

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Setiembre, 1987

REVISTA DEL PROYECTO MIP/CATIE

No. 5



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

GRUPO DE COORDINACION Y ELABORACION

El Proyecto MIP/CATIE produce varias publicaciones periódicas y servicios de **alerta informativa** tales como "Manejo Integrado de Plagas", "Boletín Informativo" y "Páginas de Contenido". Consultas relacionadas con el proyecto y sus servicios, así como sus aportes, sugerencias y material a ser difundido a través de los servicios de información del MIP pueden hacerse llegar a las siguientes direcciones:

Asesoría y Coordinación:

MIP/CATIE

7170 Turrialba, Costa Rica
Teléfono: 56-16-32

Dr. Peter Rosset, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
San José, **Costa Rica**
Teléfono: 53-18-98

Joseph L. Saunders, Ph.D.
Coordinador Proyecto MIP

Ing. Joaquín Laríos, Coordinador
Encargado Proyecto MIP/CATIE
Apartado (01)78
Oficina del IICA
San Salvador, **El Salvador**
Teléfono: 23-82-24

Elkin Bustamante Ph.D.
Fitopatólogo

J. Rutilio Quezada Ph.D.
Entomólogo

Dr. Mario Pareja, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
Apartado 76-A
Guatemala, **Guatemala**
Teléfono: 321-790 ó 372-358

James French Ph.D.
Economista Agrícola

Ramiro de la Cruz Ph.D.
Especialista en Malezas

Dr. David Monterroso, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
Oficina del IICA
Apartado 1410
Tegucigalpa, **Honduras**
Teléfono: 22-88-95

Philip Shannon M.Sc.
Entomólogo

Dr. Jorge Pinochet, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
Apartado 6-3786
Panamá, **República de Panamá**

Elaboración y difusión:

Orlando Arboleda M.Sc.
Especialista en Información

Diseño Gráfico: Mauricio Argueta R.
Digitación de Textos: Yorlene Pérez

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Setiembre, 1987

REVISTA DEL PROYECTO MIP/CATIE

No. 5

CONTENIDO

	Pag.
El uso de una tabla de vida para la estimación de pérdidas en el cultivo de maíz; un ejemplo de Guanacaste, Costa Rica.....	1
Philip J. Shannon, MIP/CATIE, Turrialba, Costa Rica Roger Meneses, MIP/CATIE, Costa Rica Francisco Alvarez, MAG/Costa Rica	
AVANCES E INFORMES	
Proceso para la obtención de resistencia de tomate a <i>Pseudomonas solanacearum</i> en Panamá.....	11
Germán de León, IDIAP/Panamá	
Evaluación preliminar de la fluctuación de áfidos en la zona norte de Cartago, Costa Rica.....	16
Róger Meneses R., MIP/CATIE, Costa Rica Rodolfo Amador, MAG/Costa Rica	
MATERIAL DIDACTICO	
Notas sobre prueba de herbicidas en el campo.....	21
Ramiro de la Cruz, MIP/CATIE, Turrialba, Costa Rica	
Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles.....	30
Allan J. Bruska, ISCA/Nicaragua Peter M. Rosset, MIP/CATIE, Costa Rica	
COMENTARIOS RECOMENDACIONES	
Consecuencias toxicológicas y ambientales de la resistencia a los plaguicidas - un problema agromédico significativo.....	45
Whittemore, F. W., US.AID/Washington, D.C. Fowler Jr., H.W., University of Miami Collier, C., US.AID/Washington, D.C.	



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

EL USO DE UNA TABLA DE VIDA PARA LA ESTIMACION DE PERDIDAS EN EL CULTIVO DE MAIZ; UN EJEMPLO DE GUANACASTE, COSTA RICA*

Philip J. Shannon**
Róger Meneses***
Francisco Alvarez****

RESUMEN

El estudio de las pérdidas de población de plantas en el cultivo de maíz demostró que las tres principales pérdidas fueron: en pre-emergencia debido a patógenos y en pos-emergencia debido a *Phyllophaga* sp. prob. *elenans* Saylor (Coleoptera: Scarabaeidae) y *Listronotus dietrici* (Stockton) (Coleoptera: Curculionidae). Casi todas las pérdidas en pos-emergencia ocurrieron antes de los 40 días posteriores a la siembra, indicando que la protección con agroquímicos u otros métodos de manejo de plagas deben ser efectivos en esta época. Aunque hubo pérdidas adicionales de grano en la mazorca, debido principalmente a los patógenos *Fusarium*, *Gibberella* y *Diplodia*, se encontró una correlación fuerte entre la población de plantas cosechadas y el rendimiento y por lo tanto, puede considerarse que la pérdida de población de maíz es un indicador preciso de la pérdida de rendimiento. Los daños de *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Pyralidae) no provocaron ningún efecto en el rendimiento.

ABSTRACT

THE USE OF A LIFE TABLE FOR CROP LOSS ASSESSMENT IN MAIZE: AN EXAMPLE FROM GUANACASTE, COSTA RICA

This study of plant population loss in maize showed that the major losses occurred during pre-emergence due to fungal attack and in post-emergence due to attack by larvae of *Phyllophaga* sp. prob. *elenans* Saylor (Col: Scarabaeidae) and *Listronotus dietrici* (Stockman) (Col: Curculionidae). Almost all the post-emergence losses occurred during the first 40 days after sowing indicating that protection of the crop during this period would probably be beneficial. Although additional loss of grain was recorded in plants which survived to harvest (mainly due to cob rots caused by *Fusarium*, *Gibberella* and *Diplodia*), there was a strong correlation between harvested plant population and yield and it is considered that maize population losses are an accurate indicator of yield losses. *Diatraea* sp. damage did not affect yields.

* Versión ligeramente modificada de un trabajo presentado en el V Congreso Nacional y I Congreso Centroamericano, México y el Caribe de Manejo Integrado de Plagas, Ciudad de Guatemala, Guatemala, 5-7 de agosto de 1987.

** Entomólogo, Proyecto Manejo Integrado de Plagas/CATIE/ODA.

*** Asistente de Investigación, Proyecto MIP/CATIE, San José, Costa Rica.

**** Jefe Departamento de Entomología, MAG, Costa Rica.

INTRODUCCION

Como una consecuencia de la construcción del proyecto de riego Arenal-Tempisque en Guanacaste, Costa Rica, se espera un aumento de la superficie sembrada del cultivo de maíz en la zona. Anteriormente, este cultivo no tenía gran importancia comercial y por lo tanto la información disponible sobre su manejo es escasa.

Aunque existen algunas recomendaciones formuladas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) todavía no han sido ampliamente investigadas y quedan algunas áreas donde nuestro conocimiento no es adecuado para el diseño de prácticas de manejo racionales. Una de estas áreas es la de protección del cultivo y el propósito de este estudio es generar la información básica sobre pérdidas que puede ayudar al desarrollo de tales prácticas. Se considera que la estimación de pérdidas y la identificación de los agentes causantes es un requisito previo esencial para el desarrollo de tácticas racionales dentro del concepto de manejo integrado de plagas.

El trabajo utilizó principalmente el enfoque de la tabla de vida para el estudio de las pérdidas (National Academy of Sciences, 1969) ya que ha sido ampliamente demostrado que los rendimientos de maíz en Centroamérica se relacionan fuertemente con la población de plantas.

MATERIALES Y METODOS

En los inicios de setiembre de 1986 se estableció un ensayo de campo en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, del Ministerio de Agricultura y Ganadería ubicada en Cañas, Guanacaste a una altura de 90 msnm y a 10 20' de latitud norte y 85 08' de longitud oeste. La temperatura promedio durante la época seca es de 28 °C y en la época lluviosa es de 27 °C. La temperatura mínima promedio es de 20 °C y la máxima promedio 36 °C. La precipitación promedio anual es de 1705 mm, distribuida en forma bi-modal, siendo los meses de mayor precipitación mayo a junio y agosto a octubre. Durante el periodo del ensayo (Set.-Dic. 1986), la distribución de las lluvias fue la acostumbrada pero la cantidad absoluta fue menor (452 mm versus el promedio anual de 792 mm), habiendo una escasez de agua, calificada entre leve y severa (Instituto Meteorológico Nacional, 1986), que alcanzó progresivamente más severidad durante el ciclo de desarrollo del cultivo.

El estudio de estimación de pérdidas se realizó en la mitad del tratamiento testigo de otro ensayo que se reportará separadamente de forma completa. La variedad de maíz fue Tico V7 y el manejo agronómico fue el recomendado por el MAG con la excepción del componente de manejo de insectos y patógenos.

En cada sub-parcela se llevó un registro por golpe de siembra desde el momento de sembrar hasta el de la cosecha. Los primeros cuatro muestreos se llevaron a cabo semanalmente a partir de los

cinco días de la siembra, el quinto trece días después y el final dos meses después, el día antes de cosechar. En cada fecha de muestreo se anotó, para cada golpe de siembra, el número total de plantas presentes y el número de plantas con síntomas de daños por plagas. En los casos en que el daño se consideró suficientemente grave como para causar la muerte de la planta, se realizó el muestreo destructivo de la misma para identificar el agente causante del daño. (La Figura 1.) presenta el ejemplo de un registro debidamente llenado.

Para evaluar las pérdidas en pre-emergencia se sembraron dos surcos adicionales en cada sub-parcela, localizados entre los surcos de la siembra principal. Estos surcos adicionales fueron arrancados cinco días después de la siembra y se evaluaron los daños.

Al momento de la cosecha las mazorcas fueron evaluadas individualmente con base en un estimado visual del % de pérdida de grano y tamaño de la mazorca. Adicionalmente se evaluaron dos surcos de las sub-parcelas no muestreadas para daño causado por el taladrador del maíz (Diatraea sp.) para lo cual se contó el número de perforaciones arriba y abajo de la mazorca. Este conteo se correlacionó luego con el rendimiento obtenido de cada planta.

Los datos de las tres parcelas de muestreo fueron combinados y un solo estimado de pérdida calculado del total, a excepción de los datos relacionados con daño por Diatraea.

RESULTADOS

Plantas perdidas en pre-emergencia

En la siembra principal durante la fase de pre-emergencia ocurrió pérdida de plantas bastante significativa la cual alcanzó, en términos de porcentaje, un valor del 14.8% (Cuadro 1). Las pérdidas que se evaluaron en los surcos adicionales, sembrados específicamente para muestreo destructivo, muestran que más de la mitad de las pérdidas durante esta fase del cultivo pueden atribuirse al ataque de hongos (Cuadro 2). La mayoría de las otras pérdidas probablemente se debieron al ataque de insectos del suelo aunque solamente un poco más que el 8% pudieron relacionarse directamente con la presencia de el gusano alambre (Cdeoptera: Elateridae).

Plantas perdidas en la fase vegetativa

Como puede observarse en la Figura 2, casi toda la pérdida de plantas durante la fase vegetativa ocurrió desde la germinación hasta los 40 días de sembrado. La pérdida máxima se registró a los 25 días de sembrado. Las plagas principales, Phyllophaga sp., probablemente elenans Saylor y Listronotus dietrichi Stockton, mostraron la misma tendencia y, en total, destruyeron el 21.3% y el 13.9% respectivamente de las plantas sembradas (Cuadro 1). La

PARCELA: _____

Golpe No.	SURCO No. 1						SURCO No. 2									
	10/9	17/9	25/9	2/10	10/10	15/12	FECHA	10/9	17/9	25/9	2/10	15/10	15/12			
1	3	3	1P	3	2	2		3	1P	3	1P	2	1E	1	0	0
2	3	1P	3	1P	2	1		3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	1P	2	1P	1	0		2	2	2	2	1E	2	1		
4	2	2P	2	0	0	0		2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	3	1P	3	1P	1E	1		3	2P	3	1	1	1	1	1	1
6	3	3	3	3	1E	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	3P	3	3	3	1E	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3

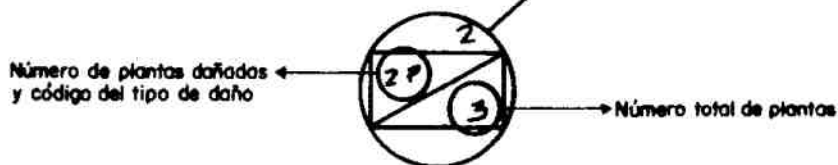


Figura 1. Ejemplo de los registros utilizados durante el estudio de pérdidas en maíz y explicación de los datos tomados en cada fecha de muestreo.

