 21 razas de estos grupos han sido clasificadas taxonómicamente en 4 potyvirus distintos: sugarcane mosaic virus (SCMV), maize dwarf mosaic virus (MDMV), Johnsongrass mosaic virus (JGMV) y sorghum mosaic virus (SrMV). Se analiza la utilización de síntomas indicadores formados por cultivares de sorgo y avena, como diagnóstico inicial para la identificación de cada grupo.

Identificación de resistencia o tolerancia a MDMV o JGMV (SCMV-JG Australia) fue realizada con base en la severidad de la enfermedad y/o su efecto en el rendimiento, asociándose a la reacción a mosaico.



FOTOGRAFÍA 11. Virosis

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

* Coordinadora Subprograma Nacional de Sorgo del Inta Argentina.

Por otra parte, el área bajo el progreso de la enfermedad y acumulación de virus en el tiempo (AUDPC) fue utilizado como medida cuantitativa para determinar la genética de resistencia a MDMV-A. El análisis dialélico por acumulación de virus demostró que la variación genética era principalmente aditiva y que dominancia por resistencia a acumulación de virus era responsable por la variación no aditiva.

Además se identificaron efectos citoplasmáticos en Tx430, analizados en cruzamientos recíprocos con Tx378 y Tx398. Incompatibilidad entre hospedantes y patógeno condicionada por el gen mayor K (Krish) y utilizada extensivamente en programas de mejoramiento, no resultó la mejor alternativa como fuente de resistencia durable a JGMV.

La selección de genotipos que desarrollen síntomas de mosaico suave, pero con concentraciones relativamente bajas de virus, podría constituir una fuente de resistencia durable a este grupo de potyvirus; o sea, las fuentes de resistencia deberían buscarse en germoplasma no sólo resistente a la enfermedad, sino también tolerante al virus, donde la acumulación del mismo sea baja.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades virósicas son problemas de importancia en muchos cultivos y las medidas para superar los efectos dañinos de los virus no son simples (4,12). El sorgo es uno de los cultivos afectados por distintos virus, mencionándose en la literatura 19 virus (28-30), inclusive sorghum yellow banding virus (15). Algunos de ellos afectan el sorgo bajo condiciones experimentales solamente (30). De éstos, un reovirus con características idénticas al maize rough dwarf virus se encontró en 1991, afectando naturalmente *sorghum bicolor* en las áreas sorgueras de la provincia de Córdoba-Argentina (16,21). Sin embargo, entre las enfermedades virósicas causadas por estos virus, la más importante y de difusión mundial en las áreas sorgueras es la causada por el grupo de potyvirus, ya sea sugarcane mosaic virus (SCMV) o maize dwarf mosaic virus (MDMV).

La respuesta fenotípica a la infección por este virus varía, según la raza o aislamiento considerado, genotipos de sorgo afectados, interactuando con condiciones de temperatura y momento de inoculación o infección natural. Los síntomas varían en severidad, desde mosaico suave, necrosis severa hasta la muerte de la planta, dependiendo de la virulencia o agresividad de la raza de virus en relación a la especificidad del hospedante y el tipo de acción genética que controla la severidad de la enfermedad.

INTERRELACIÓN DE LOS GRUPOS SCMV/MDMV

Maize dwarf mosaic virus está relacionado al grupo de sugarcane mosaic virus en rango de hospedantes, morfología y estructura de la partícula, propiedades

MAÍZ Y SORGO

físicas y biológicas, modo de transmisión y aspectos serológicos y moleculares de la nucleoproteína (11,18).

En USA fueron descritas 13 razas de SCMV designadas como A, B, C, D, E, F, G, H, I, J (JG), K, L y M (24-32) y 8 razas de MDMV (A, B, C, D, E, F, F, KSI y O). En regiones mediterráneas fueron identificados otros potyvirus, como sorghum red strip virus (SRSV) y maize mosaic virus european and indian types, los cuales muestran similitudes a SCMV y MDMV (32). En Australia, 4 razas de SCMV han sido descritas con base en rango de hospedantes y propiedades antigénicas. Estas fueron designadas como Johnsongrass (SCMV-JG), sugarcane (SCMV-SC), Queensland blue couch grass (SCMV-BC) y sabi grass (SCMV-Sabi) (17,24).

Las interrelaciones entre las razas de MDMV y SCMV son complejas y difíciles de determinar (34). Shukla *et al.* en 1989 (24), compararon 17 razas de SCMV/MDMV de Australia y USA, con base en la reacción serológica de las mismas, usando anticuerpos policlonales fraccionados hacia el N terminal de la cobertura proteica ("virus-specific antibodies directed towards the N-termini of coat protein using an electro-blot immunoassay"). Este N-terminal es la zona de la cobertura proteica ("coat protein") de un potyvirus que contiene los principales "epitopes" específicos del virus (24, 25 y 26). Estos autores propusieron agrupar las 17 razas en 4 clases que representan 4 potyvirus distintos: Johnsongrass mosaic virus (JGMV), maize dwarf mosaic virus (MDMV), sugarcane mosaic virus (SCMV), y sorghum mosaic virus (SrMV). Posteriormente Mekern *et al.* (19) confirmaron esta clasificación comparando 6 razas de SCMV, 3 razas de JGMV y 2 razas de MDMV y SrMV, mediante el uso de perfiles pépticos ("peptide profiles") de la cobertura proteica. En el Cuadro 1 se resume la nueva agrupación de potyvirus de sorgo, de los cuales los más importantes son MDMV y JGMV (SCMV-JG) en Australia.

Otros potyvirus que fueron descritos afectando sorgo en distintos países, como por ejemplo MDMV-V en Venezuela (7, 31), MDMV-D en Israel (3), MDMV y SCMV en Honduras (33) y Argentina, SCMV en Africa (6) etc, no han sido investigados agronómicamente según la metodología propuesta por Shukla o Mekern *et al.* (19, 24) para incluirlos en algunos de los subgrupos propuestos (Cuadro 1).

HOSPEDANTES DIFERENCIALES DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE POTYVIRUS

Los criterios para distinguir virus se basan en distintas propiedades, incluyéndose entre ellas, en forma limitada, rango de hospedantes y sintomatología (18, 29). Sin embargo, éstas y otras características tradicionalmente usadas como propiedades del virus en la savia, protección cruzada, susceptibilidad del virus a agentes físicos y químicos son consideradas actualmente imprecisas y no confiables para la identificación y caracterización de virus (18). Por otra parte, estudios sobre sintomatología en hospedantes indicadores pueden ser utiliza-

dos en el diagnóstico inicial (29) y ser de gran utilidad no solo en caso de no tener disponibilidades de laboratorio para análisis serológicos o bioquímicos, sino que permite "controlar" la aparición de nuevas razas o virus a través de la respuesta fenotípica diferencial en genotipos resistentes.

CUADRO 1. Resumen del nuevo agrupamiento de razas maize dwarf mosaic virus y sugarcane mosaic virus de USA y Australia, según descripción de Shukla *et al.*, y McKern *et al.*¹.

JGMV	CMV-JG JG (Australia)	
	MDMV-O (USA)	
	MDMV-KS1 (USA)	
MDMV	MDMV-A (USA)	
	MDMV-D (USA)	SCMV-Jg (USA)
	MDMV-E (USA)	MMV-Et (Yugoslavia)
	MDMV-F (USA)	
	MDMV-B (USA)	
SCMV	SCMV-A (USA)	SCMV-SC (Australia)
	SCMV-B (USA)	SCMV-BC (Australia)
	SCMV-D (USA)	SCMV-Sabi (Australia)
	SCMV-E (USA)	
	SCMV-Isis (USA)	
SrMV	SCMV-I (USA)	
	SCMVM (USA)	

¹ Shukla *et al.*, 1989 y Mckern *et al.*, 1991.

Cultivares de sorgo infectados con MDMV o SCMV desarrollan tres síntomas distintivos, dependiendo del genotipo y ambiente: síntomas de mosaico (M) y dos tipos de reacciones necróticas designadas como "red leaf" (RL) y "red stripe" (RS). Los síntomas de la "red leaf" se caracterizan por necrosis del tejido, desarrollando una reacción anticianica de color rojo, púrpura o castaño, según el genotipo, cuando las plantas infectadas son inducidas en condiciones de temperaturas de 20°C. Por el contrario, los síntomas de "red stripe" se desarrollan sobre líneas susceptibles, independientemente de la temperatura, aunque éstas sean de 27°C o superiores (11, 12, 23,28).

Tosic *et al* (32) diferenciaron los 4 nuevos grupos taxonómicos de potyvirus y sus razas que afectan el sorgo a través de las reacciones en avena y 11 cultivares de sorgo a infecciones de 15 razas de SCMV, MDMV, SrMV y JGMV. Con base en la descripción de estos autores y las observaciones realizadas por otros investigadores en razas idénticas o no, se resumieron en el Cuadro 2 los principales hospedantes y sus síntomas, que permiten diferenciar en general los grandes grupos. Hay algunas leves diferencias en la sintomatología presentada por distintos autores en relación a las mismas razas de virus

y genotipo, describiéndose en este cuadro solamente el síntoma más frecuente (1,2,7,8,9,10,31,32).

Como se observa en el Cuadro 2, el síntoma de mosaico suave en avena cultivar Elintland y sorgo RTx430 y las necrosis en OKY8 ("red stripe") separan JGMV del resto; mientras que la necrosis suave en Rio ("red leaf") identificaría MDMV de los grupos SCMV, SrMV, JGMV y MDMV-V donde la reacción es de mosaico.

CUADRO 2. Resumen de la reacción de cultivares de sorgo y avena a infecciones de maize dwarf mosaic virus (MDMV), sugarcane mosaic virus (SCMV, johnsongrass mosaic virus (JGMV) y sorghum mosaic virus (SrMV)¹

Hospedante	Potyvirus de sorgo					MDMV-A (Arg)
	MDMV	SCMV	SrMV	JGMV	MDMV-V	
Rio	Nsu (RL)	M ^x	M	M ^x	M	Nsu(RL) ²
BTx398	M	ss,M	M	M	M	M
RTx430	Nsu (RL)	Nsu	Nsu	M	Nse	Nsu(RL)
SA8735	M	M	M ^y	RS ^y	NSe	M
OKY8	M	ss,ocM ^z	M	M	M	M
SC0097-14E	M	ss(1)	ss(1)	M	ss(1)	M
QL11	ss(1)	ss(1)	ss(1)	RL	ss(1)	ss(1)
QL35	ss(1)	ss(1)	-	RL	-	ss(1)
QL36	ss(1)	ss(1)	-	M	-	ss(1)
Avena (Clintland)	ss(1)	ss(1)	ss(1)	Msu	-	ss(1)

1 Tomic *et al*, 1990; Toler *et al*, 1982; Persley *et al*, 1977; Giorda *et al*, 1986; Giorda, 1983; Garrido, 1989.

2 Las abreviaciones para síntomas son las siguientes:
Nse= Necrosis severa; RL="red leaf" RS="red stripe"; ss= sin síntomas; I= Inmune; = sin observación.

3 Tomic *et al*, observaron

x, ocasionalmente necrosis en Rio causada por SCMV-B(SeMV) y SCMV-H.

y, ocasionalmente necrosis producida por SCMV-H y SCMV-I (SrMV).

z, estrias necróticas en hojas nuevas e inoculadas inducido por SCMV-B.

El cultivar SC0097 desarrolla mosaico únicamente como respuesta a la infección de MDMV o JGMV, pero estos dos grupos pueden separarse a su vez por su reacción en RTx430 y Rio. La raza venezolana de MDMV (MDMV-V) se distingue por la severa reacción necrótica con muerte de las plantas que se observa en RTx430, SA8735 y el híbrido ATx623xRTx430 (Garrido, 1989 y Miller, comunicación personal). Este híbrido también reacciona con síntomas de necrosis frente a infecciones de SCMD-H y MDMV-B (1,2,8). Sin embargo, estas dos razas se diferencian del MDMV-V a través de BTX398, genotipo que no reacciona con síntomas frente a infecciones de MDMV-B. A su vez, SCMV-H se diferencia de MDMV-V no solo por la reacción más atenuada que induce el primero en RTx430, sino también a través

del cultivar SC170-14, en el cual se observa mosaico y necrosis frente a infecciones de SCMV-H y MDMV-V, respectivamente (7). El aislamiento argentino de MDMV-A respondió tanto en síntomas sobre los hospedantes diferenciales como en la forma de herencia- reacción mosaico dominante sobre necrosis ("red leaf") e inmunidad o alta resistencia conferida por el gen k dominante sobre mosaico y necrosis - al aislamiento Tx de MDMV-A (Giorda, comunicación personal).

Las razas de los grupos SCMV y SrMV son más difíciles de diferenciar a través de hospedantes diferenciales formados por cultivares de sorgo, siendo necesario una observación más precisa de los síntomas y su distribución en la planta (lesiones locales o sintémicas).

CONTROL GENÉTICO DE LOS PRINCIPALES VIRUS DE SORGO

Las distintas formas en que las plantas evitan ser dañadas por enfermedades virósicas son evasión o alguna habilidad inherente al hospedante para prevenir la infección a través de resistencia al virus o a los vectores. Cada característica puede ser efectiva por sí sola o combinada con otras, pero la situación está en un estado de flujo (3,11). El uso de variedades, con algún tipo de resistencia al virus o a los vectores, ha sido usado para evitar pérdidas causadas por enfermedades virósicas como así también para evitar o limitar el desarrollo de epidemias. La forma más práctica de control de SCMV o MDMV en sorgo es el estudio de cultivares resistentes. En este sistema se reconocen distintos tipos de resistencia: inmunidad, "resistencia" y tolerancia, las que fueron establecidas con base en severidad de la enfermedad y/o rendimiento (12,27,28,30).

La susceptibilidad a MDMV o SCMV ha sido asociada en sorgo con la reacción necrótica, mientras que el síntoma de mosaico es considerado una reacción resistente, debido a que la disminución de los rendimientos de plantas que exhibían esta reacción no es significativa, en relación con las pérdidas ocasionadas en plantas que muestran la reacción necrótica (1,12,27).

La herencia a la reacción de mosaico y necrosis ha sido estudiada por Persley *et al.* (22,23) para JGMV (SCMV-Jg). La presencia del alelo recesivo en homocigosis (rif) condiciona la expresión de necrosis ("red leaf"), cuando las plantas han sido expuestas a efectos de bajas temperaturas (20°C). Los síntomas de mosaico son expresados en presencia del alelo dominante RLF y en ausencia del gen N. La presencia de un gen dominante N en el hospedante resulta en la expresión de la reacción necrótica "red stripe" (23,27). Persley *et al.* demostraron que los genes que condicionan síntomas necróticos de "red leaf" (rif) y "red stripe" (N) son heredados en forma independiente (23).

Los híbridos F1 de red leaf x mosaico producen síntomas de mosaico solamente, indicando que la reacción "red leaf" es recesiva a mosaico, mientras que la reacción "red stripe" se mostró dominante sobre ambos tipos de reac-

ciones: mosaico y "red leaf". Por otra parte, Conde *et al* (5) describieron inmunidad (plantas sin síntomas postinoculación) a JGMV (SCMV-Jg) condicionada por el gen krish. Este tipo de resistencia depende de un gen mayor K, con resistencia (plantas sin síntomas) dominante sobre susceptibilidad (plantas con síntomas). Plantas que contienen este gen K, eran inmunes a la infección sistémica, siendo este carácter condicionado por el gen mayor K, con reacción dominante. Esta característica del gen krish, confiriendo una elevada resistencia (plantas sin síntomas) a JGMV (SCMV-jg), no se restringió solo a esta raza, sino que abarcó distintos aislamientos y razas de SCMV y MDMV y fue usado extensivamente en los programas de mejoramiento en los principales países productores de sorgo (13,22).

En 1985 Persley *et al* (22) informaron la presencia de síntomas de "red stripe" en un híbrido, donde uno de los progenitores tenía resistencia en krish, demostrando posteriormente que este nuevo aislamiento de JGMV (SCMV-JG) fue capaz de romper la resistencia del gen K. De esta manera, genotipos como QL 11 y QL35 reaccionan al nuevo aislamiento con síntomas de "red leaf" mientras que QL20, QL36 y QL28 expresan mosaico o mosaico severo, respectivamente. Todos estos materiales tenían incorporado el gen K a través de un programa de retrocruzamiento, ya que la resistencia en krish es monogénica dominante (5,13,23,27).

En Argentina, aún se mantiene la resistencia del gen K a infecciones de MDMV-A, lo cual aparentemente es extensivo a otros países de América.

Estos estudios de genética de resistencia a SCMV-JG o MDMV-A en sorgo se basaron solamente en la reacción del hospedante. Otras investigaciones se realizaron con el fin de determinar el tipo de acción genética que controla la severidad de la enfermedad. Estos estudios se realizaron utilizando como medida el área bajo el progreso de la enfermedad y acumulación de virus en el tiempo (AUDPC) en un cruzamiento dialélico completo (13). Este parámetro, AUDPC, es una medida cuantitativa de la resistencia total desde que combina componentes de resistencia como eficiencia de infección, período de latencia (demora en la expresión de síntomas) y concentración de virus en un valor (13). Representa, por otra parte, una integración del hospedante, patógeno y efectos ambientales que ocurren durante el período de tiempo del cultivo en condiciones endémicas o epidémicas, permitiendo un análisis de estas últimas.

Para la obtención del AUDPC se realizaron en el período del cultivo, y sobre las mismas plantas, distintas evaluaciones de severidad en el tiempo, con base en una escala de 1 (sin síntomas) a 65 (muerte de la planta) que considera el porcentaje del área de las hojas con síntomas de mosaico o necrosis y acumulación de virus en el tiempo medida a través de los valores de ELISA (13).

Valores medios de AUDPC fueron calculados por repetición para los padres y las poblaciones filiales F1 y F1 recíprocas para caracterizar la herencia de la resistencia a MDMV-A con base en el modelo de Mather y Jinks (20). El análisis dialélico por acumulación de virus demostró que la variación genética

era principalmente aditiva y que dominancia por resistencia a acumulación de virus fue responsable por la variación no aditiva. Por otra parte se identificaron efectos citoplasmáticos en Tx430 (13).

El efecto dominante de Tx430 como progenitor femenino o masculino puede ser claramente visualizado en las Figuras 1 y 2. En este diagrama, están representadas solo tres fechas de evaluación de la severidad de la enfermedad a través de síntomas en los cruzamientos ATx398 x RTx430, ATx378 x RTx430 y sus correspondientes recíprocos. En estos últimos, el patrón de severidad de los cruzamientos en que TX430 participó como progenitor femenino es idéntico al obtenido de RTx430. Observando estos diagramas (Figuras 1 y 2) se deduce que si solamente una lectura o evaluación de la severidad de la enfermedad se hubiera realizado durante toda la estación de cultivo, la presencia de plantas infectadas con virus, pero sin síntomas visibles, hubiera interferido en el análisis de los datos. Un razonamiento similar podría ser aplicado en el caso que estudios sobre sistemas genéticos que condicionan resistencia a un virus, se basen en incidencia de la enfermedad en lugar de severidad. En las Figuras 3A y 3B pueden observarse algunos ejemplos de la incidencia de MDM V-A en distintos progenitores, sus F1 y cruzamientos recíprocos. Si bien tres evaluaciones durante el crecimiento del cultivo no son suficientes, se puede notar claramente el patrón de dominancia.

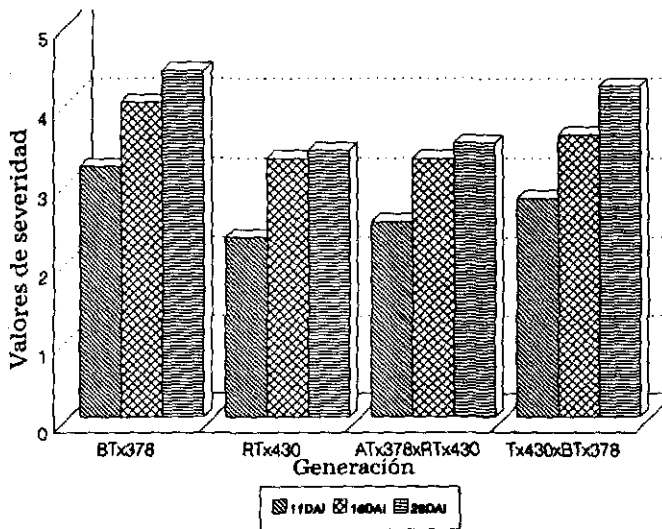


FIGURA 1. Valores medios de severidad de la enfermedad evaluada a los 11, 16 y 28 días posteriores a la inoculación (DPI), para progenitores y las progenies F1. Cultivares BTx378, RTx430 y los cruzamientos recíprocos de Tx378 y Tx430.

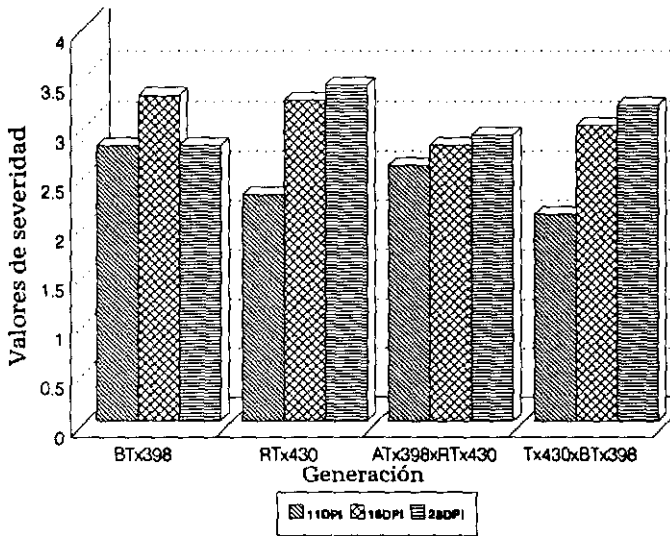


FIGURA 2. Valores de severidad de la enfermedad evaluada a los 11, 16 y 28 días posteriores a la inoculación (DPI), para progenitores y las progenies F1. Cultivares BTx398, RTx430 y los cruzamientos recíprocos de Tx398 x Tx430.

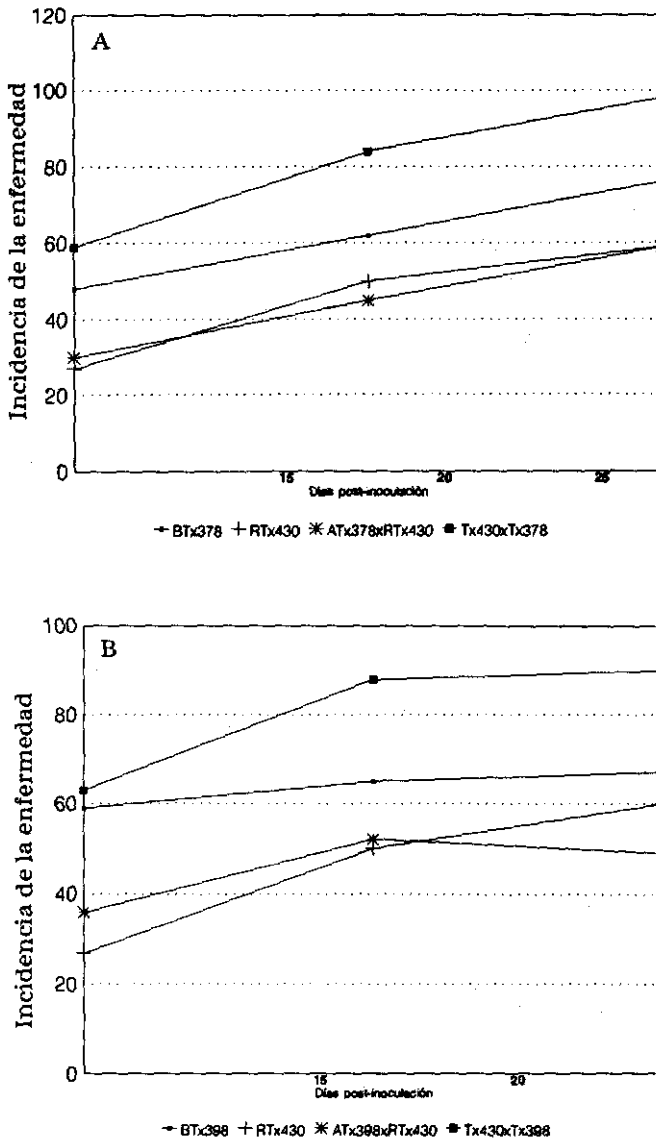
CONCLUSIONES

Las interacciones entre hospedantes y patógeno son complejas y las enfermedades originadas de esta interacción están influenciadas por variaciones en el hospedante, patógeno y ambiente. Estas interacciones son especialmente importantes en las relaciones de parásitos obligados, como los virus y sus hospedantes. Pequeños cambios en el virus (nuevas razas) pueden originar grandes diferencias en su patogenicidad.

El grupo de SCMV y MDMV muestra una gran variabilidad y comprender la misma es importante para estudiar los aspectos epidemiológicos que permiten elaborar estrategias de manejo de la enfermedad y también cuando se considera la reacción en el hospedante como parámetro en el mejoramiento por resistencia.

Persley *et al.* (22) consideran que el uso de fuentes de resistencia monogénica para el control de potyvirus es incierta en el largo plazo, enfatizando la selección de genotipos que desarrollen síntomas de mosaico suave, ya que estos materiales no inducen pérdidas significativas en el rendimiento.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES



A Cultivares Tx398, Tx430 y cruzamientos recíprocos.
 B Cultivares Tx378, Tx430 y cruzamientos recíprocos.

FIGURA 3. Incidencia de la enfermedad (proporción de plantas con síntomas) en padres y generaciones F1 de líneas de sorgo inoculados con MSMV-A;

Sin embargo, algunos de estos genotipos podrían contener concentraciones relativamente altas de virus, lo cual sería favorable para la sobrevivencia biológica del virus, pero no es una característica deseable desde el punto de vista epidemiológico. Un hospedante que mantiene un alto título de virus constituye un perfecto reservorio no solo para el mantenimiento del virus, sino también como fuente de inóculo para la diseminación del patógeno.