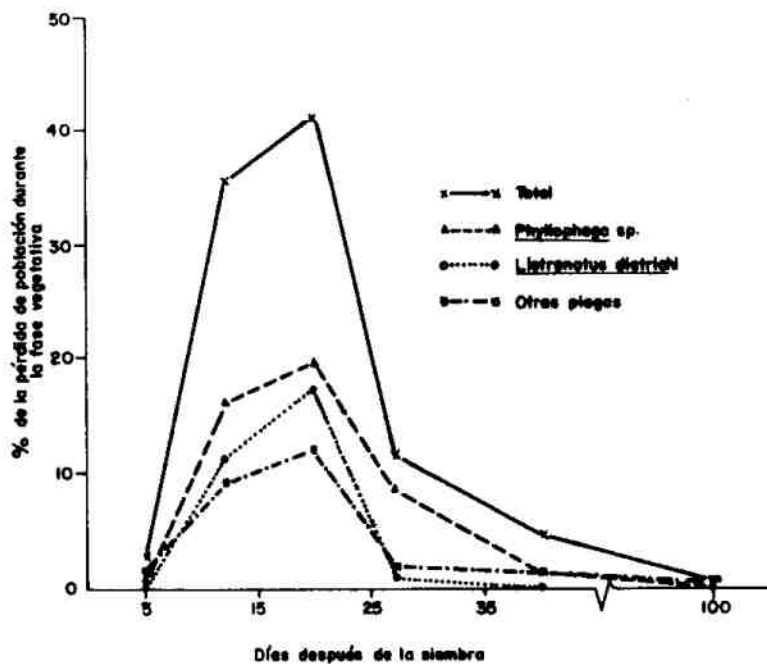


Figura 2. Porcentaje de la pérdida total de población de maíz durante tiempo (Fase vegetativa solamente) debido a diferentes plagas. Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez, Taboga, cerca Cañas, Guacacaste, set.-dic. de 1986.

pérdida total de plantas durante la fase vegetativa fue el 50.6%, la mayor pérdida registrada durante el ciclo de crecimiento.

Plantas perdidas durante la fase de maduración

Aunque la pérdida de plantas durante esta fase fue baja (8.1%) se destaca el daño causado por los tallos quebrados y las plantas vanas (Cuadro 1). El primero de estos puede ser un efecto combinado de acción del viento con susceptibilidad de la variedad en tanto que el segundo pudo haber sido un efecto de insuficiente humedad durante el llenado del grano.

No se considera importante el daño por Diatraea sp en el porcentaje de plantas perdidas. El análisis de correlación entre el número y el porcentaje de entrenudos dañados por Diatraea sp arriba y abajo de la mazorca con el rendimiento, no determinó ninguna relación significativa entre estas variables (Cuadro 3). Al sumar las pérdidas de plantas en esta fase con las anteriores se obtiene un total del 73,5% de plantas perdidas o sea que el rendimiento obtenido proviene de apenas un 26,5% del total de semillas sembradas.

Estimación de pérdidas en la mazorca

La pérdida de rendimiento continuó después de la madurez fisiológica de las plantas. Como puede observarse en el Cuadro 4, casi el 40% de las mazorcas sufrió daños en exceso de la mitad de su producción de grano. En mazorcas de tamaño inferior esta cifra se incrementó al 77%. Un desglose de las pérdidas en base a los agentes causantes demuestra que, en más del 75% de los casos, la pérdida se debió exclusivamente a hongos patogénicos (principalmente Fusarium, Gibberella y Diplodia) (Cuadro 5).

En segundo lugar de importancia estuvieron las causas fisiológicas, probablemente efectos de escasez de agua, que por lo general resultaron en la producción de mazorcas vanas o medio vanas.

Cálculos hechos en base a los datos presentados en el Cuadro 4 indican que la pérdida total estimada debido a daños en la mazorca queda en el rango del 5.9% al 11.4% (tomando en cuenta que solamente el 24.7% de la semilla sembrada contribuyó al rendimiento final).

La relación población de plantas / rendimiento

En las parcelas del ensayo original, donde no se realizó ningún muestreo destructivo, se determinó la relación entre la población de plantas cosechadas y el rendimiento con el fin de verificar lo observado en otros ensayos, en que se comprobó que existe una relación estrecha entre las dos variables. A partir de un análisis de correlación se calculó que el coeficiente de correlación en este ensayo fue 0.9665, es decir una correlación casi perfecta.

DISCUSION

La fuerte relación entre el rendimiento y la población de plantas cosechadas demuestra que es válido utilizar la pérdida de plantas durante el ciclo de desarrollo del cultivo como un estimado de la pérdida de rendimiento. En base a éste puede adoptarse un enfoque fenológico para estimar las pérdidas de rendimiento y para determinar en cuales etapas de crecimiento puede esperarse una respuesta positiva a las actividades de manejo de plagas.

Los resultados muestran que la mayor pérdida plantas y en consecuencia de rendimiento, ocurrió durante la fase vegetativa de crecimiento, entre la emergencia y los 40 días de sembrado (50.6% de pérdida). En orden de importancia siguieron pérdidas en pre-emergencia (14.8%) y pérdidas durante maduración (8.1%). Pérdidas adicionales de entre el 5.9% y el 11.4% ocurrieron durante el llenado y secamiento de las mazorcas. Por lo tanto, parecería que podría lograrse un mayor incremento en el rendimiento al proteger el cultivo durante la fase vegetativa temprana. También parece ser viable, la más barata y sencilla opción de una aplicación de fungicida e insecticida a la semilla para evitar pérdidas en pre-emergencia.

Debe recordarse que estos resultados describen lo que sucedió en un solo sitio durante una sola siembra y que no son necesariamente válidos para otros lugares o durante otras épocas en la misma zona. También, las sugerencias para el manejo de los problemas se basan en la suposición de que los daños durante una fase dada no se incrementarán si los daños durante otra fase se disminuyen. Se requiere más investigación para determinar el impacto de las medidas de manejo durante distintas épocas.

En contraste con algunos resultados publicados, no se pudo demostrar ningún efecto en el rendimiento del ataque de Diatraea sp. Van Huis (1981) en Nicaragua midió la pérdida de rendimiento entre 3% y el 6% por larva por planta. La pérdida mayor ocurrió cuando la planta fue atacada durante la floración femenina. Es posible que no se lograra detectar pérdidas en este ensayo porque el ataque fue cuantificado solamente al momento de la cosecha.

El enfoque de la tabla de vida utilizado en este estudio parece ofrecer una manera sencilla de estimar las pérdidas sufridas por el cultivo de maíz y de cuantificar la contribución de los distintos organismos dañinos a la pérdida total. La información generada permite el diseño de estrategias de fitoprotección basadas en un conocimiento real de los eventos que suceden durante el ciclo del cultivo, y no en impresiones subjetivas.

CUADRO 1. PORCENTAJE DE PERDIDAS DE POBLACION DE MAIZ POR DIFERENTES CAUSAS EN DISTINTAS FASES DE CRECIMIENTO SIN APLICACION DE PLAGUICIDAS. SET-DIC/1986.

%	

% PLANTAS/SEMILLAS PERDIDAS EN PRE-EMERGENCIA	14.8

Plantas perdidas durante la fase vegetativa debido a:	
<i>Listronotus dietrichi</i> (Stockton)	13.9 ¹
<i>Phyllophaga</i> sp prob. <i>elenans</i> Saylor	21.3 ²
<i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	2.8 ³
<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	1.4 ⁴
otros insectos	1.4 ⁵
causas desconocidas	7.7
plantas sanas sacadas durante muestreo	2.1

SUB-TOTAL % DE PLANTAS PERDIDAS DURANTE LA FASE VEGETATIVA	50.6

Plantas perdidas durante la fase de maduración ⁶ debido a:	
tallos quebrados	3.2
tallos quebrados asociados con daño de <i>Diatraea</i> sp.	0.8
plantas vanas (pequeñas/débiles)	1.9
plantas vanas (tamaño normal)	2.2

SUB-TOTAL DE PLANTAS PERDIDAS DURANTE MADURACION	8.1

TOTAL % de plantas perdidas	73.5

¹ Coleoptera: Curculionidae (larva)

² Coleoptera: Scarabaeidae (larva)

³ Lepidoptera: Noctuidae (larva)

⁴ Lepidoptera: Pyralidae (larva)

⁵ Comprende larvas de *Diabrotica balteata* Le Conte y elateridos barrenando en los tallos. Este daño es posiblemente secundario, ocurriendo después de ataque por *L. dietrichi*.

⁶ Porcentaje calculado en base a una población inicial de 756 plantas.

⁷ Excepto donde se especifica lo contrario, las cifras se calculan con base en una población inicial de 942 plantas.

CUADRO 2. PORCENTAJES DE LA PERDIDA TOTAL DE PLANTAS DE MAIZ ATRIBUIDAS A DIFERENTES CAUSAS ACTUANDO DURANTE PRE-EMERGENCIA. SET-DIC DE 1986.

Plantas perdidas debido a:	% de la pérdida total ¹
Pudriciones por hongos en la semilla	54.7
Plántula comida ²	24.2
Plántula podrida (patógeno no identificado)	9.5
Plántula y/o semilla comida por gusano alambre ³	8.4
Embrión comido de la semilla	3.2

¹ Porcentajes calculados con base en una muestra de 413 semillas.

² Daños típicos de gusano alambre pero ninguna plaga encontrada.

³ Género y especie no determinados pero, en apariencia, muy similar a Conoderus sp.

CUADRO 3. MATRIZ DE CORRELACION DE CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS DE MAIZ CON DAÑO POR Diatraea sp Y RENDIMIENTO. DIC/1986. ¹

	B ²	C	D	E	F
A	0.1586	0.4708	0.1025	0.9757	0.1762
B		0.9447	-0.0179	0.1271	0.9615
C			0.0240	0.4350	0.9163
D				0.1335	-0.0444
E					0.1343

¹ Coeficientes de correlación basados en mediciones de 83 plantas individuales.

² A= Número de entrenudos arriba de la mazorca barrenados por Diatraea sp.

B= Número de entrenudos abajo de la mazorca barrenados por Diatraea sp.

C= Número total de entrenudos barrenados por Diatraea sp.

D= Rendimiento de la mazorca (g).

E= % de entrenudos arriba de la mazorca barrenados por Diatraea sp.

F= % de entrenudos abajo de la mazorca barrenados por Diatraea sp.

CUADRO 4. PORCENTAJE DE MAZORCAS DE TAMAÑO NORMAL Y DE TAMAÑO PEQUEÑO CON DIFERENTES NIVELES DE PERDIDA DE GRANO, SIN APLICAR PLAGUICIDAS. DIC/1986.

NIVEL DE PERDIDA DE GRANO (%PERDIDA)	% PROMEDIO DE MAZORCAS CON CADA NIVEL DE DAÑO PARA MAZORCAS		
	NORMALES ¹	PEQUEÑAS ¹	GENERAL ²
< 5%	22.45	2.38	19.93
5-10%	28.57	10.57	23.84
11-25%	13.88	8.59	11.91
26-50%	6.94	1.28	5.75
> 50%	28.16	77.17	38.58
	100%	100%	100%

¹ Se dividieron las mazorcas entre las categorías normales y pequeñas. Mazorcas pequeñas (20.3% del número total) midieron o menos de 10 cms. de largo o menos de 3 cms. de ancho.

² Porcentajes basados en 308 observaciones individuales

CUADRO 5. PORCENTAJE DEL NUMERO TOTAL DE MAZORCAS DAÑADAS CON BASE EN DISTINTAS CAUSAS. DIC/1986.

CAUSA	% PROMEDIO DE MAZORCAS DAÑADAS PARA MAZORCAS:		
	NORMALES ¹	PEQUEÑAS ²	TODAS ³
A. Patógenos ⁴	61.7	14.1	75.8
B. Causas Fisiológicas ⁵	9.8	6.3	16.0
C. Aves	1.6	1.2	2.7
D. A y B	2.3	2.0	4.3
E. A y C	0.4	0.8	1.2
	75.8%	24.4%	100%

¹ Un total de 194 mazorcas fueron evaluadas.

² Un total de 62 mazorcas fueron evaluadas.

³ Un total de 256 mazorcas fueron evaluadas.

⁴ Los organismos encontrados más comúnmente fueron Fusarium, Gibberella y Diplodia.

⁵ Por lo general, esta clase de daño tuvo mazorcas vanas o medias vanas. Posibles causas pueden ser deficiencias de N o K o sequía.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal investigador y trabajador de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Sin su colaboración y ayuda el presente trabajo no hubiera sido posible.

BIBLIOGRAFIA

1. Instituto Meteorológico Nacional (Costa Rica), 1986 Boletín Meteorológico Mensual, 10(9-12).
2. National Academy of Sciences, 1969. Insect Pest Management and Control. (Principles of Plant and Animal Pest Control. Volume 3.). Washington D.C., National Academy of Sciences. 508 pp.
3. VAN HUIS, A., 1981. Integrated pest management in the small farmer's maize crops in Nicaragua. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, The Netherlands, 81(6): 1-221.

PROCESO PARA LA OBTENCION DE RESISTENCIA DE TOMATE A Pseudomonas solanacearum EN PANAMA*

Germán de León, M.Sc.**

En Panamá, la siembra de tomate para la industrialización se inició en Natá, Provincia de Coclé, en el año 1949. En aquella época 15 agricultores participaron produciendo y vendiendo a la planta procesadora 185 toneladas de tomate. Para 1985, los registros de compra de la compañía Nestlé indican que se adquirió un total de 27,743 toneladas de 677 productores, con un valor aproximado de 4 millones de balboas, reflejando de esta manera la importancia económica que ha adquirido el cultivo en menos de 40 años.

Durante los primeros cinco años de siembra hubo prosperidad entre los productores, sin embargo, para finales de los años 50, la marchitez de las plantas causadas por Fusarium y Pseudomonas, ocasionaron pérdidas considerables a tal punto que en varias zonas de siembra se abandonó el cultivo. La marchitez causada por Fusarium se resolvió principalmente con el uso de variedades resistentes importadas de Europa y América del Norte, mientras que la causada por Pseudomonas, se resolvió temporalmente mediante la utilización de tierras no infestadas con esta bacterial.

A finales de la década de los 60, e inicios de los 70, un 90% de las tierras aptas para la siembra de tomate en la Provincia de Coclé se encontraban infestadas con Pseudomonas solanacearum. Los productores coclesanos tuvieron grandes pérdidas, lo cual dejó a muchos comprometidos económicamente con los Bancos. Así mismo, la compañía procesadora y los bancos estatales también perdieron dinero. Ante esta situación, la Compañía Panameña de Alimentos, S.A., consideró eliminar la compra de tomate producido en el país, pues no había garantía para cumplir con las cuotas necesarias para poner en marcha la actividad de procesamiento. Fue entonces cuando se decidió trasladar gran parte de la producción de tomate a la Provincia de los Santos que se encontraba libre del patógeno, pero al cabo de cinco años, el grado de infestación de la bacteria era tal, que hacía allí antieconómica la operación, al igual que en la Provincia de Coclé.

* Trabajo presentado al Seminario/Taller de Fitopatología, MIP/CATIE. (Panamá, 22-24 abril, 1986).

** Fitomejorador, IDIAP, La Villa de Los Santos, Los Santos, Panamá.

El programa de mejoramiento genético que inició el IDIAP en 1972, permitió poner en manos de los productores los primeros materiales desarrollados en el país con resistencia a Pseudomonas, por lo que la compañía Nestlé convino en apoyar en forma decidida este programa de fitomejoramiento. Para 1980, el 50% del área se sembró con la variedad 1-12, la cual mostró buena tolerancia a P. solanacearum, y en 1985 se cultivó el 92% del área con material nacional resistente a marchitez bacteriana.

Actualmente se puede afirmar que la marchitez bacteriana ha dejado de ser problema de mayor importancia económica en los sitios dedicados al cultivo del tomate industrial, y que esta actividad es una inversión segura y lucrativa. El logro obtenido como producto de 20 años de esfuerzo continuo en el mejoramiento genético de tomate para la obtención de resistencia ó tolerancia hacia la bacteria P. solanacearum es indicativo de que el programa debe continuar.

Un resumen cronológico de los trabajos realizados es el siguiente:

- 1966-1968: Evaluación y selección de materiales provenientes de Carolina del Norte.
- 1969-1977: Hibridación de materiales provenientes de Carolina del Norte, Guayana Francesa y Hawaii con Roma VF. De estos cruces nacen las variedades 1-12 y otras líneas nacionales.
- 1978-1982: Hibridación entre materiales nacionales con diferentes fuentes de resistencia, e hibridación de materiales nacionales con material procedente de Taiwan. De estos cruces salen las poblaciones de 19LX 1-12, 1PF x 1-12 y Taiwan X 1-12.
- 1983-1986: Hibridación entre materiales nacionales para reunir distintas fuentes de resistencia. Se producen las poblaciones:
 - (Taiwan x 1-12) x (LPF x 1-12)
 - (Taiwan x 1-12) x (126408 x 1-12)
 - (Taiwan x 1-12) x (19L x 1-12)

Al cabo de este período ya es posible cuantificar diferencias notorias en rendimientos como lo demuestran las campañas de tomate de la Compañía Nestlé (Cuadro 1).

Durante la campaña de 1970-1971 el rendimiento promedio fue de 10 T/ha. Durante la campaña de 1984-1985 el rendimiento promedio subió a 31 T/ha. Triplicar los rendimientos en un período de 15 años es un logro muy significativo y difícil de conseguir en cualquier cultivo.

Gran parte del incremento en la producción se debió al control realizado sobre la marchitez bacteriana y a un mejor aprovechamiento del potencial productivo de las variedades nacionales. Una mejora sustancial en las prácticas agronómicas y la selección más rigurosa por parte de los productores de este rubro fueron otros factores que también contribuyeron al logro de estos incrementos. Estas campañas además reflejaron que el cumplimiento de los contratos de compra y venta mejoró progresivamente. En 1970, menos del 50% de los volúmenes contratados pudieron cumplirse por parte de los productores. De 1975 a 1979, el porcentaje de merma fue relativamente bajo, gracias al uso de la variedad 1-12.

CUADRO 1. Historial de la producción de tomate en las últimas 17 campañas en Panamá.

AÑO	CUPO CONTRATO (tm)	RECEPCION EFECTIVA (tm)	MERMA (%)	TONELADAS ESTIMADAS ha
1968/69	14,968	11,776	22	9,5
1969/70	12,696	8,272	34	8,6
1970/71	19,473	8,626	56	10,2
1971/72	14,742	11,212	24	13,9
1972/73	16,873	12,468	26	13,4
1973/74	21,168	17,974	15	14,1
1974/75	26,605	24,061	10	16,4
1975/76	15,875	15,217	4	17,6
1976/77	20,411	16,729	18	15,7
1977/78	25,755	22,740	12	16,8
1978/79	31,797	27,051	12	16,0
1979/80	29,121	23,341	20	18,3
1980/81	35,236	31,180	11	20,4
1981/82	18,164	16,509	9	21,6
1982/83	27,369	26,597	3	23,0
1983/84*	28,112	30,616	-	31,8
1984/85*	26,447	27,743	-	31,7

* Producción real según campos medidos

En 1980 este porcentaje de merma aumentó al 20% debido a la pérdida de resistencia de la variedad 1-12. Los datos de 1984 y 1985 indican que en estas fechas no sólo se cumplió con la totalidad de lo contratado, sino que además se produjeron excedentes. Las siembras de la variedad 1-12 en 1975 apenas cubrió un 8% del área y fue en aumento sostenido hasta 1984. A partir de 1985, el 92% del área ya se sembró con materiales nuevos a los que se les

había incorporado resistencia a marchitez bacteriana y que reemplazarían a 1-12 (Cuadro 2).

El éxito alcanzado con este flujo de trabajo ha tenido las siguientes características:

1. Ha sido una labor continua. De hecho, debe serlo para dar oportunidad a la incorporación de algunas características genéticas que mejoren a las variedades en uso. La bacteria tiene la habilidad de producir nuevas razas fisiológicas, de manera que variedades que hoy son resistentes, mañana pueden ser susceptibles. A juzgar por lo sucedido con la variedad 1-12, la resistencia puede perderse en un periodo de 5 años. El programa debe, por tanto ser lo suficientemente ágil para producir nuevas variedades en pocos años.

2. Se han escogido buenos campos para selección. Las poblaciones segregantes se han sometido a una presión de selección en campos naturalmente infestados. En estos campos es normal ver que un 95% o más de los materiales carentes de resistencia perecen. Se usó una parcela donde el tomate se ha sembrado por 16 años consecutivos y ha permitido separar con eficacia los materiales resistentes de los susceptibles. El programa se inició con algunas pruebas en las que se inoculaban plantas sanas con suspensiones de bacterias extraídas de plantas enfermas; pero esta práctica se discontinuó cuando plantas sobrevivientes a la inoculación morían en el campo.

3. Se manejaron grandes poblaciones. Muchas veces las selecciones se hicieron directamente en campos de producción sobre materiales que aún estaban en estado segregante.

4. Se utilizaron varias fuentes de resistencia. Se han utilizado fuentes de resistencia de Carolina del Norte, Guayana Francesa, Hawaii, Taiwan y Panamá. La experiencia ha demostrado que se están sumando las diferentes fuentes de resistencia. Por ejemplo, del cruce 19L x 1-12 resultan materiales más resistentes que 19L y 1-12 respectivamente.

5. Se contó con la colaboración directa de la empresa Procesadora Nestlé. La empresa procesadora compra el tomate que se produce en los campos experimentales. Ese dinero ha sido suficiente para cubrir gastos de las siembras experimentales de tomate. También ha permitido el uso de poblaciones segregantes para las siembras comerciales. La empresa evalúa, a su propio costo y con su personal, los diferentes materiales en época seca y época lluviosa. En esta forma acelera el proceso de desarrollo de variedades, ya que se producen dos generaciones por año. Otro apoyo de la empresa consiste en hacer los análisis de calidad industrial de los materiales prometedores.

Hay plena seguridad de que cualquier país latinoamericano cuenta con los recursos humanos y financieros para desarrollar un programa similar al realizado en Panamá, ya que el proceso seguido

en el país además de no requerir equipos ni laboratorios sofisticados es también sumamente económico. Sólo debe existir el interés por llevarlo a cabo. El primer paso consiste en la introducción y evaluación masiva de materiales resistentes provenientes de otras partes del mundo. Los tomates panameños resistentes a P. solanacearum están a disposición de los interesados y para obtenerlos sólo deberán solicitarlos a la Dirección General del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) al Apartado Postal 6-4391 - Estafeta 6A, El Dorado, Panamá, República de Panamá.

CUADRO 2. Porcentaje de variedades utilizadas en Panamá, con rendimientos promedios estimados durante los últimos once años; y reales durante los últimos cinco años.

Variedad	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Rosol VFN	74	73	71	56	51	45	22	17	15	9	8
Roma VF	12	5	11	3	4	5	1				
Chico III	3	2									
Lawai	3	4									
Taiwan x 1-12 #5									20	49	50
LPF x 1-12 #12										4	42
1-12	8	16	18	41	45	50	77	83	65	38	
Rendimiento Estimado tn/ha	16,4	17,6	15,7	16,8	16	18,3	20,4	21,6	23,0	25,3	24,1
Rendimiento Real tn/ha							34,2	28,9	34,8	31,8	31,7

EVALUACION PRELIMINAR DE LA FLUCTUACION DE AFIDOS EN LA ZONA NORTE DE CARTAGO, COSTA RICA.

Róger Meneses R.*
Rodolfo Amador **

INTRODUCCION

La papa es uno de los cultivos más afectados por problemas fitopatológicos, entre éstos, los virus tienen gran importancia por ser la causa principal de la llamada "degeneración" de la semilla generada por la acumulación de virus y su incidencia directa en la reducción del rendimiento.

La mayor parte de las enfermedades virales son transmitidas por insectos vectores y dentro de éstos los áfidos son los más importantes. En el caso de la papa el virus X es el único transmitido en forma mecánica.

De los virus identificados en la región productora de papa en Cartago, los de mayor importancia económica son el virus del enrollamiento de las hojas de papa (PLRV); el virus X de la papa (PVX); el virus Y de la papa (PVY) y el virus S de la papa (PVS).

El conocimiento de las especies de áfidos presentes en esta zona, así como su fluctuación poblacional durante el año es imprescindible para el diseño de tácticas de manejo integrado de plagas en este cultivo.

El primer estudio sobre dinámica de población de áfidos en esta región tuvo una duración de un año y fue realizado por Chacón en 1980 (5). En este trabajo se utilizó para la captura de los áfidos, trampas tipo Moericke ubicadas en diferentes localidades, a 2040, 2240, 2600 y 2800 msnm. Este estudio señala varias especies que colonizan papa entre las cuales figuran Myzus persicae, Macrosiphum euphorbiae, Rhopalosiphum rufiabdominalis, Rhopalosiphoninus latysiphon y Nasonovia lactucae (Hyperomyzus lactucae).

Otras especies que no colonizan papa también fueron capturadas. Desde entonces no se han realizado otros estudios de fluctuación poblacional de áfidos en esta zona.

Mediante esta evaluación de virus de papa y sus vectores se pretende complementar el trabajo iniciado por Chacón (5) y obtener, durante el período de cuatro años de estudio, un mejor conocimiento de los factores que influyen en la llamada "degeneración" de la semilla de papa.

* Asistente en Investigación, Proyecto MIP/CATIE, San José, Costa Rica.

**Fitopatólogo, Programa de Papa, MAG, San José, Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

La captura de áfidos se realizó mediante trampas de agua tipo Moericke, de forma circular con un diámetro de 30 cm, colocadas dentro del cultivo a una altura de 70cm sobre la superficie del suelo. Cada trampa estuvo constituida por un soporte de PVC (Cloruro de Polivinilo) sobre el cual se colocó una bandeja de color negro fijada con tornillos al mismo y dentro de ella se colocó otra bandeja de color amarillo brillante semejante al tono HANSA (Fig.1). Cerca del borde superior del recipiente amarillo se perforaron pequeños orificios cubiertos por una malla fina para facilitar el drenaje en caso de que se llenaran por exceso de lluvia y para evitar la pérdida de los especímenes capturados.