Restaría entonces agregar que, de ser posible, las fuentes de resistencia deberían buscarse en germoplasma no solo resistente a la enfermedad, sino también tolerante al virus, donde la acumulación del mismo sea baja.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Alexander, J.D.**, 1983. The effects of maize dwarf mosaic virus strain B on sorghum. M.S. Thesis. Texas A&M University, College Station, Tx. 58 pp.
2. **Alexander, J.D., Toler, R.W y Giorda, L.M.** 1985. Correlation of yield reductions with severities of disease symptoms in sorghum induced with sugarcane mosaic or maize dwarf mosaic virus. Fourteenth Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference. Lubbock, Tx. February 1985.
3. **Antignus, Y.** 1987. Comparative study of two maize dwarf mosaic virus strains infecting corn and johnsongrass in Israel. *Plant Dis* 71:687-681.
4. **Bos, L.** 1983. Ecology and control of virus-induced diseases of plants: a critical synopsis. Pag. 105-174. *In: Advances in applied biology*, T.H. Coaker, ed. Academic Press, New York, N.Y.
5. **Conde, B.D., Moore, R.F., Fleteher, D.S., y Teakle, D.S.** 1976. Inheritance of the resistance of krish sorghum to sugarcane mosaic virus. *Aust. J. Agric. Res.* 27:45-52.
6. **De Milliano, W.A.J.** 1992. Sorghum diseases in southern Africa. Pag.9 19 *In: Sorghum and millets diseases: a second world review.* (de Milliano, W.A.I., Frederiksen, R.A., and Bengston, G.D., eds). Patancheru, A.P. 502324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
7. **Garrido, M.J.** 1989. Virus del mosaico enanizante del maíz-raza venezolana (Mdmv-v). Purificación, serología, cultivares diferenciales y rango de hospederos. M.S. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Venezuela, 123 pp.
8. ————. 1983. Identification and evaluation of the isolate of sugarcane mosaic virus. M.S. thesis, Texas A&M University. College Station, Tx. 169 pp.
9. ————, **Toler, R.W., and Miller, R.F.** 1986. Identification of sugarcane mosaic virus strain H. isolate in commercial grain sorghum. *Plant Dis.* 70:624-628.
10. ————, **Toler, R.W. y Miller, F.R.** 1987. Concentration of maize dwarf mosaic virus strain A in sorghum cultivars with different reaction to the virus. *Sorghum Newsletter* 30:83-87.
11. ————. 1988. Correlation analysis among virus accumulation, disease severity and yield reduction in sorghum cultivars differing in "resistance" to strain A of maize dwarf mosaic virus. Pag.108-141. *In: Interactions of virus accumulation, disease severity, and disease incidence as heritable indicators of host resistance to Mdmv-A and their influence on yield*, PhD dissertation. Texas A&M University. College Station. Tx.219 pp.

12. ————. 1988. Virus accumulation over time as a parameter for assessing "resistance" to Mdmv-vin sorghum. Pag.51-107. *In: Interaction of virus accumulation, diseases severity, and disease incidence as heritable indicator of host resistance to Mdmv-A and their influence on yield*, Ph.D. dissertation. Texas A&M University, College Station, Tx 219 pp.
13. ————. 1988. Genetic of sorghum genotypes to maize dwarf mosaic virus strain A in a diallel cross for disease severity and virus accumulation. Pag. 142-189. *In: Interactions of virus accumulation, disease severity, and disease incidence as heritable indicators of host resistance to Mdmv-A and their influence on yield*. PhD dissertation. Texas A&M University. College Station, Tx.219 pp.
14. ————. 1990. La acumulación de virus como parámetro para determinar "resistencia" a Mdmv-A en sorgo. RIA XXII(1): 128-129.
15. ————, Toller, R.W., y Odvody, G.N. 1992. Sorghum yellow banding virus (SYBV), a new polyhedral virus on *Sorghum* spp. Pag.292-293. *In: Sorghum and millets diseases: a second world review*. (de Milliano, W.A.J., Frederiksen, R.A. and Bengston, G.D., eds). Patancheru, A.P. 502324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropic.
16. ————, y Muñoz, J.O. 1993. A new reovirus disease naturally infecting sorghum bicolor in Argentina. *Sorghum Newsletter* (en prensa).
17. Gouth, K.H. y Shukla, D.D. 1981 Coat protein of potyvirus. I. Comparison of four Australian strains of sugarcane mosaic virus. *Virology* III: 4555-462.
18. Langham, M.A.C. 1986. An analysis of the strain relationship of maize dwarf mosaic virus. PhD, dissertation. Texas A&M University, College Station . Tx 109 pp.
19. McKern, N.M., Shukla, D.D., Toler, R.W., Jensen, S.G., Tomic, M., Ford, R.E., León, O. y Ward, C.W. 1991. Confirmation that the sugarcane mosaic virus subgroup consists of four distinct potyvirus by using peptide profiles of coat proteins. *Phytopathology* 81:1025-1029.
20. Mather, K., and Jinks, J.L. 1977. *Introduction to biometrical genetics*. Chapman and Hall Ltd. London. 231 pp.
21. Muñoz, J.O., Giorda L.M. y Casella, G. 1991. Estudios ultraestructurales de tejidos nooplásticos de sorgo afectados por reovirus y maize rough dwarf virus. Pag. 100-101 *In: Taller de Actualización sobre Mal de Rio Cuarto*. EEA.INTA Pergamino. 30-31 mayo 1991. Argentina. 133 pp.
22. Persley, D.M., Greber, R.S. y Hanzell, G.N. 1987. Isolates of sugarcane mosaic virus johnsongrass strain infecting krish resistant grain sorghum genotypes in Australia. *Sorghum Nwesletter* 30: 72-73.
23. Persley, D.M., Moore, R.F. y Fleteher D.S. 1977. The inheritance of the red leaf reaction of grain sorghum to sugarcane mosaic virus infection. *Aust. J. Agric. Res.*28: 853-858.
25. Shukla, D.D., Tomic, M., Jilka, I., Ford, R.E., Toler, R.W., Y Langham D.S. 1989. Taxonomy of potyviruses infecting maize, sorghum, and sugarcane in Australia and the United State as determined by reactivities of polyclonal antibodies directed towards virus-specific N-termini of coat proteins. *Phytopathology*79:223-229.
26. Shukla, D.D., Strike, P.M., Tracy, S.L., Gouth, K.H. y Ward, C.W. 1988. The N. and C termini of the coat protein of potyvirus are surface located and the N terminus the major virus-specific epitopes. *J. Gen. Virol.*69:1497-1508.

27. **Shukla, D.D. and Ward, C.W.** 1989. Structure of potyvirus coat proteins and its application in the taxonomy of the potyvirus group. *Adv. Virus Res.* 36:273-314.
28. **Teakle, D.S.** 1978. The cause and control of sorghum viral diseases in Australia. Pag.409-415. **In:** G.D. Bengston, ed. sorghum diseases. A World Riview. Oroc. Int. Workshop. Ierisat, Hyderabad, india.
29. **Toler, R.W.**, 1985. Maize dwarf mosaic virus, the most important virus diseases of sorghum. *Plant Dis.* 69:1011-1015.
30. ————, y **Giorda.L.M.** 1992. Detection and identification of viruses and virus diseases of sorghum. Pages.153-159. **In:** Sorghum and millets diseases: a second world review. (de Milliano, W.A.J., Frederiksen, R.A., and Bengston, G.D., eds). Patancheru, A.P. 502324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
31. ————, **Rosenow, D.T., Riccelli y Mena, H.A.** Variability of venezuelan isolate of maize dwarf mosiac virus in sorghum. *Plant Dis.* 66:849-850.
32. ————, 1984. Status of international sorghum viruses and changes in resistance. Pages.33-34 **In Proc.** of the Thirty-ninth Ann. Corn and sorghum Res. Conference. D. Wilkinson and R. Brown, eds. Asta. Washington, D.C.,226 pp.
33. **Tosic, M., Ford, R.E., Shukla, D.D. y Jilka, J.** 1990. Differentiation of sugarcane, maize dwarf, johnsongrass and sorghum mosaic viruses based on reactions of oat and some sorghum cultivars. *Plant Dis.* 74:540-552.
34. **Wall, G.C. y Meckenstock, D.H.** 1992. Sorghum diseases in Central America and the caribbean basin. Pag.67-73 **In:** Sorghum and millets diseases: a second world review. (de Milliano, W.A.J., Frederiksen, R.A., and Bengston, G.D., eds). Patancheru, A.P. 502324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
35. **Ward, C.W., and Shukla, D.D.** 1991. Taxonomy of potyviruses: current problems and some solutions. *Intervirolgy*, 32:269-296.

ESTADO ACTUAL DEL MILDEO VELLOSO EN SORGO

*Richard A. Frederiksen**

Las enfermedades de las plantas, a través de la historia, han mermado los esfuerzos de los agricultores para sembrar cultivos de interés económico. El mildew velloso del sorgo (SDM), como una enfermedad, ha creado más inquietud que otras enfermedades comparativamente de importancia económica. Esto es desafortunado porque, en muchos casos, ha sido una enfermedad de oportunidades en el sentido de llamar la atención para la ejecución de proyectos de mejoramiento de cosechas de tipo interdisciplinario, en donde se había hecho previamente poco, al igual que un medio para la cooperación entre entidades del sector oficial. Por mucho tiempo, el SDM y otros mildews vellosos han causado en ocasiones una innecesaria preocupación y una inapropiada acción de funcionarios que ocupan posiciones con cierta autoridad.

DISTRIBUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS HONGOS QUE CAUSAN MILDEOS VELLOSO

La historia global y la expansión de los mildews vellosos la describieron Frederiksen y Renfro (1977). En dicha revisión los autores trazaron la ruta de los mildews vellosos tropicales alrededor del mundo. Esencialmente, todo cuanto allí se registró y proyectó hace casi dos décadas ha permanecido inmodificado. Ha habido muchas otras revisiones de estas enfermedades, tal como la que hiciera Frederiksen (1980a) en los Estados Unidos de América, pero ninguna define más claramente el status de los problemas de la enfermedad que la hecha por Williams (1984).

* Departamento de Fitopatología y Microbiología. Universidad de Texas A&M. College Station, Texas 77843. EU.

Williams no solo definió la enfermedad y discutió varios problemas que aún prevalecen, sino que proporcionó información sobre técnicas para el manejo de la enfermedad y el control integrado mediante el uso de fungicidas. Hay varios aspectos de estas revisiones que quisiera destacar. Primero, el origen de los patógenos que causan estas enfermedades en maíz y sorgo, parece estar en Asia. Estos patógenos se han diseminado a través de una variedad de métodos (Tabla 1). El mildew velloso de la caña de azúcar se extendió con la distribución de las cañas infectadas. Tan pronto como se descubrió este método de diseminación y se iniciaron los protocolos de sanidad, se contuvo la enfermedad. El control de la diseminación del mildew velloso de la caña de azúcar se acompañó fundamentalmente mediante la eliminación de la distribución de las cañas infectadas, como material de siembra. El mildew velloso del maíz en Tailandia, designado recientemente *Peronosclerospora zea*, se conoce solo en dicho país y no se ha diseminado porque no produce oosporas. El SDM, causado por *Peronosclerospora sorghi* se ha extendido a causa del desarrollo de las oosporas, las cuales van en las semillas como un medio contaminante. Frederiksen y otros (1973) examinaron semillas y porciones de plantas provenientes de semillas infectadas, habiendo encontrado que las glumas adheridas a las semillas de plantas infectadas estaban entre los más importantes medios de contaminación de la enfermedad. Puesto que un hospedero principal produce oosporas y se distribuye comercialmente como alimento, las

TABLA 1. Mildewes velloso tropicales del maíz y el sorgo económicamente importantes.

Patógeno	Enfermedad	Huésped	Método de control
<i>Peronosclerospora sorghi</i>	Mildew velloso del sorgo	Sorgo-Maíz	Resistencia Planta hospedera Químico Cultural
<i>P. sacchari</i>	Mildew velloso de caña de azúcar	Caña de azúcar, maíz	Resistencia planta hospedera Cuarentena
<i>P. zea</i>	Mildew velloso del maíz en Tailandia	Maíz conocido	Resistencia planta hospedera Químico
<i>P. maydis</i>	Mildew velloso de Java	Maíz conocido	Resistencia planta hospedera Químico Cultural
<i>P. heteropogoni</i>	Uno de los varios mildew velloso del maíz en la India	Maíz <i>H. contortus</i>	Resistencia planta hospedera Cultural

oosporas del patógeno se pueden introducir de manera inadvertida. Antes de que la información sobre la expansión del hongo pudiese conocerse, es probable que algunas oosporas llegasen a ser trasplantadas en lotes de granos o semillas para uso comercial. Sin embargo, con el mayor conocimiento público y la promulgación de leyes cuarentenarias, la expansión de la enfermedad por estos métodos de infección se ha reducido grandemente. En Texas, por ejemplo, casi toda la producción de semilla de sorgo proviene de una área relativamente libre de la enfermedad y de semilla con una probabilidad bastante baja de infección (Frederiksen 1980b).

ORIGEN Y VARIABILIDAD DE LOS PATÓGENOS DEL MILDEO VELLOSO TROPICAL

La localización y el origen preciso de estos hongos puede que nunca se conozca. Desde los comienzos de este siglo, las investigaciones han sugerido que los patógenos vinieron de Asia (Kenneth 1981). Estudios hechos por Yao y otros (1991) sustentan el concepto de que estos hongos están estrechamente relacionados. Ensayos con DNA específico servirán para separar especies. La identificación de especies ha sido y continuará siendo de interés de estos hongos estrechamente relacionados. Yao y otros (1991) propusieron que *P. philippinensis* y *P. sacchari* fuesen sinónimos y que los aislamientos de *Peronosclerospora* de Tailandia que el estudiara eran lo suficientemente diferentes de *P. sorghi* como para considerarlos una especie distinta. Yao y otros (1992) sugirieron el nombre de *P. zaeae*. El empleo de las hibridaciones del DNA y el RNA han ayudado a definir las especies de estos patógenos. Comúnmente, las especies de los hongos del mildew veloso tropical pueden distinguirse con base en la longitud de la heterogeneidad de los arreglos (sequences) del separador transcrito interno de las moléculas de 35S rRNA (Yao y otros 1992), lo mismo que como una sonda única molecular genómica del *P. sorghi* (Yao y otros 1991).