La bandeja se llenó con agua hasta 2cm antes del borde y se le agregaron 2-3 gotas de detergente líquido para reducir la tensión superficial del agua y con el fin de facilitar el muestreo de los insectos.

Las trampas se colocaron en fincas de productores de papa tanto con fines comerciales como de producción de "semilla", localizadas en San Juan de Chicué (2600 msnm), Prusia (2620 msnm), Estación Experimental Carlos Durán (2285 msnm) y Cot (1800 msnm). Durante este primer año de la evaluación se utilizó una trampa por cada finca.

Se hizo semanalmente la colecta de los áfidos en cada localidad, utilizando un pincel fino para retirarlos de la trampa, conservándolos en alcohol al 70% para su futura identificación y conteo.

Dado el desconocimiento de las especies recolectadas no se hizo una identificación de las mismas y solo se consideró el número total de áfidos capturados. Una muestra de especímenes con diferentes especies de áfidos, fue puesta en alcohol y enviada a Illinois, Estados Unidos, para obtener su identificación.

Con el fin de identificar las especies de áfidos colectados se hicieron montajes de especímenes en láminas siguiendo la técnica de Hills R., Lambers y Stroyan las cuales fueron identificadas por el Dr. Mario Cermeli (FONAIAP, Venezuela), el Dr. Georges Remaudiere (Institut Pasteur, Francia) y Keila Pérez (Ministerio de La Agricultura, Cuba).

El período de evaluación, que cubre este reporte, comprendió desde enero hasta diciembre de 1986.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 2 se presenta la fluctuación poblacional del número total de áfidos capturados en la Estación Experimental Carlos Durán a 2040 msnm y en San Juan de Chicué a 2600 msnm. No se incluyen los otros dos sitios por no tener el registro semanal completo durante el año 1986.

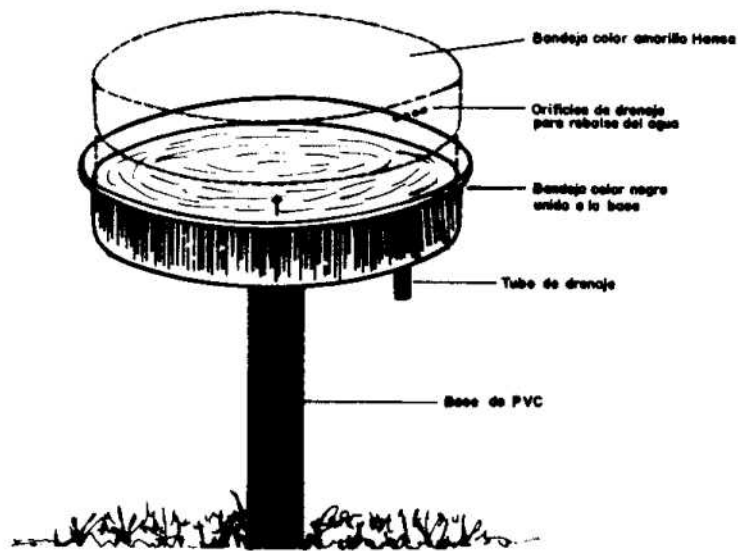


Figura 1. Trampa tipo Mberick para coleccionar áfidos alados.

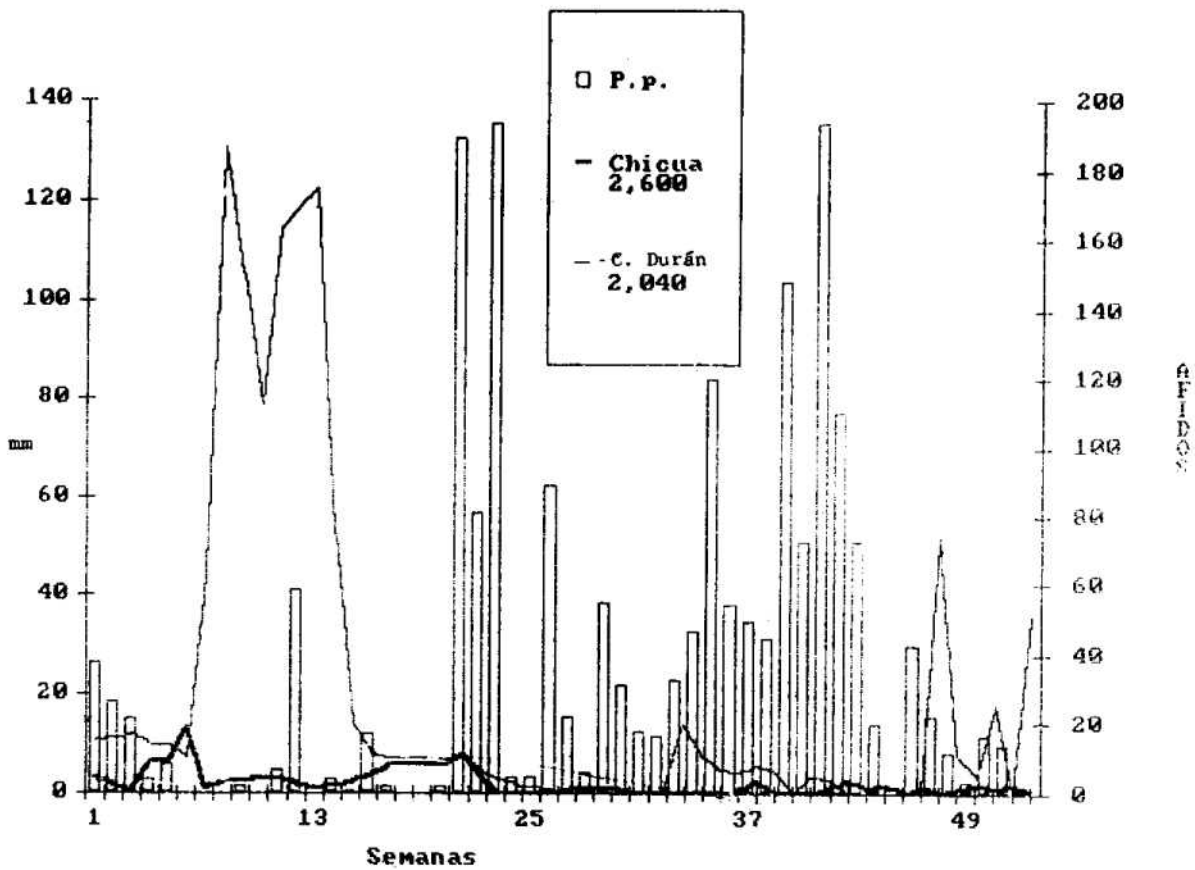


FIG 2: Curva poblacional de áfidos y precipitación semanal en (2 localidades) en San Juan de Chicua y Estación Experimental C. Durán.

Se observa en la figura una mayor captura de áfidos en la época menos lluviosa o época seca en la cual se registraron hasta 175 especímenes por conteo en la Estación Experimental Carlos Durán y 19 en San Juan de Chicué. A partir de abril, disminuye el número de áfidos capturados en ambas localidades coincidiendo con el inicio de la época lluviosa. Al final del año al disminuir la lluvia aumentó la captura de áfidos.

De una muestra de diferentes especímenes que fue enviada para su identificación a la Sección de Identificación de Insectos del State Natural History Survey Division (Illinois), el Dr. David Voegtlin reportó una predominancia de Myzus persicae. Además se identificaron las siguientes especies: Lipaphis erysimi, Aulacorthum solani, Macrosiphum euphorbiae, Cavariella aegopodii, Capitophorus hippophaes javonicus, Aphis craccivora, Hyperomyzus lactucae, Myzus ornatus y Brachycaudus rumexicolens. Algunas de estas fueron reportadas por Chacón (5) en tanto que Aulacorthum solani, Aphis citricola, Aphis gossypii, Aphis craccivora, M. ornatus y B. rumexicolens aparecen como especies no reportadas anteriormente para esta zona norte de Cartago. De ellas A. solani, M. ornatus y A. gossypii se citan como especies transmisoras de virus de papa (4,7,8).

En otra muestra de especímenes montados en láminas que fue revisada por el Dr. Remaudiere (Institut Pasteur) y el Dr. Cermeli (FONAIAP, Venezuela) se identificaron además de las especies citadas anteriormente Brachycaudus helichrysi y Capitophorus eleagni.

CONCLUSIONES

1. En la Zona Norte de Cartago se verificó la presencia de varias especies de áfidos que han sido reportadas como transmisoras de virus de la papa, en especial de los virus del enrollamiento (PLRV), Virus X (PVX) y Virus Y (PVY).
2. Las mayores poblaciones de áfidos se registraron durante la estación seca.
3. Con el propósito de prevenir el ataque de estos insectos se necesita conocer la fluctuación anual de las diferentes especies presentes y para ello se deben identificar los áfidos colectados.
4. Se recomienda continuar con el proceso de identificación de las especies colectadas a fin de registrar las especies que no han sido reportadas anteriormente.
5. Desde el punto de vista epidemiológico sería importante conocer la eficiencia de cada uno de estos áfidos como vectores de virus.

LITERATURA CITADA

1. AMADOR, R.; MENESES, R. 1986. Estudio de degeneración de semilla de papa por virus. Informe de labores, San José, Costa Rica Dpto. de Fitopatología. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
2. CERMEI, M. 1970. Notas preliminares sobre la fluctuación de áfidos en Cagua, Estado Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical* 20: 311-321.
3. CALVO, C. 1978. Variación estacional del áfido Myzus persicae (Sulzer) en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 27 p.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1980. Strategy for virus management in potatoes. Report of planning conference at CIP/Lima. April 21-25, 1980. Lima, CIP, 163 p.
5. CHACON, C. 1980. Evaluación de la población de áfidos alados en cultivos de papa para semilla en la zona norte de Cartago. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 64 p.
6. HOLMAN, J. 1974. Los áfidos de Cuba. La Habana, Instituto Cubano del Libro, 304 p.
7. HOOKER, W.J. (ed.). 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Lima, CIP. pp. 142-144.
8. SALAZAR, L.F. 1982. Enfermedades virosas de la papa. Lima, Perú, CIP. 11 p.

NOTAS SOBRE PRUEBA DE HERBICIDAS EN EL CAMPO*

Ramiro de la Cruz, Ph.D.**

La Investigación en malezas ha estado principalmente centrada hacia los sistemas de control; definirlos, probar su eficacia, mejorar su eficiencia, evaluar la competencia, perfeccionar los equipos, etc. De menor intensidad han sido las investigaciones que nos ayudan a mejor entender el comportamiento biológico de las malezas y su desempeño en la comunidad agrícola.

Aún cuando existen muchos manuales para la identificación de las principales malezas y éstos son de gran utilidad en trabajos de campo, existen muchas dudas sobre la base científica de la clasificación de algunas especies. Por otra parte, la carencia de claves y guías sencillas para la identificación de plántulas de malezas es una falla muy sentida por los investigadores en este campo.

Los manuales para identificación generalmente describen las características macroscópicas de las malezas, tal como se encuentran en los textos de taxonomía, o sea describiendo su desarrollo cuando la planta crece en condiciones normales u óptimas. Pero generalmente las malezas crecen bajo muy amplio rango de variables, tanto climáticas como edáficas, y debido a la gran plasticidad genética de estas especies, sus respuestas en crecimiento, desarrollo y formas, las aparta mucho del patrón descrito en los textos especializados.

Se considera necesario que los manuales sobre malezas ofrezcan con mayor amplitud y en formas más demostrativas las características de las mismas. La mayoría de los manuales presentan únicamente la foto aislada de la especie sobre un fondo que contrasta bien su forma. Pero en muchas circunstancias, y para la finalidad que persiguen los manuales, se debería incluir además, una foto de la maleza tal como ella se presenta en la comunidad, poniendo en relieve las otras especies con las cuales se asocia, en que medio se encuentra con más frecuencia y cuál es su aspecto general como componente de un agrosistema dado. Este tipo de ilustración es indispensable para contribuir a lograr una

* Basado en un Trabajo presentado al Seminario Taller de Malezas, MIP/CATIE. (Panamá, 14-27 oct. 1985).

** Especialista en Malezas, Proyecto MIP/CATIE, Turrialaba, Costa Rica.

identificación más precisa de las malezas en el campo. Finalmente, un detalle bien seleccionado de la especie puede ser el tercer elemento que permita ofrecer en un manual una ilustración más completa de una especie.

El levantamiento de poblaciones de malezas ha sido otra de las actividades en las que comúnmente se ve involucrado el investigador en esa área. La metodología disponible está bien establecida y de dominio principalmente en estudios ecológicos. Algunos de los métodos más empleados son la determinación de frecuencia, la densidad y la cobertura. Este último sistema es muy empleado en trabajos de control de malezas. La cobertura se refiere al área de la superficie cubierta por las malezas y puede estimarse mediante apreciación visual, el método de la línea de intercepción, el cuadrante de puntas y el grado de enmalezamiento donde además de la cobertura se califica el crecimiento y agresividad de las malezas. Finalmente está el método del peso de las malezas por unidad de superficie. Se ha encontrado que esta última variable está muy relacionada con el efecto de las malezas sobre el rendimiento de los cultivos.

Junto con los estudios biológicos y ecológicos de las malezas, que se adelantan muchas veces en ambientes controlados en los centros de investigación y los trabajos e investigación en control directo de malezas en el campo ocupan la mayor atención a los investigadores.

Las investigaciones con herbicidas tienen gran cantidad de variables que serían difíciles de cubrir en este artículo. Nos referiremos brevemente a los trabajos para prueba de herbicidas en parcelas pequeñas, parcelas demostrativas y pruebas semicomerciales. Cada una de estas tienen una finalidad y objetividad muy particulares.

En las pruebas en parcelas experimentales, generalmente en Centros de Investigación o fincas de agricultores progresistas se obtiene información básica sobre el comportamiento del producto: selectividad, efectividad, residualidad, rango de especies controladas, dosis, época de aplicación e interacción con las características climáticas y edáficas. En estas pruebas se manejan los compuestos con equipo experimental y la planeación de los tratamientos se hacen de acuerdo con un diseño estadístico. La toma de datos obedece a un programa especialmente diseñado y algunos de los sistemas de calificación más corrientemente empleados se pueden ver en los cuadros adjuntos. Puesto que las evaluaciones sobre el grado de control de los diferentes tratamientos se hace visualmente, es necesario que lo realice personal técnico con experiencia en esta actividad.

Las pruebas de bloques demostrativos y semicomerciales son generalmente trabajos basados en las investigaciones de parcelas. Los bloques demostrativos con frecuencia no replicados y de más de 1.000 m² de superficie, buscan ajustar dosis de un producto a nivel

de finca y al mismo tiempo hacer demostraciones, de las características más sobresalientes del herbicida, a los agricultores y al personal técnico. Este tipo de prueba es una fase final de la investigación con los herbicidas y por lo tanto, cuando se realizan con equipo experimental o comercial pero calibrado y controlado, permite observaciones experimentales más generales y con menor detalle.

Las pruebas semicomerciales generalmente se realizan con una dosis ya definida del compuesto y en algunas oportunidades se hacen para comparar uno o dos productos, entre los que se incluyen el tratamiento comúnmente usado por el agricultor, al cual se le denomina testigo comercial. Estas pruebas tienen una extensión mayor que los bloques demostrativos y dependiendo del cultivo puede ser de más de una hectárea. En cultivos hortícolas estas pruebas son de mucho menor extensión.

Tanto las pruebas de bloques demostrativos como los semicomerciales generalmente se hacen en fincas de agricultores.

Siempre que se trabaje en fincas de agricultores se deben tener en cuenta dos aspectos decisivos para el éxito de la prueba:

1. Visitas periódicas a la finca.
2. Comunicación permanente con el responsable de la finca para mantenerlo informado y motivado en el trabajo que se está haciendo.

Si el investigador es "ausentista" y no informa ni se comunica con la persona que tiene a su cargo la finca, hay mucha posibilidad de que la investigación se pierda.

En los cuadros 1,2 se presentan varios de los valores y términos empleados en la calificación de los experimentos sobre control de malezas. Estas calificaciones se hacen a intervalos cortos (cada dos semanas) después de la aplicación de los tratamientos y mientras dura su efecto o actividad residual. Corrientemente la calificación se hace para el total de las malezas y por especies presentes más importantes.

En el Cuadro 1 se indican algunos de los valores usados en la evaluación visual del enmalezamiento en el campo. En la primera columna se indica una escala porcentual a intervalos de 10 unidades. En algunos casos, en la práctica, se hace necesario usar intervalos más cortos, principalmente cuando se requiere indicar la presencia de una especie que antes del tratamiento estaba inadvertida y que escapa a la acción de control. En la segunda columna se anotan cinco categorías que califican el grado de selectividad del tratamiento hacia el cultivo y de su eficacia en el control de una población de malezas. Cuando se quiere más detalle sobre la acción del tratamiento se puede usar la descripción de las distintas categorías que aparece en la última columna.

El Cuadro 2 está compuesto de dos partes, las dos primeras columnas se refieren al cultivo y las tres restantes a las malezas. Las escalas numérica y calificativa de daño al cultivo tienen un valor de 0 a 9. El cero se emplea para indicar aquellas oportunidades donde no se hace evaluación, lo que equivaldría a una parcela perdida por dicha evaluación.

La columna tres consta de nueve categorías que van de 0 a 100 y se refieren al grado de cobertura de las malezas. Cuando la población de las malezas es muy densa el testigo sin control se toma como cobertura del 100%. En algunas oportunidades las parcelas testigo nunca alcanzan una cobertura total. Es necesario entonces, antes de empezar la calificación de las parcelas, reconocerlas cuidadosamente para tener una idea general sobre el grado de enmalezamiento.

En la columna cuatro se muestra una escala para calificar el grado de control. Esta escala es complementaria de la escala sobre cobertura. Cuando la población de las malezas tiene una cobertura del 100%, esta escala se pudo obtener fácilmente restando de 100 el grado de cobertura. Pero si la población de las malezas no cubre el 100% de la superficie, el grado de control de los distintos tratamientos debe hacerse con base al testigo y no restando como en el caso anterior.

Finalmente en la última columna del Cuadro 2 se indican varios términos que califican los distintos grados de cobertura y control. En el Cuadro 3 se presenta la equivalencia que existe entre cuatro de las escalas más frecuentemente usadas para la calificación visual de la eficacia de un tratamiento y grado de selectividad al cultivo. La escogencia de la escala dependerá de la precisión requerida y la experiencia que el técnico tenga en el manejo de la escala.

Cuando se trabaja con herbicidas en el campo, el grado de selectividad a las malezas y cultivos varía mucho. Los síntomas de daño cuando son leves, puede fácilmente confundirse con otros tipos de desarreglos fisiológicos. En el Cuadro 4, primera columna, se puede ver que algunos cultivos como el tomate y la zanahoria muestran síntomas parecidos a daño de herbicidas aún sin haber sido tratados con estos compuestos. En las siguientes columnas de este mismo cuadro se indica la respuesta de varias especies (cultivos y malezas) a la acción de algunos herbicidas de uso corriente. Esta información es útil en aquellos trabajos donde se quiere medir la acción de un nuevo herbicida comparandola con la de un producto ya conocido.

BIBLIOGRAFIA

- BORRIL, L.C.; CARDENAS, J.; LOCATELLI, E. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International Plant Protection Center. Oregon State University. 1-64 p.
- CIBA-GEIGY. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. 2da. Ed. División Agrícola, Ciba-Geigy, S.A.
- DE LA CRUZ, R. 1981. Metodología para la Evaluación de Agroquímicos en Colombia. Parte II. Fisiología Vegetal. Instituto Colombiano Agropecuario. Documento de Trabajo 05-6-114-81.
- FURTICK, W.R.; ROMANOWSKI, JR., R.R. 1973. Manual de Métodos de Investigación de Malezas. México. Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. 82 p.
- R. & D. SPRAYERS INC. 1985. Catalog of Sprayers for Research and Demonstration. 790 E. Natchez Blvd. Opelousas, Louisiana 70570. 1-27 pp.
- SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. 1977. Research Methods in Weed Science. 2nd. Ed. by Bryan Truelove. Auburn, Alabama. 221 pp.
- WALTER, H. 1983. Weed sampling in the field and interpretation of sampling data. Plits 1(1):65-80.

CUADRO 2. Escala para la evaluación cualitativa de la selectividad y eficacia del sistema de control.

CALIFICACION	DAÑO AL CULTIVO	COBERTURA MALEZAS %	CONTROL	DAÑO A LA MALEZA
0	No se hizo evaluación			
1	Nulo	0	100	Muerte total (Excelente)
2	Sintomas muy débiles	3	97	Muy bueno
3	Sintomas débiles	5	95	Bueno
4	Sintomas sin efectos en rendimiento	10	90	Suficiente
5	Mediano	15	85	Mediano
6	Medianamente fuerte	25	75	Regular
7	Fuerte	35	65	Pobre
8	Muy fuerte	68	32	Muy pobre
9	Muerte total	100	0	Sin efecto (Nulo)

CUADRO 3. Equivalencia entre cuatro escalas (0-100; 0-10; 0-5; 1-5) utilizadas en la evaluación cualitativas del grado de control y daño al cultivo.

POR CIENTO	0-10	0-5	0-1
0-10	0-1	0	
10-20	1-2		1
20-30	2-3	1	
30-40	3-4		2
40-50	4-5	2	
50-60	5-6		3
60-70	6-7	3	
70-80	7-8		4
80-90	8-9	4	
90-100	9-10	5	5

CUADRO 4. Índice de fitotoxicidad para malezas y cultivos con algunos tratamientos usados como comparación en la evaluación de nuevos herbicidas.

PLANTAS	TRIFLURALINA TESTIGO	0,84 psi.	ALACLOR 2,2 pre	FLUOMETURON 1.7 pre	ATRAZINA 2.2 pre	BENTASONE 0,84 POST.
Alfalfa	1	0	82	100	100	36
Remolacha	4	100	84	100	100	100
Zanahoria	12	23	87	100	100	100
Maiz	2	67	7	98	5	1
Algodón	1	7	26	28	100	59
Pepino	0	28	31	100	100	17
Mostaza	2	0	33	100	100	82
Avena	0	97	45	100	100	0
Maní	2	73	15	100	100	12
Arveja	0	5	7	87	100	0
Arroz	0	94	84	100	100	0
Habichuela	0	2	13	100	100	16
Sorgo	0	83	36	100	36	0
Soya	0	1	5	96	100	1
Zapayo	2	3	1	99	100	15
Tomate	20	9	67	100	100	47
Trigo	1	92	72	100	100	0
Promedio de toxicidad para Cultivos	3	40	41	94	91	28
MALEZAS						
<i>Echinochloa crusgalli</i>	0	100	93	100	100	6
<i>Xanthium pensylvanicum</i>	2	1	7	100	100	98
<i>Digitaria sanguinalis</i>	1	99	90	100	100	9
<i>Eleusine indica</i>	0	99	99	100	100	0
<i>Sorghum halepense</i>	0	97	86	99	59	4
<i>Ipomoea hederace</i> var.						
<i>Intergruscaula</i>	1	89	7	98	100	26
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0	100	99	100	100	33
<i>Oryza sativa</i>	0	95	79	99	100	0
<i>Cassia obtusifolia</i>	4	1	57	100	100	5
<i>Sida espinosa</i>	1	1	77	100	100	90
<i>Anoda cristata</i>	1	1	77	87	100	67
Promedio de Toxicidad para Malezas	1	58	64	98	96	30
Promedio Total toxicidad	2	49	52	96	94	29

0 = Ningún control o daño

100 = Total control o muerte
de plantas útiles

ESTIMACION DE LOS NIVELES DE DAÑO ECONOMICO PARA PLAGAS INSECTILES*

Allan J. Hruska**
Peter M. Rosset***

INTRODUCCION

Definición de una plaga

Un insecto herbívoro u otro organismo se constituye en una plaga cuando ha alcanzado un nivel poblacional que es suficiente para causar pérdidas económicas. La meta principal de la estimación de los niveles de daño económico ("economic injury levels") es definir "pérdida económica" para un cultivo dado y calcular el nivel poblacional de una plaga dada que provocaría tal pérdida.

Estimación de pérdidas

La estimación de las pérdidas en cultivos, provocadas por plagas insectiles, es el primer paso hacia la racionalización del combate de éstas. Una vez que son cuantificadas las pérdidas en diversos cultivos debidas a los distintos insectos, se puede priorizar el trabajo investigativo según la importancia económica que tienen las diferentes plagas. Además se pueden identificar problemas actuales de insectos antes no reconocidos como plagas, y de insectos que son objeto de muchas aplicaciones químicas a pesar de que no causan daños económicos. Finalmente los datos adquiridos permiten estimar el nivel de daño económico, obteniendo así información básica del manejo integrado de plagas.

CONCEPTO DEL NIVEL DE DAÑO ECONOMICO (NDE)

Definiciones: El nivel de daño económico y el umbral económico

Hay una gran confusión en la literatura entomológica entre el Nivel de Daño Económico (NDE) y el "Umbral Económico" ("economic threshold") o "Umbral de Acción" ("action threshold"). La

* Material preparado para el: "Curso/Taller sobre Estimación de los Niveles de Daño Económico para Plagas Insectiles". 24-28 Agosto, 1987. San José, Costa Rica, Proyecto MIP/CATIE/CR.