Otro evento que debe considerarse es el fenómeno de la variabilidad dentro de especies de estos hongos. Sin duda hay una considerable variación entre los aislamientos de algunos de estos hongos, particularmente *Peronosclerospora sorghi*. Hasta ahora se han publicado seis patotipos (Craig y Frederiksen 1983; Fernández y Meckenstock 1987; Fernández y Schafferth, 1983), como se anota en la Tabla 2, al igual que muchos más que podrían describirse (Pawar, 1986; de Milano y Veld, 1990). Además, aislamientos del hongo pueden fácilmente adaptarse a hospederos. Esto es en particular cierto para aislamientos del hongo que atacan al maíz, como lo señalara M. Bonde (observaciones no publicadas). Dicho investigador notó que aislamientos que él obtuvo para la colección de la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos de América, por lo general no esporulaban bien en maíz. Sin embargo, después de varios pasajes seriados a través del maíz, como hospedero, la esporulación del hongo se incrementó a un nivel satisfactorio. Solo aquellos con resistencia eran amenazados por una variabilidad patogénica.

LOS MÉTODOS DE CONTROL DEL MILDEO VELLOSO

El mildew veloso se controla a través de varios métodos. Estos incluyen la adaptación de la resistencia del hospedero, la intervención química y una gama de controles culturales. Todos ellos son de vital importancia para el control de SMD. Los investigadores de Texas han abogado desde hace más de una década por un control integrado (Odvody y otros, 1992; Frederiksen, 1983; Craig y Odvody, 1992). De manera significativa, las combinaciones de resistencia del hospedero con la aplicación de metalaxyl ha eliminado el mildew veloso, como un problema de producción en Texas en las dos últimas décadas. Los daños ocasionales observados en algunos lotes resultan de sembrar genotipos susceptibles. Por lo general, de semilla híbrida Sorgo-Sudan, a la cual no se le aplicó un profiláctico químico. El mildew veloso del maíz se ha controlado sembrando antes que la temperatura del suelo permita la infección de las plántulas. Se reconoce que en maíz también hay genotipos resistentes al patógeno. El control de otras enfermedades causadas por mildew veloso, en maíz y millo perlado (Pearl Millet) se resume en la Tabla 1.

En general, la resistencia del hospedero, conjuntamente con el control químico, sobre todo metalaxyl proporciona el control más eficiente. El escape a la enfermedad y fechas uniformes de siembra reducen eficientemente los daños, tanto en maíz como en millo perlado, de varios de los otros mildews velosos. Las fechas escalonadas de siembra permiten el incremento del inóculo para las efectuadas más tarde. Esta estrategia representa un excelente método para crear epidemias del patógeno, constituyéndose en un medio apropiado para hacer investigaciones de la enfermedad en viveros.

TABLA 2. Patotipos del *Peronosclerospora sorghi* hallado en condiciones naturales.

Cultivares	Patotipo, número y reacción de las líneas					
	1	2	3	4	5	6
Sorgo						
TX 2536	S	S	S	S	S	S
SC170-6-17	R	S	S	R	R	R
Brandes	R	R	S	S	?	?
TX 430	R	R	S	R	R	R
SC 414	R	R	R	R	S	S
QL-3 India	R	R	R	R	R	S
Localización	EU	EU	EU	Brasil	Honduras	Zimbabwe
Patotipo	Brasil		Argentina India			

RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA

Establecida la introducción del patógeno causante del SDM en los Estados Unidos de América, se ha hecho un considerable progreso en la localización

MAÍZ Y SORGO

de recursos de resistencia, tanto en maíz como en sorgo. Frederiksen y otros (1973), han resumido en una monografía la mayoría de los primeros trabajos hechos en este tema.

Se establecieron programas para incorporar genes de resistencia a cultiva- res de uso común y éstos aún persisten en la actualidad.

Híbridos de sorgo resistentes a SDM se sembraron a partir de 1981 e hí- bridos con resistencia derivada de líneas identificadas en dichas evaluaciones iniciales todavía continúan sembrándolas los agricultores. Sin embargo, para algunos genotipos de sorgo, nuevos patógenos del *P. sorghi* han necesitado de aplicación de fungicidas para evitar la enfermedad. Desde 1973, el SDM ha sido una enfermedad de menor importancia económica en áreas endémicas mildeo vellosa.

OPORTUNIDADES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Como se anotara en la introducción, los mildeos vellosos representan solo una de las muchas enfermedades problemáticas de los cultivos de maíz y sorgo. Estas enfermedades no necesitan ser de mayor o menor importancia como cualquiera otra. En las dos últimas décadas, estas enfermedades se han contro- lado a través de una variedad de métodos. Como consecuencia, la más grande necesidad será la de incorporar estrategias existentes de control en los progra- mas nacionales. Se requerirá de investigaciones posteriores para reducir la vul- nerabilidad, tanto de las estrategias de control genético, como químico. Hasta la fecha ninguno de los mildeos vellosos de las gramíneas ha desarrollado resistencia al metalaxyl, no obstante que varios genes de resistencia del hos- pedero en sorgo han estado sujetos a cambios en la población del patógeno. Se necesitan nuevas y diferentes estrategias para reducir la vulnerabilidad. Será de una gran ayuda emplear nuevos acercamientos biotecnológicos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. Craig, J., and Frederiksen, R.A. 1983. Differential sporulation of pathotypes of *Peronosclerospora sorghi* on inoculated sorghums. *Plant Dis.* 67:278-279.
2. Craig, J., and Odvody, G. N. 1992. Current status of sorghum downy mildew control. Pages 213-217 In: Sorghum millets diseases: a second world review. W.A.J. de Milliano, R.A. Frederiksen and G.D. Bengston (eds). Icrisat. Patan- cheru, A.P. 502 324, India.
3. De Milliano W.A. and In't Veld, N. 1990. Incomplete resistance of the sorghum variety QL-3 (India) against sorghum downy mildew in Zimbabwe. *Sorghum Newsletter* 31:103.
4. Fernández, F.T., and Schaffert, R.E. 1983. The reaction of several sorghum cultivars to a new race of sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) in Southern Brazil in 1982-1983. 1983 *Agron. Abstr.*: 63.
5. Fernández, L.D. and Mackenstock, D.H. 1987. Virulencia de *Peronosclerospora sorghi* en Honduras. *Ceiba* 28:79-100.

6. **Frederiksen, R.A.** 1980A. Sorghum downy mildew in the United States: overview and out-look. *Plant Dis.* 64:903-908.
7. **Frederiksen, R.A.** 1980b. Seed transmission of *Peronosclerospora sorghi* in sorghum: How can it be avoided. Texas Agricultural Experiment Station Misc. Publ. 1453.
8. **Frederiksen, R.A.** 1983. Sorghum downy mildew in Texas, a brief history. Pages 6 in integrated control of sorghum downy mildew. Texas Agricultural Experiment Station MP-1535. 15pp.
9. **Frederiksen, R.A., et al** 1973. Sorghum downy mildew, a disease of maize and sorghum. Texas Agricultural Station Research Monograph 2. 32 pp.
10. **Frederiksen, R.A., and Renfro, B.L.** 1977. Global status of maize downy mildew. *Annu. Rev. Phytopathol.* 15:249-275.
11. **Kenneth, R.G.** 1981. Downy mildews of graminaceous crops. Pages 367-394 in the Downy Mildews D.M. Spencer (ed). Academic Press, London.
12. **Odyody, G.N., Frederiksen, R.A. and Craig, J.** 1983. The integrated control of downy mildew. *Proc. Annu. Corn Sorghum Res. Conf.* 38:28-36.
13. **Pawar, M.N.** 1986. Pathogenic variability and sexuality in *Peronosclerospora sorghi* (Weston and Uppal) Shaw, and comparative nuclear cytology of *Peronosclerospora* species. PhD dissertation. Texas A&M University. 107 pp.
14. **Williams, R.J.** 1984. Downy mildews of tropical cereals. Pages 1-104 In: *Advances in Plant Pathology* 2. D. S. Ingram and P.H. Williams (eds). Academic Press. London. 303 pp.
15. **Yao, Chenglin, Frederiksen, R.A., and Magill, C.W.** 1992. Length heterogeneity in ITS 2 and methylation status of CCGG and GCGC sites in the rRNA genes of the genus *Peronosclerospora*. *Current Genet.* 22:415-420.
16. **Yao, Chenglin, Magill, C.W., Frederiksen, R.A., Bonde, M.R., Wang, Y., and Wu P.S.** 1991. Detection and identification of *Peronosclerospora sacchari* in maize by DNA hybridization. *Phytopathology* 81:901-905

MEJORAMIENTO DEL MAÍZ A DIVERSAS ENFERMEDADES

H. Ceballos y S. Pandey*

RESUMEN

Se mencionan numerosos ejemplos de mejoramiento a enfermedades (*Exserohilum turcicum*, *Bipolaris maydis*, *Puccinia sorghi* y *P. polysora*, *Phyllachora maydis*, *Monographella maydis*, *Peronosclerospora philippinensis* y *P. sorghi*, *Fusarium moniliforme*, *Spiroplasma kunkelii* y Maize streak virus), así como evaluaciones del progreso de la selección. Los resultados demuestran que la selección recurrente es un método eficiente y rápido para lograr niveles adecuados de resistencia de tipo horizontal o poligénica, y que en función de los mismos las heredabilidades de este tipo de resistencia son relativamente altas. Se menciona también el uso del retrocruzamiento como método para incorporar resistencia en materiales élites que no lo poseen. Se ilustra la importancia de someter las poblaciones de maíz a una continua presión por parte de aquellas enfermedades relevantes y el peligro que significa el uso extensivo y uniforme de un mismo genotipo.



FOTOGRAFÍA 12.
Puccinia sorghi o roya del maíz

(Foto: Dr. Manuel Torregraza C.)

* Programa de Maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Oficina Regional para Suramérica. (c/o CIAT), Apartado Aéreo 6713 Cali, Colombia.

INTRODUCCIÓN

No es necesario destacar la importancia de las enfermedades en la agricultura. Todos los órganos de la planta de maíz son susceptibles al ataque de un gran número de enfermedades que reducen el rendimiento y/o calidad final de la cosecha. Las pérdidas mundiales por enfermedades en los distintos cereales son estimadas en alrededor de 9.4% de la producción. En el caso del maíz, las pérdidas anuales en el cinturón maicero de los Estados Unidos oscilan entre 7 y 17% (Shurtleff, 1980). Las enfermedades pueden ser infecciosas (bióticas) y no infecciosas (abióticas). Existen en el maíz diversos tipos de patógenos causantes de

FOTOGRAFÍA 13. *Ustilago maydis*, carbón común



(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

enfermedades infecciosas, tales como virus (mal del río cuarto), bacterias (bacteriosis de Stewart), micoplasmas y spiroplasmas (Achaparramiento y Maize Bushy Stunt), hongos que se alimentan de tejido muerto (*Exserohilum turcicum*, *Bipolaris maydis*), hongos que se alimentan de tejido vivo (*Puccinia* spp, *Ustilago maydis*, *Phyllachora maydis*), nematodos del género heterodera y meloidogyne, por ejemplo, y otras plantas parasíticas (particularmente *Striga* spp en África).

El control de las enfermedades puede lograrse mediante uno o más de los siguientes procedimientos: Exclusión del patógeno, prácticas culturales, control químico y resistencia genética. El control químico de enfermedades no es muy difundido en el maíz (con excepción, quizás, de los maíces dulces usados para choclo). Las prácticas culturales pueden ser efectivas, pero sólo en el control de algunas enfermedades, por ejemplo, la pudrición del tallo, mediante una fertilización apropiada (Dodd, 1980; Kostandi y Soliman, 1991). La exclusión de patógenos sigue siendo la forma más segura de evitar las pérdidas por una determinada enfermedad. En general, solo es aplicable en aquellos casos cuando la enfermedad no existe o ha sido erradicada de un determinado lugar. Lamentablemente, los sistemas de cuarentena han sido poco efectivos en prevenir la introducción de enfermedades en zonas libres de las mismas. La resistencia genética a enfermedades es uno de los principales métodos para su control y numerosos ejemplos lo demuestran (Hooker y Perkins, 1980; Shurtleff, 1980). El estudio moderno de la resistencia genética a enfermedades comenzó con las publicaciones de Flor (1946-1947) sobre la roya del lino. En estos trabajos, por primera vez se analizó

la configuración genética de ambos organismos (patógeno y hospedero) en forma simultánea, lo que permitió el enunciamiento de la Teoría del Gen-por-Gen. La reacción del lino a la roya es determinada por la interacción de los sistemas genéticos complementarios de ambos organismos: Para cada gen de resistencia del hospedero hay un gen específico de patogenicidad en el patógeno.

Posteriormente, Van der Plank (1963- 1975 y 1984), introdujo el concepto de resistencia horizontal (RH) y resistencia vertical (RV), que sentó las bases para grandes avances en el campo de la epidemiología. Existen dos sistemas de resistencia que operan simultáneamente en las interacciones hospedero-patógeno: uno de ellos, el de la RV, responsable de la variación discreta observada por Flor (reacción de compatibilidad o incompatibilidad explicada generalmente por la teoría del gen-por-gen), mientras que el sistema de RH es el causante de la variación continua dentro de cada categoría. La RV y RH pueden definirse en términos estadísticos por la existencia o ausencia de interacciones entre las razas del patógeno y los genotipos del hospedero (van der Plank, 1984): La RV se caracteriza por la *especificidad* de una determinada fuente de resistencia para con cierta (s) raza (s) del patógeno, mientras que la RH es relativamente uniforme y *no-específica* para todos los genotipos del patógeno.

La resistencia genética a las enfermedades puede caracterizarse por diversos factores, tales como especificidad, número de genes envueltos, efecto que tienen sobre el desarrollo de la enfermedad (hipersensibilidad, compatibilidad-incompatibilidad, reducción de la velocidad aparente de infección r , reducción del inóculo inicial x_0 o de la ineffectividad del mismo), durabilidad, etc. Lamentablemente se han realizado demasiadas analogías al manejar estos conceptos que derivaron en confusiones y problemas semánticos (Ellingboe, 1981; Johnson, 1984; Nelson, 1978; Parlevliet, 1979). En general, la RV es monogénica, poco durable y específica para con ciertas razas del patógeno, actuando principalmente sobre x_0 , con un efecto "completo" o "total". La RH es poligénica, no específica, durable y actúa sobre r , con un efecto "parcial". La literatura, sin embargo, menciona numerosas excepciones a estas generalizaciones.

El Cimmyt ha trabajado intensamente para mejorar la resistencia del maíz a las enfermedades, haciendo primeramente un esfuerzo para determinar cuales son las enfermedada-



FOTOGRAFÍA 14. *Helminthosporium turcicum* o *Exserohilum turcicum*.

(Foto: Dr. Manuel Torregraza C.)

des más importantes para cada tipo de maíz, mediante el concepto de mega-ambientes (Cantrell, 1986). Así, por ejemplo, los maíces tropicales son generalmente mejorados para *Bipolaris (Helminthosporium) maydis*, mientras que a los subtropicales se les aumenta la resistencia a *Exserohilum (Helminthosporium) turcicum*. El método de mejoramiento más comúnmente usado por Cimmyt es el de la selección recurrente de familia de medios hermanos, hermanos completos, líneas S1-S2, o combinaciones entre éstas. A continuación se describirán algunas experiencias en esta área.

RESISTENCIA AL TIZÓN TURCICUM Y LA ROYA COMÚN

El tizón, inducido por *Exserohilum turcicum*, es una de las más importantes enfermedades del maíz y frecuente en ambientes templados y subtropicales húmedos. Si se establece antes de la floración puede causar pérdidas superiores a 50% (Raymundo y Hooker, 1981). Antes de 1961, la única resistencia reportada a *E. turcicum* era de tipo poligénica (Jenkins y Robert, 1952). Posteriormente, se descubrieron numerosas fuentes de resistencia monogénica (Hooker, 1961 y 1977; Gevers, 1975; Turner, 1982).

Lamentablemente, al descubrimiento de cada nueva fuente de resistencia monogénica seguía la aparición de razas patogénicas en estas fuentes de resistencia (Bergquist y Masias, 1974; Smith y Kinsey, 1980; Thakur *et al.* 1989). La relación entre las fuentes de resistencia monogénica (Ht1, Ht2, Ht3, y HtN) y las distintas razas del patógeno sigue, aparentemente, los principios de la teoría del gen-por-gen, aunque con algunas complicaciones (Ceballos y Gracen, 1989). Una característica interesante es la expresión de la resistencia de Ht1, Ht2 y Ht3, mediante un tipo de lesión clorótico, que permite su fácil identificación en condiciones de campo.

Existen tres tipos de roya que atacan al maíz *Puccinia sorghi*, *P. polysora* y *Physophella zaeae*, siendo las dos primeras las más importantes. Luego de su introducción en Africa, *P. polysora* causó graves daños. Se ha especulado que los maíces africanos eran particularmente susceptibles a *P. polysora* porque durante 400 años, desde su introducción al Africa, estos maíces no se habían enfrentado a la enfermedad por lo que la resistencia original se habría eventualmente diluido. Los maíces americanos cuentan con buenos niveles de RH o "parcial", así como varias fuentes de RV (Hooker, 1985; Hulbert *et al.*, 1991; Pataky, 1986; van der Plank, 1975; Zummo, 1988). En el caso de *P. sorghi*, los genes de RV han sido ubicados en seis regiones localizadas en los cromosomas 10 (Rp, Rp5 y Rp6), 3 (Rp3), 4 (Rp4) y 2 (rp7, recesivo). Existen series alélicas en varios de estos loci o bien puede tratarse de genes muy estrechamente ligados entre sí. La RV a *P. polysora* envuelve a 11 loci (Rpp1 a Rpp11), con dominancia total o parcial, Rpp1 y Rpp2 están ligados entre sí, y Rpp9 está ligado con Rp-d. Es interesante destacar que varios loci de resistencia a *P. sorghi* y *P. polysora* se encuentran en el brazo corto del cromosoma 10 y estrechamente ligados entre sí, sugiriendo que quizás hayan evolucionado con-

juntamente. La RH a *P. sorghi* reduce el número de pústulas y de esporas producidas y depende principalmente de efectos aditivos. La RH a *P. polysora* reduce principalmente el número de uredosporas producidas. Ha sido usada ampliamente y es responsable de que las epifitias en Africa no hayan tenido consecuencias más drásticas (Baily *et al.*, 1987; Hooker, 1985).

Los pooles (poblaciones) subtropicales del Cimmyt se han caracterizado por su baja resistencia a *E. turcicum* y *P. sorghi*. Los pooles 27 al 30 son precoces, mientras que los pooles 31 al 34 son de madurez intermedia. Su susceptibilidad, en gran medida, se debe a que estas enfermedades no se desarrollan en la Estación Experimental Tlaltizapán (aunque se realicen inoculaciones artificiales), donde el Cimmyt había mejorado estas poblaciones desde su formación hasta mediados de la década del 80. En 1983, se inicia un programa paralelo de mejoramiento de los pooles sub-tropicales, usando selección recurrente de hermanos completos y líneas S₁ (Figura 1). La selección se basó principalmente en la reacción al tizón. Familias de hermanos completos, sembradas en Poza Rica, durante el invierno, eran inoculadas con *E. turcicum*.

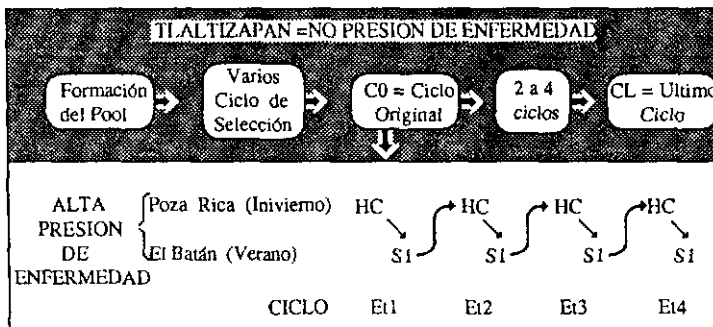


FIGURA 1. Mejoramiento de los pooles subtropicales para resistencia a *Exserohilum turcicum* (en El Batán y Poza Rica) o alto rendimiento y buenas características agronómicas (en Tlaltizapán). HC = Hermanos completos.

Las plantas más resistentes de las mejores familias eran autofecundadas. Las líneas S₁ así obtenidas se sembraban durante el verano en El Batán y nuevamente inoculadas con *E. turcicum* y también con la roya común (*P. sorghi*). Las mejores plantas de las mejores familias eran combinadas entre sí en el momento de la floración para regenerar las familias de hermanos completos y finalizar así un ciclo de selección. Es importante destacar que,

si bien en los pools se podía encontrar alguna(s) de la(s) fuente(s) monogénicas de resistencia (Ht1, Ht2 y/o Ht3), la selección se realizó principalmente para resistencia de tipo cuantitativo (RH), la cual puede distinguirse fácilmente de la cualitativa (RV) a la clorosis típica que presenta esta última.

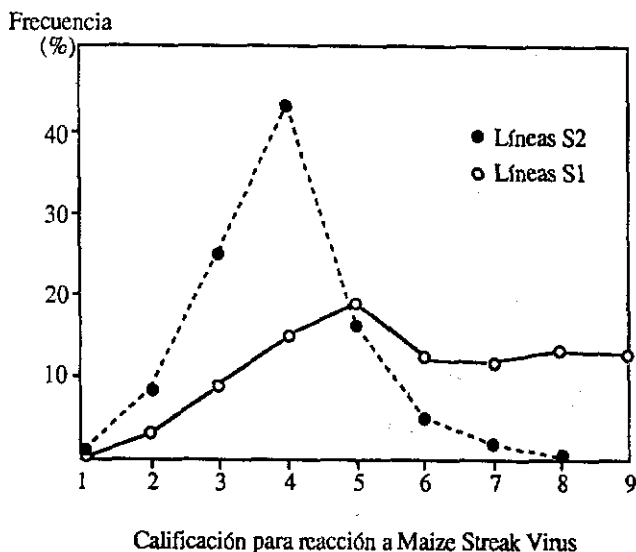


FIGURA 2. Distribución de frecuencias de las líneas S1 evaluadas para reacción a *Maize Streak Virus* y las líneas S2 derivadas de éstas luego de la selección. Calificación de 1 = inmune y 9 = planta muerta.

Diluido como consecuencia de la fuerte asociación, cuanto mayor resistencia a *E. turcicum* y madurez más tardía, se prestó especial atención a no seleccionar plantas tardías, particularmente en los pools precoces. Entre floración y cosecha se continuaba la selección para reducir las alturas de planta y mazorca, mejorar la cobertura de mazorcas y otras características agronómicas. Durante la cosecha se proseguía la selección basada en sanidad de la mazorca, potencial de rendimiento y tipo de granos. La presión de selección varió grandemente a través de los cuatro ciclos completos de selección. Un promedio de 214 familias de hermanos completos (invierno en Poza Rica) y 205 familias S1 (verano en El Batán) fueron sembradas en los cuatro ciclos de selección en cada población.

En 1987 se aumentó la semilla de los cuatro ciclos de selección (Et_n) así como del ciclo original (C_0) y el último ciclo de selección (C_L) producto del sistema paralelo de mejoramiento realizado principalmente para rendimiento en Tlaltizapán (Figura 1). El número de ciclos completos en Tlaltizapán entre

CO y CL fue de 2 a 4. Los ciclos se evaluaron en un diseño de parcelas divididas arregladas en bloques al azar con cuatro repeticiones en ambientes con alta presión de enfermedad (Poza Rica y El Batán), severidad intermedia (San Andrés y Harare) y no presión de enfermedad (Tlaltizapán 1988B y 1989A). Las parcelas eran de dos surcos de 5 m y con 21 plantas/surco.

En El Batán y Poza Rica se hicieron inoculaciones artificiales. En San Andrés *E. turcicum* se desarrolla naturalmente. En Harare, no hubo mucha presión del tizón, pero la roya se desarrolló satisfactoriamente. El desarrollo de la enfermedad en El Batán y Poza Rica se midió, calculando el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante la siguiente fórmula:

$$ABCPE = \sum_{n=1}^{i-1} \left[\frac{(DLA_{i+1} + DLA_i)}{2} \right] \left[\frac{(t_{i+1} - t_i)}{T} \right]$$

en donde DLA_i es el % de tejido foliar enfermo en la observación i -ésima; n es el número de evaluaciones realizadas durante el ciclo; t_i Es el tiempo entre la siembra y la observación i -ésima, y T es el número de días del ciclo completo (siembra a cosecha). Un $ABCPE=0$ significa que no hubo tejido enfermo durante momento alguno, mientras que un $ABCPE=50$ representa el caso en el que 50% del área foliar potencial disponible durante todo el ciclo de crecimiento fue afectada por la enfermedad. En San Andrés y Harare (Zimbabwe) se hicieron calificaciones de severidad para *E. turcicum* (escala 1-5) y *P. sorghi* (escala 1-9), respectivamente. En cada caso, 1 representa ausencia de enfermedad. Además del desarrollo de la enfermedad, se tomaron datos de floración, acame, rendimiento, humedad del grano, altura de planta y mazorca, % de mazorcas podridas. Más detalles sobre el experimento y análisis estadísticos, han sido publicados (Ceballos *et al.*, 1991).

En el cuadro 1 se presentan las estimaciones de severidad de *E. turcicum* y *P. sorghi* para cada uno de los seis ciclos de selección evaluados. El progreso obtenido de casi 19% por ciclo para la primera enfermedad refleja claramente la efectividad de la selección recurrente para aumentar la resistencia a la misma. También se observaron ganancias significativas para la roya (-7.3** y -4.8**%/ciclo para *pooles* precoces e intermedios, respectivamente), a pesar de que la resistencia a esta enfermedad era un carácter secundario durante la selección y sólo se tenía en cuenta en El Batán. Estos resultados sugieren que la RH es fácil de manipular y que se pueden lograr progresos bastantes rápidos. Es interesante destacar que también se observó una marcada disminución en el acame del tallo (-12.7 y -9.9% por ciclo para *pooles* precoces e intermedios, respectivamente), sólo en aquellas localidades con alta presión de *E. turcicum*. En Tlaltizapán, si bien pudo observarse acame del tallo, no hubo tendencia alguna a través de los distintos ciclos de selección. Esta situación sugiere que *E. turcicum* predispone la planta a pudriciones de tallos. Los ciclos más resistentes al tizón también lo fueron al acame en ambientes con alta presión de *turcicum* (El Batán y Poza Rica), pero no en ambientes donde el tizón no se desarrolló (Tlaltizapán). Esta observación coincide

con reportes en la literatura, sobre la importancia del estrés en el desarrollo de las pudriciones de tallos (Dodd, 1980).