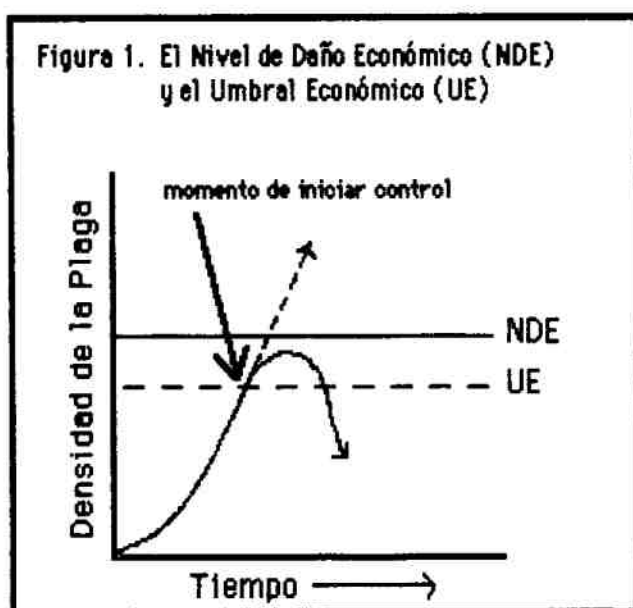
** Profesor, Escuela de Sanidad Vegetal, ISCA. Apartado 453, Managua, Nicaragua.

*** Coordinador, Proyecto MIP/CATIE/CR. Apartado 843-2050, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

tendencia ha sido la de usar estos términos como si fueran intercambiables, aunque en realidad son conceptos distintos. Recientemente se han publicado algunas revisiones de la literatura que aclaran esta situación (Poston et al., 1983; Andow y Kiritani, 1983; Pedigo et al., 1986).

El Nivel de Daño Económico es la densidad poblacional de plaga en la cual el costo del combate coincide con el beneficio económico esperado del mismo. La acción de control "salva" una parte del rendimiento, lo cual se hubiera perdido si no se hubiese implementado el control. Dicho "rendimiento salvado" tiene un valor monetario, que iguala al costo de implementar el control, si esto se hace cuando la densidad poblacional de la plaga alcanza el NDE. En otras palabras, el NDE es la densidad poblacional de la plaga donde el valor del rendimiento salvado cubre exactamente los gastos del control. Si la densidad de la plaga es menor, no sería rentable implementar el control.

El Umbral Económico (UE) o "umbral de acción" es generalmente definido como la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el NDE en el futuro. Esto supone que hay un retraso entre la estimación de la densidad de la plaga (el "monitoreo") y el control de la plaga. Entonces el UE se encuentra a una densidad menor de la plaga que el NDE, para permitir el tiempo en que actúa el método del control (Figura 1).



El UE es sumamente difícil de estimar, porque depende de la futura dinámica poblacional de la plaga. Normalmente se requieren años de investigación para poder predecir el crecimiento de una población.

Se podría pensar en otros criterios potenciales para determinar un "umbral de acción". Su estimación podría depender, por ejemplo, de los factores subjetivos que incorpora el agricultor en su proceso de toma de decisiones, como de los recursos monetarios disponibles, el nivel de riesgo que él está dispuesto a aceptar, o el hecho de producir para autoconsumo versus de querer maximizar su ganancia, etc. Estos factores también son difíciles de cuantificar, y tampoco están realmente al alcance de nosotros.

En cambio el NDE es relativamente fácil de estimar, y nos podría servir como un primer paso o "umbral provisional" que divida las acciones de control en dos grupos: las que se implementan por debajo del NDE, **que no son rentables**; y las que se implementan del NDE para arriba, que sí **son rentables**. Esto quizás no indica la densidad "óptima" para iniciar un control, pero permite eliminar las aplicaciones no rentables y lógicamente innecesarias, "racionalizando" así el control químico. En este curso vamos a estimar los NDE's dejando la discusión de la estimación de los UE's o umbrales de acción, para el futuro.

Los componentes y cálculo del NDE

Volviendo a la definición del NDE,

"La densidad poblacional de la plaga en la cual el costo del control iguala al beneficio económico del control"

observamos que el NDE está compuesto por dos tipos de datos: datos biológicos provenientes de la experimentación, y datos económicos.

En la esfera biológica se ha de estimar 1) la relación entre la densidad poblacional de la plaga y el rendimiento del cultivo, y 2) la reducción de la densidad de la plaga ocasionada por el método de control (ej. una aplicación de un plaguicida). Los datos "económicos" que son necesarios son: 1) el precio de venta de cosecha (el valor), y 2) el costo del método de control (materia, maquinaria y mano de obra).

El NDE en su forma más sencilla está dado como la densidad de la plaga donde,

$$\text{Costo} = \text{Beneficio.}$$

Esta relación puede expresarse como,

$$C = mDSP,$$

donde C = el costo de control
m = la reducción en el rendimiento por unidad de plaga
D = la densidad poblacional de la plaga
S = el grado de supresión de la plaga efectuado por el control
P = el precio de venta de la cosecha

Al reflexionar queda claro que el término **mDS** representa el "rendimiento salvado" por unidad de plaga, debido a la aplicación del control. Al multiplicar esta cantidad por P se obtiene el valor monetario de dicho rendimiento salvado. Para calcular la densidad de plaga equivalente al NDE, se resuelve la ecuación para D, o sea,

$$NDE = D^* = C/mSP$$

Esta es la forma más sencilla de la relación; sin embargo diferentes autores presentan distintas formas de la ecuación que son superficialmente diferentes. Por ejemplo se utilizan diferentes nombres para las mismas variables. También suele suponerse que la supresión de la plaga siempre es de 100%, y en tal caso no aparece S como variable. Algunos autores utilizan porcentajes para la supresión de la plaga, prefieren otras proporciones. A veces se habla en términos de rendimiento absoluto, a veces de "rendimiento perdido", o del "porcentaje del rendimiento perdido" (Rosset, 1986; Pedigo *et al.* 1986; etc.). Todas estas variaciones son válidas y no deben oscurecer la relación básica.

Ejemplo 1: 100% Supresión de la Plaga

Si el control es 100% efectivo (Hruska, 1987), la ecuación se reduce a:

$$C = mDP,$$

y el NDE a,

$$NDE = D^* = C/mP$$

Ejemplo 2: Porcentaje del Rendimiento Perdido

En lugar de hablar de rendimientos absolutos (ej. 1000 Kg/ha), se podría hablar del porcentaje de rendimiento perdido como consecuencia de la acción de la plaga (ver Figura 4). En estos casos las variables de interés son:

- C = costo de control
- m = porcentaje de reducción en el rendimiento por unidad de plaga
- D = densidad poblacional de la plaga
- S = grado de supresión de la plaga efectuado por el control
- P = precio de venta de la cosecha
- R = rendimiento del cultivo esperado en la ausencia de la plaga

Ahora **mDS** representa el **porcentaje** del rendimiento "salvado", y el **NDE** es la densidad de la plaga donde,

$$C = [mDSPR] / 100$$

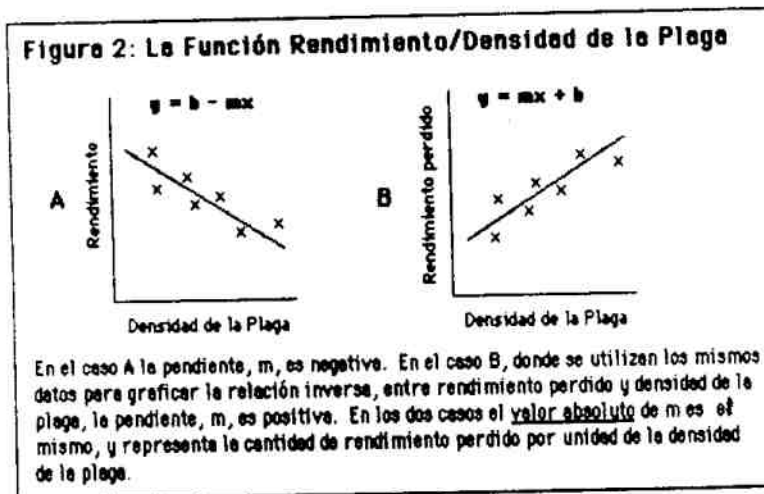
(se divide por 100 para convertir el porcentaje en proporción), y,

$$NDE = D^* = C(100) / [mSPR]$$

Este es el mismo análisis que presenta Rosset (1986), aunque se utilizan diferentes letras para representar las variables.

La relación entre la densidad de la plaga y el rendimiento

En las ecuaciones anteriores se utilizó la constante **m**, que representa la reducción causada en el rendimiento por "unidad" de la plaga. Esta constante se obtiene de la función que relaciona **Rendimiento/Densidad de la Plaga** ("yield/pest density function"), donde **m** es el valor absoluto de la pendiente de la línea que representa la relación entre el rendimiento del cultivo y la densidad de la plaga (ver Figura 2). La función es la ecuación de **regresión** entre las variables densidad y rendimiento. En algunos casos se supone una relación no lineal entre rendimiento y densidad (ver anexo).

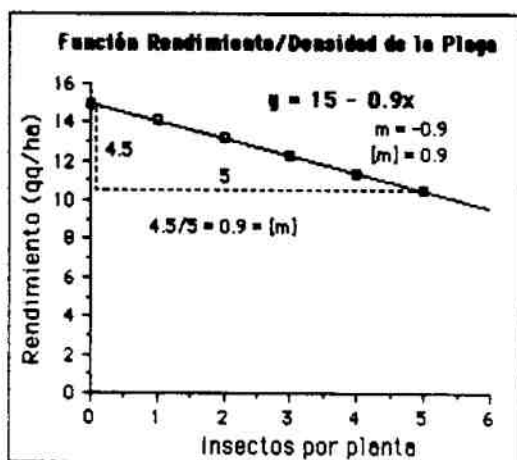


Ejemplo 3: El Cálculo del NDE

En un experimento hipotético obtuvimos los siguientes valores

<u>Numero de insectos por planta</u>	<u>Rendimiento qq/ha</u>
0	15.0
1	14.1
2	13.2
3	12.3
4	11.4
5	10.5

De estos valores se calcula m , la reducción del rendimiento por unidad de la densidad de la plaga (el valor absoluto de la pendiente de la línea de regresión). Esto se puede calcular de dos maneras: directamente de la gráfica o de la ecuación de regresión



Este valor absoluto de m , 0.9, se utiliza junto con los siguientes datos hipotéticos para calcular el NDE

C = el costo de control = 1000€/\$/ha

S = el grado de supresión de la plaga efectuado por el control = 0.80 (80%)

P = el precio de venta de la cosecha 800€/\$/qq

D = número de insectos por planta

m = la reducción en el rendimiento por unidad de plaga = el valor absoluto de m en la ecuación de regresión ($|m|$) = 0.9

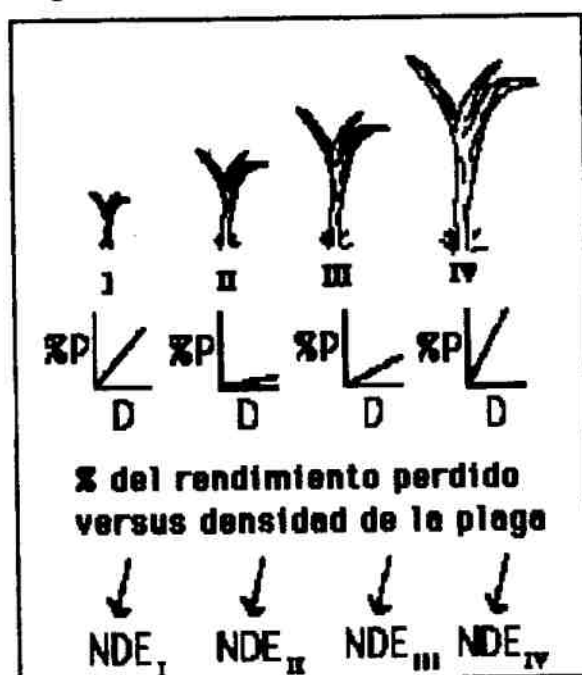
El NDE = $D^* = C / mDSP = 1000 / 0.9(0.80)800 = 1.74$ insectos/planta

Etapas fenológicas

La susceptibilidad de la planta al daño insectil varía durante la vida de la planta. Hay etapas fenológicas donde un daño mínimo causa una pérdida significativa del rendimiento, mientras que hay

otras etapas donde la planta tolera mayor daño sin perjudicar el rendimiento. En el tomate, por ejemplo, la etapa de plántula y de formación de frutos son susceptibles, mientras que durante la etapa de crecimiento vegetativo la planta típicamente puede soportar hasta una defoliación de 30% sin reducir el rendimiento final (Rosset, 1986). Entonces se ha de estimar separadamente para cada etapa fenológica de la planta, la relación entre el nivel poblacional de la plaga y el rendimiento perdido (ver Figura 3). Luego se utiliza el valor de m de cada etapa para calcular un NDE para la misma.