Se pudo observar una gran interacción Ciclo de selección por nivel de presión de enfermedad para rendimiento. En ambientes con alta severidad, se observaron ganancias altamente significativas: 19.3 y 7.0% por ciclo para pooles precoces e intermedios, respectivamente. Este tipo de ganancia es llamativo, considerando que la selección tuvo en cuenta el potencial de rendimiento sólo en una forma muy secundaria e indirectamente ilustra el efecto que la enfermedad tiene sobre el rendimiento. El progreso diferencial observado en los *pooles* precoces e intermedios refleja la especial susceptibilidad de los materiales precoces al tizón, por lo que un mismo aumento en la resistencia (alrededor de 19% por ciclo), tiene mayores efectos en el rendimiento de éstos, respecto a los intermedios.

CUADRO 1. Promedios de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), severidad de roya, acame de tallo (%), y rendimientos de cuatro pooles subtropicales y precoces y cuatro intermedios con alta, moderada y nula presión de *E. turcicum*.

Pool	Ciclo de selección						Avance por ciclo (%) ¹
	CO	CL	Et1	Et2	Et3	Et4	
A B C P E (<i>Exserohilum turcicum</i>) en El Batán y Poza Rica							
Precoz	17.5	16.4	12.2	9.0	5.8	4.2	-18.9**
Interm.	10.3	10.6	6.9	5.7	3.6	2.3	-18.8**
Calificación de severidad de roya común (<i>Puccinia sorghi</i>) en Harare ²							
Precoz	5.5	5.1	3.8	3.7	3.7	3.6	-7.3**
Interm.	4.2	4.3	3.3	3.1	3.5	2.9	-4.8**
Acame de Tallo (%) con alta presión de enfermedad (El Batán y Poza Rica)							
Precoz	15.6	14.4	12.7	6.2	5.2	4.5	-12.7**
Interm.	6.4	8.2	4.9	3.4	3.5	2.0	-9.9**
Rendimiento (t/ha) bajo alta presión de enfermedad (El Batán y Poza Rica)							
Precoz	1.8	1.9	2.5	2.9	3.2	3.3	19.3**
Interm.	3.0	2.9	3.6	3.7	4.1	3.8	7.0**
Rendimiento (t/ha) con presión intermedia de enfermedad (Harare y San Andrés)							
Precoz	3.6	3.7	4.1	4.1	4.0	4.0	2.1*
Interm.	3.9	3.6	4.1	4.3	4.1	4.0	NS
Rendimiento (t/ha) sin presión de enfermedad (Tlaltizapán 1988 y 1989)							
Precoz	4.5	4.5	4.2	4.3	4.0	3.8	-3.4**
Interm.	5.6	6.2	5.7	6.0	5.7	5.3	NS

1 Avance por ciclo estimado como el coeficiente de regresión (b) expresado en porcentaje del valor observado en el ciclo CO de la característica respectiva. El CL no fue tenido en cuenta en las regresiones. Significancia de las ganancias determinada por la significancia del coeficiente de regresión.

2 Usando una escala de 1 (no enfermedad) a 9 (alta severidad de la enfermedad).

*y** Significancia al 5 y 1 %, respectivamente. NS: no significativo al 5%.

En ambientes con presión intermedia (San Andrés y Harare), las ganancias en rendimiento fueron naturalmente menores y sólo alcanzaron significancia estadística en los pooles precoces (2.1% por ciclo). También se pudo observar progresos en la resistencia a *E. turcicum* en San Andrés (datos no presentados). En ausencia de enfermedad (dos evaluaciones en Tlaltizapán), se observó una disminución en los rendimientos de los pooles precoces. Esto puede deberse a una desadaptación gradual de los ciclos *Et* a los particulares e inusuales suelos de Tlaltizapán (vertisoles calcáreos), que pueden inducir severas clorosis en las plantas.

En el Cuadro 2 se presentan los coeficientes de regresión (b) para días a floración femenina y ciclos de selección. Los pooles 27 y 28 tendieron a hacerse más tardíos en la mayoría de las localidades evaluadas, mientras que el resto de los pooles no mostró una tendencia definitiva e incluso, en numerosos casos se observaron coeficientes de regresión negativos (los últimos ciclos *Et* tendieron a florecer más temprano). Es claro, entonces que la mayor resistencia observada en cada uno de los 8 pooles subtropicales, no dependió necesariamente de una madurez más tardía (al menos en los pooles 29 y 34).

CUADRO 2. Coeficientes de regresión para días a 50% de floración femenina (aparición de los estigmas) sobre ciclos de selección observados en cuatro poblaciones subtropicales precoces (Pooles 27 - 30) y cuatro intermedias (Pooles 31 -34) evaluadas en cinco localidades en México y Zimbabwe¹.

Pool	Localidad					
	El Batán	Tlaltizapán		Poza Rica	Tlaltizapán	
		1988	San Andrés		1989	Harare
27	0.6*	0.9**	0.4**	0.7*	0.3	0.9*
28	0.9**	0.5**	0.1	0.5*	0.9*	0.3
29	-0.2	0.0	-0.0	0.2	0.4	-0.1
30	-0.4*	0.1	0.1	-0.3	-0.4	-0.2
31	-0.8*	-0.3		-0.3	-0.2	-0.4
32	-0.1	-0.1		-0.2	0.1	-0.1
33	-0.7*	0.2		0.2	0.0	0.1
34	-0.3	0.2		0.2	-0.2	0.1

1 Los ciclos considerados en la regresión fueron CO, Et1, Et2, Et3 y Et4, CL no fue incluido en la misma.

*,** significativo al 5 y 1%, respectivamente.

El sistema de selección recurrente de hermanos completos y líneas S1 usado para mejorar los niveles de resistencia a *E. turcicum* y *P. sorghi* ha sido muy efectivo. Conclusiones similares han sido alcanzadas para materiales templados (Hughes y Hooker, 1971; Hooker y Perkins 1980; Miles *et al.*, 1981). Este estudio también provee evidencias que el aumento en la resistencia a estas

enfermedades no necesariamente tiene un costo que se traduzca en pérdida del potencial de rendimiento en ausencia de las mismas.

CUADRO 3. Rendimiento (t/ha), calificaciones para severidad de *B. maydis* raza T y humedad de grano (%) de dos híbridos con cinco diferentes proporciones de semilla conteniendo citoplasma andro-estéril tipo T. Datos de tres ambientes¹.

% de semilla con citoplasma normal	Híbrido resistente			Híbrido susceptible		
	Rendimiento	Calificación	Humedad	Rendimiento	Calificación	Humedad
100	7.17a	0.5a	26.3a	6.43a	1.3a	19.7a
75	7.24a	0.7a	26.1ab	5.63a	1.7b	18.7b
50	6.73ab	1.0b	25.0bc	4.92bc	2.3c	18.7b
25	6.83ab	1.4c	24.6c	3.99c	3.1d	18.0b
0	5.77b	1.7d	22.2d	2.12d	3.8e	16.6c

1 Medidas que comparten una misma letra (dentro de cada híbrido y característica evaluada) no son estadísticamente diferentes al 1% de probabilidad.

Finalmente este estudio demostró que el progreso basado en la RH (poligénica) no es siempre lento y sugiere que este tipo de resistencia tiene heredabilidades relativamente altas y que puede ser manipulada en forma fácil a nivel de poblaciones que sean suficientemente grandes y bajo una presión de enfermedad adecuada.

EL TIZÓN *maydis*

Bipolaris (Helminthosporium) maydis es una de las enfermedades más comunes en las zonas tropicales húmedas del mundo y no representa un problema serio (salvo para el caso de materiales no adaptados), ya que la mayoría de los maíces tropicales cuenta con niveles adecuados de resistencia (de tipo horizontal-poligénica). La resistencia a esta enfermedad está controlada por un gene simple y recesivo llamado rhm (Craig y Daniel-kalio en 1968), por un par de genes complementarios y dominantes (Ceballos y Gracen, 1988), o recesivos (Thompson *et al.*, 1984), o bien por numerosos genes que muestran fuertes efectos aditivos y dominancia parcial (Burnette y White, 1984; Caunter y Gracen, 1979; Johnson, 1976; Lim y Hooker, 1976).

En los Estados Unidos, durante 1970, la raza I de *B. maydis* produjo un severo ataque y grandes pérdidas económicas. Esta raza tiene la capacidad de producir una toxina específica en el citoplasma androesteril tipo T (Malone *et al.* 1979), lo que aumenta su virulencia sobre plantas que poseen este tipo de citoplasma. Aproximadamente 80% de los maíces sembrados en USA ese año contenían el citoplasma T por su utilidad en la producción de semilla híbrida. El casi monocultivo de un solo tipo de citoplasma y condiciones climatológicas favorables, permitieron esta gran epifitotia. Esta experiencia tuvo como resultado el inmediato aban-

dono del uso de esta fuente de androesterilidad y la toma de conciencia sobre la importancia de genes citoplásmicos. Posteriormente se reportó la aparición de una raza C de *B. maydis*, particularmente virulenta sobre plantas de maíz que poseían la androesterilidad tipo C (Wei *et al.*, 1988). Especificidad citoplásmica fue también observada en *Phyllostica maydis* (Shurtleff, 1980). Esta especificidad con ciertos citoplasmas llevó a Grogan a postular la idea de multiplasmas en 1971. Este concepto es similar al de multilíneas sugerido originalmente por Jensen en 1952 y se refiere a la producción de híbridos mediante mezclas físicas de semilla con distintos tipos de citoplasmas androesteriles y citoplasma normal. Se ha realizado un estudio del comportamiento de *B. maydis* raza T sobre dos híbridos (uno con resistencia nuclear y otro susceptible), con proporciones variables de semilla con citoplasma normal y androesteril tipo T (Ceballos y Gracen, 1990). Los resultados más interesantes de este estudio se muestran en el Cuadro 3. Primeramente cabe destacar la diferencia entre los híbridos resistentes y susceptibles que tuvieron una calificación promedio (a través de los 5 multiplasmas) de 1.06 y 2.44, respectivamente. El híbrido resistente rindió más que el susceptible para cada tipo de multiplasma y fue menos sensible al aumento en la proporción del citoplasma susceptible. El rendimiento de 0% vs 100% citoplasma normal fue de 80.5% (5.77 vs 7.17) en el híbrido resistente y de sólo 33.0% (2.12 vs 6.43) en el susceptible.

Estadísticamente no hubo diferencias en los rendimientos de los multiplasmas con 100 y 75% de citoplasma normal (cuadro 3). En otras palabras, es posible producir un híbrido con 25-30% de las semillas con un citoplasma potencialmente susceptible y, sin embargo, el rendimiento no verse mayormente afectado, aún en presencia de niveles severos de la enfermedad. Esto es particularmente cierto cuando el híbrido cuenta con cierto grado de resistencia nuclear, que en este estudio permitió incorporar hasta 75% de citoplasma susceptible sin mostrar disminución significativa del rendimiento.

EL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO

El complejo mancha de asfalto se presenta en numerosos países de América, en climas tropicales y subtropicales, húmedos y frescos, donde puede causar pérdidas del rendimiento superiores al 50%. Es una enfermedad peculiar, pues la expresión más severa de sus síntomas incluye la presencia de dos pató-



FOTOGRAFÍA 15. *Phyllachora maydis* y *Monographella maydis* o mancha de asfalto.

(Foto: Dr. Manuel Torregraza C.)

genos (*Phyllachora maydis* y *Monographella maydis*). Se puede encontrar un tercer organismo (*Coniothyrium phyllachorae*) en las lesiones de mancha de asfalto, pero su verdadero papel en el desarrollo de la enfermedad no ha podido ser establecido (Hock *et al.*, 1989; Malaguti y Subero; 1972; Miler y Sammuels, 1984). *P. maydis* es un parásito obligado y *M. maydis* es patógeno sólo en presencia del anterior organismo. Poco se ha reportado respecto a la resistencia genética al complejo, en parte debido a que no se pueden hacer inoculaciones artificiales, ni cultivo *in vitro* de *P. maydis*, lo que a su vez limita los estudios de campo que pudieran hacerse de esta enfermedad.

El Cimmyt ha desarrollado numerosas poblaciones con resistencia al complejo. A partir de una de sus poblaciones se derivó una serie de líneas S_n que permitieron un estudio detallado de la herencia de la resistencia al mismo (Ceballos y Deutsch, 1992). Dos de estas líneas mostraron la presencia de un gene simple y dominante que confiere niveles de RV cercanos a la inmunidad. En este mismo estudio se pudo también observar RH con niveles variables de efectos aditivos y de dominancia a partir de cruzamientos dialélicos entre 8 líneas parentales.

El complejo mancha de asfalto ilustra uno de los problemas más comunes en el mejoramiento de la resistencia genética a las enfermedades. Geiger y Heun (1989) mencionan que para un mejoramiento adecuado de la RH es necesario realizar la selección en ausencia del efecto enmascarador o epistático que la RV tiene sobre la RH. En otras palabras, cuando la RV debida a un gene mayor es activa, no es posible apreciar los niveles de RH que acompañan a éste, ni, por lo tanto, seleccionar para una mayor RH.

MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A CENICILLAS O MILDIIUS

Existen varios patógenos que inducen "downy mildews" de los géneros. *Sclerospora*, *Sclerophthora* y *Peronosclerospora*. Estas enfermedades son particularmente importantes y virulentas en el sur este de Asia, pero se hallan también en América (Brasil, México, Venezuela). Se ha reportado resistencia genética a distintas cenicillas en la literatura. En la mayoría de estos casos, la resistencia es predominantemente aditiva (Borges, 1987; Kaneko y Aday, 1980; Singburadom y Renfro, 1982). El Cimmyt ha desarrollado 4 poblaciones tolerantes al mildiu (amarillas o blancas, y precoces o tardías), las que son mejoradas mediante selección recurrente de líneas S1 - S2. La generación y evaluación de progenies se hace en forma simultánea en la Estación Experimental de Suwan en Tailandia y en el Centro de Investigación Agrícola de la Universidad del Sur de las Filipinas. En cada una de estas localidades se pueden hacer evaluaciones para mildius de diferentes especies: *Peronosclerospora sorghi* en Tailandia y la altamente virulenta *Peronosclerospora philippinensis* en las Filipinas. Cada ciclo de selección comienza con la siembra de las mismas 500 familias de medios hermanos en ambas localidades y la producción de líneas

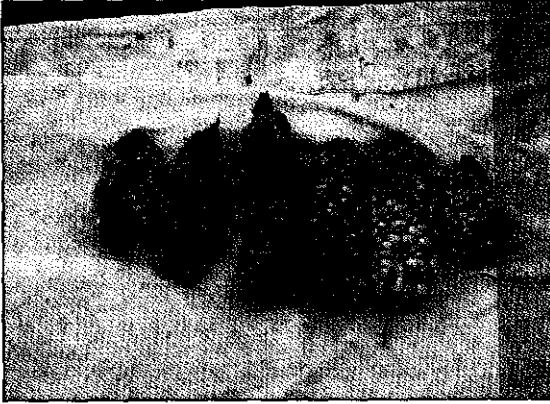
S 1 entre los meses de noviembre y febrero. Esta época es seca y no permite una buena evaluación de los mildiús. Luego de la cosecha, se seleccionan y combinan en un mismo experimento unas 500 líneas S₁ (producidas en una u otra localidad), las que son evaluadas bajo presión de enfermedad (abril-junio) en ambas localidades. Tanto en Tailandia, como en las Filipinas, plantas seleccionadas del mejor 60% de las familias son autofecundadas, para obtener familias S₂. Luego de la cosecha, se seleccionan y combinan unas 500 líneas S₂ (producidas en una u otra localidad) en un mismo experimento que se siembra en Julio, también en ambas localidades. Luego de una selección para tolerancia al mildiú, en cada localidad se permite una recombinación entre las mejores plantas de las mejores familias para así reiniciar un nuevo ciclo de selección. En todo el proceso se utiliza un índice de selección informal que tiene en cuenta no sólo resistencia a la enfermedad (% de infección), sino también potencial de rendimiento y madurez.

De León *et al.*, (1992) realizaron una evaluación de ciclos de selección, usando un diseño de parcelas divididas (poblaciones en la parcela principal y ciclos dentro de poblaciones en las subparcelas), con 3 repeticiones por localidad, en ambientes con y sin presión de la enfermedad. Cada parcela tenía 4 surcos de 5m de largo con 1 planta cada 25 cm (58600 pl/ha), pero los datos fueron tomados únicamente en los dos surcos centrales. La evaluación del progreso en la tolerancia al mildiú se realizó en parcelas diferentes con una densidad de plantas mayor (120.000 pl/ha), 2 y 4 semanas luego de la siembra. El porcentaje de infección fue transformado (arco seno) para su análisis estadístico.

Los resultados de esta evaluación se presentan en el Cuadro 4. Nuevamente se puede observar la eficiencia de la selección recurrente para mejorar la resistencia a enfermedades y aumentar el rendimiento bajo presión del mildiú. Expresadas en porcentajes (coef. regresión/valor del C0 x 100), las ganancias por ciclo para rendimiento oscilaron entre 17.73 y 22.67%. Estos resultados son similares a los obtenidos en las poblaciones subtropicales para resistencia a *E. turcicum*.

PUDRICIONES DE MAZORCAS Y TALLOS

Las pudriciones de mazorcas y tallos, causadas por diversos patógenos, principalmente *Fusarium moniliforme*, constituyen un serio problema del maíz. *F. moniliforme* es un saprófito de distribución universal, que con frecuencia se convierte en patógeno facultativo. Cualquier factor adverso para el crecimiento del cultivo induce generalmente a la ocurrencia de pudriciones del tallo (Dodd, 1986), la que suele acentuarse durante el llenado de grano, cuando la planta comienza a translocar elementos desde el tallo hacia la mazorca en desarrollo. Las pudriciones en la mazorca se ven grandemente favorecidas por una pobre cobertura de mazorca y la acción de pájaros, roedores e insectos que proveen puerto de entrada al inóculo. Hay pocos reportes sobre la herencia de la resistencia a estas enfermedades.



FOTOGRAFÍA 16.
Pudriciones de mazorcas.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

FOTOGRAFÍA 17.
Daños causados por pájaros.

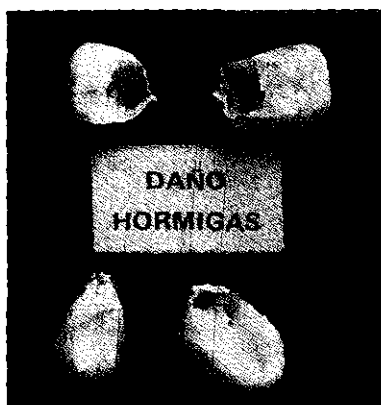


(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)



FOTOGRAFÍA 18.
Daños causados por roedores.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)



FOTOGRAFÍA 19.
Daños por hormigas

(Foto: Dr. Manuel Torregraza C.)

CUADRO 4. Promedios de rendimiento y % de plantas infectadas con cenicilla de cuatro poblaciones tropicales evaluadas en Suwan y Filipinas.

Población	CO	C1	C2	C3	Avance ¹
Rendimiento (t/ha)²					
Blanca Precoz	5.17	5.63	6.35	6.11	0.35**
Amarilla Precoz	4.64	5.20	5.83	6.51	0.63**
Blanca tardía	5.77	5.69	6.10	6.72	0.32**
Amarilla tardía	5.15	5.18	6.51	7.11	0.72**
Promedio	5.18	5.42	6.20	6.62	0.51**
% de plantas infectadas³					
Blanca Precoz	50.6	46.4	19.8	29.6	-9.0*
Amarilla Precoz	60.0	53.7	21.2	25.4	-13.6**
Blanca Tardía	53.0	46.7	39.4	24.3	-9.4**
Amarilla tardía	46.8	56.8	39.9	23.5	-8.7**
Promedio	52.6	50.9	30.1	25.7	-10.2**

1. Avance por ciclo estimado como el coeficiente de regresión (b).
2. Diferencias mínimas significativas (5%) para comparaciones de medias entre poblaciones, entre media de ciclos y entre ciclos dentro de poblaciones: 0.36, 0.31 y 0.61, respectivamente.
3. Diferencias mínimas significativas (S%) para comparaciones de medias entre poblaciones, entre media de ciclos y entre ciclos dentro de poblaciones 5.2, 5.2 y 10.4, respectivamente. Valores transformados por la del arco seno.

*y** Significativamente al 5 y 1%. respectivamente.

El Cimmyt inocula rutinariamente a sus poblaciones para aumentarles su resistencia a pudriciones de mazorcas y tallos usando el método del escarbadiantes (Drepper y Renfro, 1990). Resultados del progreso de selección han sido publicados por De León y Pandcy en 1989. Ellos usaron el método de selección de mazorca por surco modificado para mejorar la resistencia a la

podrición de tallos y mazorcas en 6 y 2 poblaciones tropicales, respectivamente. Este método tiene la ventaja de requerir sólo una estación de crecimiento para completar un ciclo de selección. Cada población estuvo compuesta por aproximadamente 500 familias de medios hermanos y la selección se basó en el comportamiento de cada familia representada en surcos individuales de 5 m de largo, con 16-21 plantas, en 1-2 ambientes.

Los resultados, agrupados a través de poblaciones, mostraron ganancias lineales por selección de 2.50**, -0.15**, -0.35**, -1.66**, y 0.90% por ciclo para rendimiento, días a floración femenina, altura de planta, pudrición del tallo y pudrición de la mazorca, respectivamente. Las ganancias en rendimiento fueron mayores en aquellas poblaciones mejoradas para pudrición de tallo (3.02** % por ciclo), que las mejoradas para pudrición de mazorca (1.38% ** por ciclo), sugiriendo quizás que las pudriciones de tallos tienen un efecto más rástico en la reducción de los rendimientos o bien que la heredabilidad es más alta que para pudriciones de mazorcas. Estos resultados demuestran que el método de mazorca por surco utilizado fue efectivo en el aumento del potencial de rendimiento, así como en el mejoramiento de enfermedades del tallo de la mazorca inducidas por *F. moniliforme*. Cabe recordar el caso de la resistencia a *E. turcicum* y su influencia sobre la pudrición del tallo.

EXPERIENCIAS CON ENFERMEDADES INDUCIDAS POR VIRUS Y ESPIROPLASMAS

En la mayoría de las áreas productoras de maíz en África, se presenta la enfermedad llamada *Maize Streak Virus* (MSV), que causa grandes pérdidas y exige que los materiales sembrados tengan algún grado de resistencia o tolerancia, para obtener cosechas rentables. Esta enfermedad es transmitida por chicharritas del género *Cicadulina* (particularmente *C. mbila*). El Cimmyt tiene una estación experimental en Harare, Zimbabwe, la que está a cargo de producir materiales resistentes o tolerantes a esta Enfermedad y convertir algunas de las poblaciones del Cimmyt en tolerantes a MSV. Por ejemplo durante el ciclo de crecimiento 1989-90, se evaluaron 18.000 surcos para su reacción a MSV (Short *et al.*, 1990).

Dos metodologías se usaron para mejorar la tolerancia a MSV: Retrocruzamiento convencional y selección recurrente. El retrocruzamiento es un método ya probado, eficiente y relativamente rápido para la incorporación de resistencia en materiales élite y que ya ha producido numerosas fuentes de resistencia en materiales con buenas características agronómicas. Usando este método se logró convertir a tolerantes numerosos materiales derivados de más de 10 poblaciones del CIMMYT. En estos momentos hay dos poblaciones en el estado RC1, 7 en RC2 y 3 en RC3. Gradualmente, sin embargo, se ha ido dando más peso al sistema de selección recurrente de poblaciones con amplia variabilidad genética buen potencial de rendimiento y resistencia a otras enfermedades importantes, tales como *P. sorghi*, *E. turcicum*, y pudriciones de ma-



FOTOGRAFÍA 20.
Diplodia spp. Pudrición
de la mazorca.

(Foto: Dr. Manuel Torregróza C.)

zorcas por *Fusarium* y *Diplodia*. El sistema consiste en la producción y evaluación de líneas S₁ y S₂. Las líneas S₂ superiores son cruzadas con un probador para estimar su aptitud combinatoria general. Basados en esta evaluación, se recombinan las mejores líneas S₂ para iniciar un nuevo ciclo de selección, o bien se continua su endocría para la eventual producción de materiales parentales de híbridos. En la figura 2 se puede apreciar el progreso logrado mediante este sistema: Se presentan las calificaciones (usando una escala de 1 a 9) de las líneas S₁ y las respectivas S₂ derivadas luego de la selección.

Otro programa colaborativo del Cimmyt es el que mantiene con varios países centroamericanos para producir materiales resistentes o tolerantes al espiroplasma del achaparramiento *Spiroplasma Kunkelii*. Esta enfermedad es transmitida por chicharritas del género *Dalbulus*, en especial *D. maydis*. Se presenta en forma endémica en El Salvador, R. Dominicana y Nicaragua. A partir de la población 73 se liberó la variedad Santa Rosa 8073 en 1985 en Nicaragua. Aguiluz *et al.* reportaron en 1991 los progresos logrados luego de tres ciclos de selección recurrente de líneas S₁ para mejorar la resistencia al



FOTOGRAFÍA 21.
Virosis

(Foto: Dr. Manuel Torregróza C.)

achaparramiento en esta población. En el C1 se evaluaron unas 400 líneas y se recombinaron las mejores 40, y en el C2 se evaluaron alrededor de 800 para recombinar también las mejores 40 familias para comenzar el C3 con un total de 172 familias de hermanos completos.

Aguiluz *et al* (1991) evaluaron numerosos genotipos por su reacción al achaparramiento, rendimiento y otras características agronómicas. Entre estos genotipos se encontraban Santa Rosa 8073 C0 y C3, que rindieron 3.40 y 4.25 t/ha (a través de 7 ambientes en Centroamérica y El Caribe), respectivamente. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas. El por ciento de plantas que mostraron síntomas de achaparramiento fue de 37.5 y 25.1% respectivamente y la correlación fenotípica entre el rendimiento y % de plantas infectadas fue de -0.86, estadísticamente de alta significancia.

COMENTARIOS FINALES

En las páginas anteriores se han mencionado varios ejemplos de mejoramiento de la resistencia a enfermedades, principalmente inducidas por hongos. Estos ejemplos fueron seleccionados para ilustrar las conclusiones que se mencionan a continuación:

1. El sistema de selección recurrente fue muy eficiente para el mejoramiento de la resistencia genética a enfermedades, particularmente, cuando se usaron líneas S₁ o S₂. Esto sin importar el tipo de patógeno del que se trate (sean estos hongos, virus o espiroplasmas).
2. Es posible lograr niveles adecuados de resistencia horizontal o poligénica en poblaciones de maíz, en forma relativamente rápida. En numerosos casos pudo observarse respuestas a la selección que sugieren valores de heredabilidad relativamente altos.
3. Con excepción de los casos especiales de la raza *T* de *B. maydis* y *P. polysora* en África, no se han observado epifitias severas que hayan arrasado los cultivos de maíz en parte alguna del mundo. En el caso del maíz no existe, como en el caso de otros cereales, esa continua carrera para producir nuevas variedades de una corta vida útil (3-5 años) hasta que una nueva raza del patógeno sea capaz de atacarla y, frecuentemente, devastarla. ¿Por qué sucede esto? ¿Qué diferencia del maíz, por ejemplo, con el trigo? La respuesta a esta pregunta es importante, pues podría indicar cual es el camino más eficiente para producir variedades o híbridos con resistencia durable y estable. Es posible especular que esto se deba a que el maíz, al contrario de lo que sucede en otros cereales, es comúnmente mejorado mediante selección recurrente. Esto a su vez permitiría niveles de RH que no se podrían alcanzar mediante otros métodos de selección. Niveles adecuados de RH serían los responsables de la ausencia de epifitias severas en maíz. Otra explicación razonable, en lugares donde se usan variedades de polinización abierta, es la estructura genética de la semilla que siembra

el agricultor: Una mezcla con gran variabilidad de genotipos que en realidad funcionan como una multilínea perfecta.