Figura 3. Etapas Fenológicas



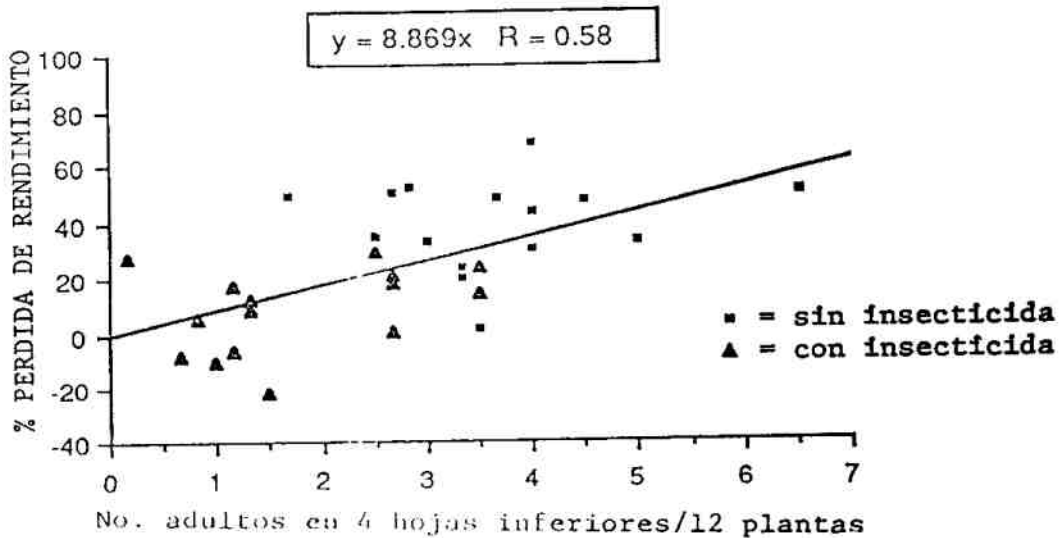
ESTIMACION DE LAS CONSTANTES

Objetivos

Se observó anteriormente que el NDE está compuesto por datos biológicos y datos económicos. Los datos económicos son: el costo de control (material, maquinaria y mano de obra), el precio que recibe el productor por la cosecha, y la gama de rendimientos esperados en la ausencia de la plaga (para el análisis basado en el porcentaje de rendimiento perdido; (Rosset, 1986). Estos datos se obtienen de estudios del mercado, de los presupuestos del cultivo, y/o de entrevistas.

Los datos biológicos son: la efectividad del método del control (reducción efectuada en la densidad de la plaga), y la función rendimiento/densidad de la plaga. El primero se obtiene de "pruebas de productos", mientras que el segundo se puede obtener a través de diferentes tipos de experimentos.

Figura 4. Regresión del porcentaje perdido del rendimiento de tomate versus la densidad poblacional de la mosca blanca (número de adultos en 4 hojas compuestas de la mitad inferior de la planta por 12 plantas) a los 43 días después de sembrar (según Rosset, 1986).



Una ventaja de este análisis es que a veces se puede aplicar a datos "archivados" provenientes de pruebas previas de productos, siendo así un método útil para "rescatar" información importante del tipo de ensayo más corriente. La gran desventaja es que confunde los efectos de la densidad de la plaga con los de período o etapa fenológica del ataque, fiándose del análisis de correlación y regresión para separar dichos efectos. El método siguiente evita este problema.

Períodos críticos

En este diseño se cruzan dos tipos de tratamientos: la dosis del producto y la "época de protección". El primer tipo es nada más que una prueba de dosis para "manipular" la densidad de la plaga. En el segundo, se "proteje" a diferentes etapas fenológicas de la planta, dejando otras sin aplicación del producto, para explícitamente separar los efectos de la plaga en las distintas etapas fenológicas de la planta (Hruska, 1987). Se utiliza regresión entre densidad y rendimiento en cada período para estimar la función rendimiento/densidad de la plaga y la constante ■.

Infestación artificial

Cuando la densidad natural de la población de la plaga es baja, se puede aumentar artificialmente mediante la infestación con insectos criados en el laboratorio. En este caso los diferentes tratamientos corresponden a varios niveles de infestación. Este diseño puede ser incorporado a un experimento de "períodos críticos", infestando tratamientos diferentes en distintas fechas.

Daño artificial

Cuando ya se conoce la cantidad de daño producido por insecto, se puede defoliar la planta artificialmente para estimar la relación entre daño y rendimiento (Keularts *et al.*, 1985). La ventaja de este método es que se puede controlar en forma precisa el porcentaje de defoliación. La desventaja es que el daño artificial no siempre causa el mismo efecto que la alimentación de un insecto.

Prueba de umbrales de acción

Otro tipo común de experimento es la prueba de umbrales de acción o "niveles críticos". En este diseño cada tratamiento corresponde al empleo de un umbral de acción distinto. Por ejemplo, en un experimento hipotético el tratamiento 1 podría ser la aplicación de insecticida cuando la densidad de la plaga alcanza una larva por planta; el tratamiento 2 cuando alcanza dos larvas por planta, etc. En este caso se realizan dos tipos de análisis estadísticos. Se utiliza el análisis de varianza para comparar los rendimientos, niveles de infestación, número de aplicaciones y ganancias netas de los diferentes tratamientos (Sears *et al.*, 1985). Luego se hace el análisis de correlación y regresión descrita anteriormente para determinar el NDE.

La ventaja de este diseño es que incorpora, aunque como "caja negra", el efecto del umbral en la dinámica futura de la plaga. La desventaja es que confunde los efectos de la densidad de la plaga y la etapa fenológica del ataque.

EFFECTOS DE CAMBIOS EN LAS VARIABLES

La ecuación del NDE

Recordando la ecuación del NDE,

$$NDE = D^* = C/mSP,$$

debe ser claro que un cambio en el valor de cualquiera de las variables cambiaría el nivel de daño económico (Zavaleta, 1983).

Costo de control

En el ejemplo 3 la ecuación hipotética del NDE fue,

$$\begin{aligned} \text{NDE} = D^* = C/m\text{DSP} &= 1000/[0.9(0.80)800] \\ &= 1.74 \text{ insectos/planta,} \end{aligned}$$

donde el costo de control, C, era 1000¢\$/ha. Si el costo de control sube como consecuencia de un alza en el precio del producto o el costo de mano de obra, a 2000¢\$/ha, la ecuación cambia a $2000/[0.9(0.80)800] = 3.47$ insectos/planta. Esto es lógico, como no debe ser rentable aplicar tanto si el producto es más caro. En cambio, si se baja el costo de control a 500¢\$/ha, como consecuencia de un subsidio al precio del producto, la ecuación nueva es $500/[0.9(0.8)800] = 0.87$ insectos por planta (Rosset, 1987). Entonces la consecuencia de subvencionar el precio del insecticida es un aumento en su uso, a través de un NDE menor.

El costo cambia también cuando se sustituye otro producto con otro precio. El producto nuevo podría tener también un grado diferente de efectividad, como se expone más adelante en el párrafo sobre la efectividad del producto.

El precio de venta de la cosecha

Si el valor de la cosecha sube se justifica un uso mayor de insecticida, como consecuencia de un NDE menor. Por ejemplo, ¿cuál sería el NDE si el precio de venta de la cosecha sube de 800¢\$/qq a 1600¢\$/qq?

La función rendimiento/densidad de la plaga

El valor m , la reducción en el rendimiento por unidad de la densidad de la plaga, también puede cambiar, por ejemplo como consecuencia de la introducción de una variedad resistente o tolerante del cultivo. El uso de la variedad más resistente resultaría en un valor **menor** de m , o sea, una pérdida menor por unidad de plaga. Queda claro por la ubicación de m en la ecuación que al **bajarlo**, se **aumentaría** el NDE, reduciendo así el uso de insecticida.

La efectividad del producto

Al introducir un producto nuevo, con mayor efectividad en cuanto al grado de supresión de la densidad de la plaga obtenida, se aumenta la cantidad de $m\text{DS}$, el "rendimiento salvado", justificando una mayor inversión en control (recordar que el NDE representa un balance entre el costo y el beneficio del control). Entonces disminuiría el NDE. Por ejemplo, ¿cuál sería el NDE si se introduce un producto que elimina 0.99 (99%) de la población de la plaga?

El papel del rendimiento esperado

Cuando se utiliza el análisis basado en el **porcentaje de rendimiento perdido** (ver ejemplo 2), el rendimiento esperado del cultivo juega un papel en la ausencia del ataque de la plaga. La ecuación del NDE es,

$$NDE = D^* = C(100)/mSPR,$$

donde R es dicho rendimiento esperado. Así un cambio en R. cambia el NDE.

La ventaja de este tipo de análisis es que hablar en términos del "porcentaje del rendimiento" y no de rendimientos absolutos, permite generalizar los NDE's a los agricultores quienes esperan obtener rendimientos diferentes. Se presentan los NDE's en forma tabular según el rendimiento esperado y el precio de venta de la cosecha (Cuadro 2).

La desventaja es que este método se justifica solamente cuando el supuesto biológico, (que la **pérdida porcentual causada por la plaga no depende del rendimiento absoluto**), sea válida. En muchos casos el valor de m variará cuando se cambia el sistema de producción (Ej. riego versus lluvia), violando el supuesto y haciendo necesario nuevos experimentos.

 Cuadro 2. Nivel de daño económico (NDE) para *Bemisia tabaci* en el tomate, Nicaragua 1983. Los rendimientos esperados cubren el rango esperado para el ciclo de 1982-1983 (10,000 - 40,000 kg/ha), para diferentes regiones y formas de tenencia de la tierra. Los precios esperados cubren el rango del precio predicho para 1983 según varias instuciones estatales. El NDE se basa en un costo por ha de 720c\$ por dos aplicaciones de insecticida, obtenidos de los presupuestos estimados en 1983 por el Banco Nacional de Desarrollo (Rosset, 1986).

NIVEL DE DAÑO ECONOMICO (NDE)

Rendimiento Esperado (kg/ha)	Precio de Venta de la Cosecha Esperado (c\$/kg)				
	1.76	3.52	5.28	7.04	8.80
10,000	0.891*	0.446	0.297	0.223	0.178
15,000	0.594	0.297	0.198	0.149	0.119
20,000	0.446	0.223	0.149	0.111	0.089
25,000	0.357	0.178	0.119	0.089	0.071
30,000	0.297	0.149	0.099	0.074	0.059
35,000	0.255	0.127	0.085	0.064	0.051
40,000	0.223	0.111	0.074	0.056	0.045
45,000	0.198	0.099	0.066	0.050	0.040

* = número de adultos de la mosca blanca en cuatro hojas compuestas de la mitad inferior de la planta en 12 plantas.

Conclusión: Los NDE's no tienen valores únicos

Queda estar claro que el NDE carece de un valor único, y varía según los costos, precios, etapas fenológicas, rendimientos, variedades, zonas y épocas del año (Cuadro 3). Esto indica un error muy común: el de establecer un solo NDE que nunca cambie para cada plaga. Esto no es válido. Para cambios de precios sería mejor publicar la fórmula que permite sacar el NDE, producir una tabla cada año como recomienda Rosset (1986), o emitir periódicamente nuevos NDE's. Para cambios biológicos (época del año, variedad), clima, etc.) hay que realizar nuevos experimentos con el fin de estimar el nuevo valor de **m**.

Cuadro 3. Resumen de los efectos de cambios en los parámetros del NDE.