4. Así como es interesante especular sobre las causas de la ausencia de epifitias en el maíz, es también importante entender en detalle por qué han sucedido las epifitias arriba mencionadas. El caso de la raza T de *B. maydis* es un claro ejemplo de los riesgos que implica la siembra extensiva de un único genotipo. Este caso fue algo excepcional ya que hasta 80% del maíz sembrado en 1970 en USA contenía el citoplasma androesteril tipo T en el que esta raza es específicamente virulenta. La solución a este problema fue inmediata luego del abandono de esa fuente de androesterilidad. El caso de *P. polysora* es también interesante, aunque no tan espectacular. Ilustra la importancia de someter el maíz a una continua presión por parte de aquellas enfermedades relevantes. Numerosos casos muestran que la falta de presión de selección resulta en la pérdida gradual de la resistencia (se puede también mencionar la falta de resistencia a *E. turcicum* en los pooles subtropicales).
5. La aparente relación gene por gene en el caso de la resistencia monogénica (o RV) a *E. turcicum*, es un claro ejemplo de la falta de durabilidad de este tipo de resistencia. Al cabo de unos pocos años el uso extensivo de una misma fuente de resistencia obliga al patógeno a producir una nueva raza que sea patógena sobre nuestra variedad resistente o bien selecciona o filtra esa pequeña fracción de la población del patógeno que pasó desapercibida al principio, pero es patógena sobre nuestra variedad resistente y por lo tanto tiene ventajas competitivas sobre el resto. La manipulación que el mejorador hace de las distintas fuentes de resistencia tiene un efecto marcado en la constitución genética de la población del patógeno, seleccionando la misma para patogenicidad.
6. Nuestra percepción de la dinámica genética en las poblaciones del hospedero y del patógeno es solo una aproximación, a veces no muy certera, de lo que en realidad sucede. Por ejemplo, es claro que cuando se habla de



FOTOGRAFÍA 22.
Carbón de la espiga.
Sphacellotheca reiliana.

(Foto: Dr. Manuel Torregróza C.)



FOTOGRAFÍA 23.
Carbón común. *Ustilago maydis*.

(Foto: Dr. Manuel Torregroza C.)

una relación gene por gene ésta exista y, para cada gene de resistencia en el hospedero, hay un gene de patogenicidad en el patógeno. Pero es posible que esta relación sea una situación artificial que no refleja la verdadera naturaleza de la interacción entre los sistemas genéticos de hospedero y patógeno. Esto se debe a la forma como se identifican y usan las distintas fuentes de RV. En otras palabras, cuando se produce una nueva variedad, con una nueva combinación de genes de resistencia, la población del patógeno evolucionará hasta producir un genotipo patogénico en nuestra nueva variedad. Si se estudia el genotipo de esta nueva raza se verá que, en efecto, hay un gene que, cuando presente, confiere patogenicidad a la raza (en algunos casos la patogenicidad ocurre en ausencia de un gene determinado) y cuando ausente, esta patogenicidad se pierde. Pero no se puede estar seguro que ese haya sido el *primer cambio* en el patógeno para lograr patogenicidad, sino que es el *último cambio* a raíz del cual el patógeno logró finalmente la patogenicidad. No es posible, por lo tanto, aseverar que la nueva patogenicidad dependa de un sólo gene, aunque eso sea lo que las apariencias sugieren. Esta consideración, es importante para entender la verdadera naturaleza de la interacción hospederopatógeno.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. Aguiluz, A., R. Urbina, R. Celado y H. Córdova. 1971. Efecto del mejoramiento para resistencia al achaparramiento sobre el rendimiento de cultivares de maíz evaluados en siete ambientes de Centroamérica y el Caribe. Memorias de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, 18-22 Marzo. Páginas 72-80.
2. Baily, B.A., W Schuh, R.A. Frederiksen, A.J. Bockholt, y J.D. Smith. 1987. Identification of slow rusting resistance to *Puccinia polysora* in maize inbred and single crosses. *Pl. Dis. Rep.* 71:518.
3. Bergquist, R.R. y G. Peverly, 1972. Reaction to corn inbreds and hybrids with different cyto plasms and genotypes to *Helminthosporium maydis* race T. *Plant Dis. Rep.* 56:112-14.

4. ———, y O.R. Masias. 1974. Physiologic specialization in *Trichometasphaeria turcica* f. sp. *zeae* and *T. turcica* f. sp. *sorghii* in Hawaii. *Phytopathol.* 64:645-49.
5. Borges, O.L. 1987. Diallel analysis of maize resistance to sorghum downy mildew. *Crop Sci.* 27: 178-181.
6. Burnette, D.C. y D.G. White 1984. Inheritance of resistance to Southern Corn Leaf Blight in nine inbred lines of corn. *Phytopathol.* 74:1268.
7. Cantrell, R.P., 1986. The past experience and future course of the Cimmyt maize program. En: H.D. Loden y D. Wilkinson (Eds), Proc. 41st Annual Corn and Sorghum Industry Res. Conf. Am. Seed Trade Assoc., Washington, D.C., USA.
8. Caunter, I.G. y V.E. Gracen. 1979. A comparative analysis of nuclear-determined resistance to *Helminthosporium maydis* race T and O in maize. *Crop Sci.* 19:333-36.
9. Ceballos, H. y J.A. Deutsch y H. Gutiérrez. 1991. Recurrent selection for resistance to *Exserohilum turcicum* in eight subropical maize populations. *Crop Sci.* 33:964-71.
10. ———, 1988. A new source of resistance to *Bipolaris maydis* race T in maize. *Maydica* 33:233-46.
11. ———, 1989. A dominant inhibitor gene inhibits the expression of Ht2 against *Exserohilum turcicum* Race 2 in corn inbred lines related to B 14. *Plant Breed.* 102:35-44.
12. ———, 1990. Effect of nuclear resistance and multiplasms on yield losses of maize to *Bipolaris maydis* race T. *Maydica* 35:241-46.
13. ———, y J.A. Deutsch. 1992. Inheritance of resistance to tar spot complex in maize. *Phytopathol.* 82:505-512.
14. Craig J. y J.M. Daniel-Kalio. 1968. Chlorotic lesion resistance to *Helminthosporium maydis* in maize. *Plant Dis. Rep.* 52:134-36.
15. De León, C., G. Granados, R.N. Wedderburn, y S. Pandey. 1992. Simultaneous improvement of downy mildew resistance and agronomic traits in tropical maize. *Crop Sci.* (In press).
16. ———, y S. Pandey. 1989 Improvement of resistance to ear and stalk rots and agronomic traits in tropical maize gene pools. *Crop Sci.* 29:12-17.
17. Dodd, J.L., 1986. The role of plant stresses in development of corn stalk rots. *Plant Dis. Rep.* 64:533-37.
18. Drepper, W.J. y B.L. Renfro. 1990. Comparison of methods for inoculation of ears and stalks of maize with *Fusarium moniliforme*. *Plant Dis. Rep.* 74:952-956.
19. Ellingboe, A.H. 1981. Changing concepts in host-pathogen genetics. *Ann. Rev. Phytopathol.* 19:125-43.
20. Flor, H.H. 1946. Genetics of pathogenicity in *Melampsora lini*. *J. Agr. Res.* 73:337-57.
21. ———. 1947. Inheritance of reaction to rust in flax. *J. Agr. Res.* 74:241-62.
22. Geiger, H.H. y M. Heun. 1989. Genetics of quantitative resistance to fungal diseases. *Ann. Rev. Phytopathol.* 27: 317-41.
23. Grogan, C.O. 1971. Multiplasm: a proposed method of utilization of cytoplasm in pest control. *Plant Dis. Rep.* 55:400-401.
24. Hock, J.J. Kranz y B.L. Renfro. 1989. El complejo "mancha de asfalto" de maíz: Su distribución geográfica, requisitos ambientales e importancia económico en México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 7:129-35.

25. **Hooker, A.L.** 1985. Corn and sorghum rusts. **En:** The Cereal Rusts. Vol.2. Diseases, distribución, epidemiology, and control. A.P. Roelfs y W.R. Bushnell (Eds). Academic Press. New York.
26. ———, y **J.M. Perkins.** 1980. *Helminthosporium* leaf blights of corn - the state of the art. Proc. 35 th Annual corn and sorghum Ind. Res. Conf. Am. Seed trade Assoc. Washington D.C. USA. **En:** H.D. Loden y D. Wilkinson (Eds).
27. **Hughes, G.R. y A.L. Hooker.** 1971. Gene action conditioning resistance to northern leaf blight in maize. *Crop. Sci.* 11:180-184.
28. **Hulbert, S.H., P.C. Lyons y J.L. Bennetzen.** 1991. Reactions of maize lines carrying Rp resistance genes to isolates of the common rust pathogen, *Puccinia sorghi*. *Plant Dis. Res.* 75: 1130-33.
29. **Jenkins, M.T. y A.L. Robert** 1952. Inheritance of resistance to the leaf blight of corn caused by *Helminthosporium turcicum*. *Agron. J.* 44: 136-140.
30. **Jensen, N.F.** 1952. Intravarietal diversification in oat breeding. *Agron. J.* 44:30-34.
31. **Johnson, G.R.** 1976. Analysis of nuclear genetic resistance in maize to race T of Southern Corn Leaf Blight. *Crop Sci.* 16:340-43.
32. **Johnson, R.** 1984. A critical analysis of durable resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.* 22:309-30.
33. **Kaneko, K. y B.A. Aday.** 1980. Inheritance of resistance to Philippine downy mildew of maize, *Peronosclerospora philippinenses*. *Crop Sci.* 20:590-594.
34. **Kostandi, S.F. y M.F. Solman.** 1991. The significance of NPK fertilizers on yield and smut incidence of corn. *J. Agronomy & Crop Sci.* 167:269-276.
35. **Lim, S.M. y A.L. Hooker.** 1976. Estimates of combining ability for resistance to *Helminthosporium maydis* race O in a maize population. *Maydica* 21: 121-28.
36. **Malaguti, G. y L.J., Subero.** 1972. La mancha de asfalto del maíz. *Agron. Trop.* 22:443-45.
37. **Malone, C.P., R.J. Miller D.E. Koeppel.** 1979. The in vivo response of corn mitochondria to *Bipolaris (Helminthosporium) maydis* (race T) toxin. *Physiol Plant.* 44:21-25.
38. **Miles, J.W., J.W. Dudley, D.G. White, y R.J. Lambert.** 1981. Response to selection for resistance to four diseases in two corn populations. *Crop Sci.* 21:980-83.
39. **Muller, E. y G.J. Samuels.** 1984. *Monographella maydis* sp. nov. and its connection to the tar spot disease of *Zea mays*. *Nova Hedwigia* 40:113-121.
40. **Nelson, R.R.,** 1978. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. *Ann. Rev. Phytopathol* 16:359-78.
41. **Parlevliet, J.E.,** 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17:203-22.
42. **Pataky, J.K.** 1986. Partial rust resistance in sweet corn hybrid seedlings. *Phytopathol.* 76: 702-707.
43. **Raymundo, A.D., y A.L. Hooker.** 1981. Measuring the relationship between northern corn leaf blight and yield losses. *Plant Dis. Res.* 65:323-327.
44. **Short, K.R.N. Wedderburn y H. Pham.** 1990. CIMMYT's maize research program in Africa. 9th South African Maize Breeding Symposium. Pietermaritzburg. Marzo 20-22.
45. **Singburadom, N. y B.L. Renfro.** 1982. Heritability of resistance in maize to sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi* (Weston and Uppal) C.G. Shaw. *Crop Prot.* 1:323-332.

46. **Smith, D.R. y J.G. Kinsey.** 1980. Further physiologic specialization in *Helminthosporium turcicum*. *Plant Dis.* 64:779-81.
47. **Shurtleff, M.C.**, 1980 (Ed). Compendium of Corn Diseases, 2da Edición. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
48. **Thankur, R.P., K.J. Jones.** 1989. Characterization of a new race of *Exserohilum turcicum* virulent corn with resistance gene HtN. *Plant Dis.* 73: 151-55.
49. **Thompson, D.L. y R.R. Berquist.** 1984. Inheritance of mature plant resistance to *Helminthosporium maydis* race O in maize. *Crop Sci.* 24:802-11.
50. **Van der Plank, J.E.** 1963. *Plant Diseases: epidemics and control.* Academic Press.
51. ————. 1975. *Principles of Plant Infection.* Academic Press.
52. ————. 1984. *Disease resistance in plants (Segunda edicion).* Academic Press.
53. **Wei, J-K., K-M., I.P. Luo, P.-C y O.Y. Lee Stadelmann.** 1988. Pathological and physiological identification of race C of *Bipolaris maydis* in China. *Phytopathol.* 78:550-54.
54. **Zumo, N.** 1988. Components contributing to partial resistance in maize to *Puccinia polysora*. *Plant Dis.* 72:157-160.

Terminó de imprimirse en
agosto de 1996 en



Santafé de Bogotá, DC, Colombia