<u>Al</u>		<u>El NDE se</u>
Aumentar Bajar	el costo de control	aumenta baja
Aumentar Bajar	el precio de venta de la cosecha	baja aumenta
Aumentar Bajar	la resistencia de la planta	aumenta baja
Aumentar Bajar	la efectividad del insecticida	baja aumenta

ANEXO: El Caso de una Relación Curvilínea

A veces la relación entre el rendimiento del cultivo y la densidad de la plaga no es lineal. En este caso se utiliza un polinomial cuadrática en regresión curvilínea:

1) La forma de la ecuación que describa la curva es:



2)
$$NDE = D^* = x^* = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4a(C/P)}}{2a}$$

donde C mayúscula = Costo de control,
y P = Precio de venta de la cosecha

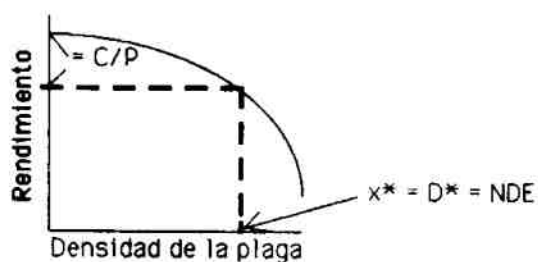
3) Se puede averiguar la solución a través del método gráfico:

Recuerde que en la densidad equivalente al NDE el Costo = Beneficio, y el beneficio refiere al "rendimiento salvado." Entonces se puede "traducir" el costo en un rendimiento de equivalente valor:

$$C = yP, \text{ o}$$

$$y = C/P$$

Este rendimiento puede ser indicado en la gráfica, y la densidad (el NDE) correspondiente calculado:



LITERATURA CITADA

- ANDOW, D.A.; KIRITANI, K. 1983. The economic injury level and the control threshold. *Japan Pesticide Information* 43:3-9.
- HRUSKA, A.J. 1987. Períodos críticos de protección y el efecto de infestación del gusano cogollero, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera:Noctuidae) en maíz bajo riego en Nicaragua. In Memorias del 1er. Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala. 12 p.
- KEULARTS, J.; WADDILL, V.; POHRONEZNY, K. 1985. Effect of manual defoliation on tomato yield and quality. *Agricultural Experiment Stations, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida (Gainesville), Technical Bulletin No. 847, 41 p.*
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31:341-368.
- POSTON, F.L.; PEDIGO, L.P.; WELCH, S.M. 1983. Economic injury levels: reality and practicality. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 29(1):49-53.
- ROSSET, P.M. 1986. Métodos de muestreo, reducción en rendimiento y niveles de daño económico por la mosca blanca del algodón, Bemisia tabaci Genn., en el tomate en Nicaragua. In P.M. Rosset, 1986, Aspectos Ecológicos y Económicos del Manejo de Plagas y los Policultivos de Tomate en Centroamérica. *Ann Arbor, MI, EEUU. Institute for the Development of Agricultural Alternatives, pp. 32-70.*
- _____. 1987. Precios, subvenciones y los niveles de daño económico. In Memorias del 1er Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala (en prensa).
- SEARS, M.K.; SHELTON, A.M.; QUICK, T.C.; WYMAN, J.A.; WEBB, S.E. 1985. Evaluation of partial plant sampling procedures and corresponding action thresholds for management of Lepidoptera on cabbage. *J. Econ. Entomol.* 78(4):913-916.
- ZAVALETA, L.R. 1983. Aspectos económicos del manejo integrado de plagas. In Memorias del 1er Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala. pp. 192-202.

CONSECUENCIAS TOXICOLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA RESISTENCIA A LOS
PLAGUICIDAS - UN PROBLEMA AGROMÉDICO SIGNIFICATIVO

Whittemore, F.W.*
Fowler Jr., H.W.**
Collier, C.*

RESUMEN

Presenta un panorama de la evolución, alcance actual e interrelaciones entre los problemas de resistencia a los plaguicidas en la agricultura y en la salud pública, y las repercusiones asociadas con lo toxicológico y lo ambiental. Los problemas ilustran la necesidad de desarrollar un enfoque agromédico para formular programas exitosos de manejo de plagas. Proporcionamos comentarios especiales sobre la naturaleza de los problemas operativos y la necesidad de incorporar el uso racional de plaguicidas con métodos tradicionales de manejo de plagas que sean aceptables para el ambiente y la ecología. Se presentan una serie de recomendaciones especiales para ser consideradas por funcionarios responsables de desarrollar programas de manejo integrado de plagas para el control de especies de plagas que afectan la agricultura y la salud pública.

* Pest Management Specialists, US.AID, Agricultural Production Division, Washington, D.C.

** Research Professor Agromedicine, University of Miami.

Reproducción con autorización de los editores del Capítulo IV de: Un enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas; algunas consideraciones ambientales y de salud. Washington, D.C., OPS/OMS; Consorcio para la Protección Internacional de Cultivos. Berkeley, California.

INTRODUCCION

El primer problema agromédico se refiere al problema constantemente en aumento de resistencia al plaguicida, y como se explicara en el Capítulo 1, a la multiplicidad de plaguicidas que se han desarrollado en un intento de abordar el problema de la resistencia. El término "resistencia" fue definido por el Grupo de Trabajo de Expertos de la FAO sobre Resistencia de Plagas a Plaguicidas como "...la disminución de respuesta de una población de especies de animales o plantas a un plaguicida o agente de control como resultado de su aplicación" (FAO, 1967).

En contraposición con el segundo y tercer problema agromédico, que son manifestaciones directas de toxicología, la resistencia al plaguicida es un fenómeno biológico que puede ser influido en gran medida por factores operacionales dentro del control de funcionarios locales. El desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) ajustadas a condiciones locales se considera esencial para poder retardar la propagación de la resistencia. El desarrollo de estas estrategias requerirán esfuerzos cooperativos de funcionarios de gobierno, médicos, toxicólogos, entomólogos, agrónomos, ecólogos y otras especializaciones apropiadas para considerar todos los procedimientos posibles a incorporar en el programa. Tales estrategias requieren la conducción de encuestas especiales para detectar y caracterizar el estado actual de la resistencia en el país, y estudios detallados de la ecología de las especies de plaga y sus parásitos y predadores asociados, así como el uso de toda una cantidad de técnicas no-químicas, suplementadas donde sea necesario por el uso asesorado e informado de plaguicidas químicos apropiados.

El fenómeno de resistencia al plaguicida es una grave amenaza a la capacidad del hombre de producir una cantidad adecuada de alimentos y simultáneamente protegerse a sí mismo de los estragos de la malaria, fiebre de dengue, filariasis y otras enfermedades transmitidas por vectores. La esfera de resistencia al plaguicida aumenta constantemente en el mundo, y puede predecirse confiablemente que aumentará en gravedad y continuará siendo un problema significativo en el futuro previsible. Aunque a la postre el hombre sea probablemente indefenso para eliminar el problema de la resistencia, hay una serie de acciones especiales que pueden tomarse para reducir la magnitud del problema y maximizar la utilidad de plaguicidas considerados esenciales para la agricultura y los programas de salud pública. El fin de este capítulo es comentar el alcance del problema e informar sobre medidas defensivas especiales para prolongar la vida útil de los plaguicidas.

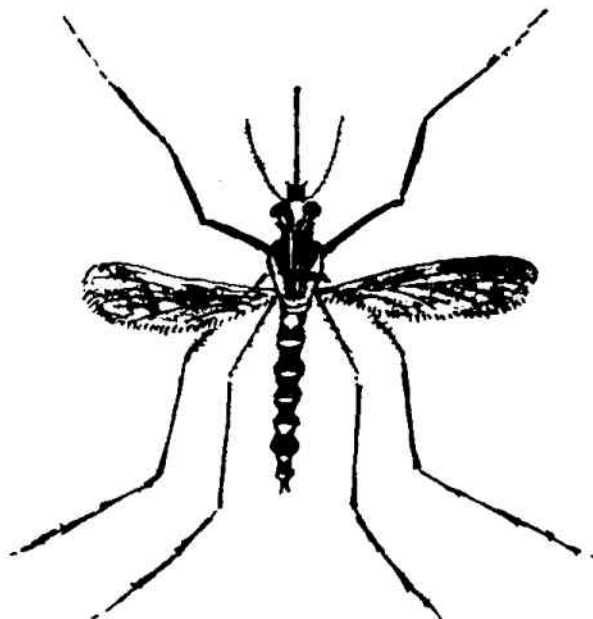
EVOLUCION DEL PROBLEMA DE RESISTENCIA

El primer caso de resistencia adquirida de los insectos a la acción insecticida parece haber ocurrido en el estado de Washington en 1908 cuando se determinó que el cóccido de San José (Quadras perniciosis pictiotus) era resistente a la pulverización de azufre de cal (señalado por Brooks, 1974).

En el Mediterráneo, la propagación de resistencia al DDT y al HCH ha requerido la conversión al malatión en Egipto, Irán, Iraq, Afganistán, la República Árabe de Siria y Sudán. Aunque se está desarrollando resistencia hacia el malatión, los resultados de control son muy eficaces dondequiera se obtenga buena cobertura.

Otros insectos vectores de enfermedades

El control de mosquitos Culicine se ha hecho más difícil y costoso debido al desarrollo de resistencia a una serie de insecticidas. El control exitoso del Aedes Aegypti ahora es logrado mediante larvicida con temefós y adulticida con malatión en la mayoría de las regiones del mundo. La falta de control del Aedes Aegypti y los brotes graves asociados de fiebre de dengue en América Central y el Caribe se han atribuido a la inadecuación de las medidas de control más que a la resistencia a los organofosforados.



Detección y monitoría de resistencia

La Organización Mundial de la Salud ha desarrollado procedimientos normalizados de prueba para todos los grupos médicamente importantes de plagas. Se dispone de equipos para pruebas de susceptibilidad en larvas y adultos. Además, se proporcionan instrucciones detalladas sobre cómo conducir pruebas en respuesta a solicitudes de información a la OMS.

Consecuencias toxicológicas y ambientales

Las consecuencias toxicológicas y ambientales asociadas con el problema de resistencia en plagas de salud pública son algo diferentes de aquellas asociadas con los problemas de resistencia en plagas agrícolas, particularmente en tanto se relacionan con operaciones de control de malaria. La efectividad del programa de control de malaria durante muchos años ha dependido de la aplicación de DDT en el interior de habitaciones humanas anual o semestralmente. Nótese que para este fin la persistencia es una cualidad deseable. Aunque esta técnica funcionó mejor en edificios bien contruidos que proporcionan solamente acceso limitado a mosquitos, también funcionó excepcionalmente bien en los tipos más abiertos de construcción ubicados en áreas tropicales. La mayor parte de los vectores anofelinos de malaria son crepusculares y buscan áreas frescas y con sombra para descansar durante el día, sólo buscan activamente una comida de sangre y son infectados con malaria o la

transmiten durante las primeras horas del atardecer, aunque hay un pico algo más pequeño de actividad durante las horas muy tempranas de la mañana. El Anopheles gambiae en Africa es una excepción notable, ya que pica activamente durante el día.

A medida que el problema de resistencia se fue desarrollando y ampliando, diversos equipos de campo de la OMS evaluaron y probaron en el campo varios plaguicidas alternativos. Desgraciadamente, ninguno de estos compuestos más nuevos p. ej. malatión, dieldrin, fenitrotión, clorfoxur y propoxur era tan persistente como el DDT, todos eran más costosos, y algunos de mayor toxicidad aguda. El problema se complicó más por el hecho de que era necesaria información toxicológica exhaustiva antes de que estos nuevos compuestos pudieran aplicarse en casas que podrían estar ocupadas 24 horas por día por niños, enfermos y ancianos.

En estas condiciones, varios compuestos nuevos comenzaron a ser empleados generalizadamente en agricultura, donde las consecuencias toxicológicas eran muy diferentes, con el resultado de que los mosquitos Anofelinos en estas áreas desarrollaron resistencia a los compuestos más nuevos antes de que los compuestos pudieran ser aprobados toxicológicamente para pulverizaciones domésticas de rutina. Estas interacciones entre usos agrícolas y de salud pública se tratarán en mayor detalle en la sección siguiente.

PLAGUICIDAS: INTERRELACIONES ENTRE USO AGRICOLA Y DE SALUD PUBLICA

Durante muchos años nos hemos ocupado de las interrelaciones entre uso agrícola y de salud pública de plaguicidas, y la primera referencia conocida sobre esta posible interrelación fue señalada por el Dr. Richard W. Fay (Anón., 1952 p. 11) donde se refirió a la contaminación residual por pulverización del algodón con influencia sobre el desarrollo de resistencia de moscas domésticas en el sur de Texas. Esta inquietud se enfocó cuando uno de nosotros (FW) fue empleado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para conducir un equipo de evaluación de campo de posibles sustitutos del DDT para control de malaria en El Salvador en 1962. Por esa época, el anterior programa de control de malaria, altamente exitoso, iniciado a mediados de la década del 50, se había deteriorado hasta tal punto que la incidencia de la enfermedad había recuperado el nivel anterior al comienzo del programa siete años antes, principalmente causado por el uso generalizado de varios plaguicidas, incluso DDT en las áreas circundantes al cultivo de algodón. Esta relación entre uso agrícola de plaguicidas y el resurgimiento de malaria la han estudiado recientemente en mucho mayor detalle Chapin y Wasserstrom (1981) en India y América Central. Estos autores citan un estudio del ICAITI que señala que los cultivadores de algodón en Guatemala, Nicaragua y El Salvador han aumentado el número de aplicaciones anuales al algodón de 8 a 9 veces (en 1960) hasta llegar a 50 en 1970, y estiman además que al ritmo actual de aplicación cada kilo de insecticida añadido al ambiente generará 105 casos nuevos de malaria.

Estos mismos autores también presentan información de la India señalando que como el uso de DDT ha aumentado de alrededor de 1 millón de kilos en 1969 a 7 millones de kilos en 1977, los casos de malaria han aumentado desde alrededor de 500.000 a más de 30.000.000.

En la era anterior a la Segunda Guerra Mundial, el eminente malariólogo Hacket (1937) se refiere a un dicho italiano que dice que "la malaria vuela antes que el arado" y cita varios casos donde la malaria y una agricultura altamente desarrollada parecen ser inicialmente incompatibles, a pesar de que en otros lugares la malaria persiste en sus formas más graves ante un cultivo intensivo del suelo. La segunda situación se ha agravado más con el uso de los nuevos plaguicidas sintéticos para fines agrícolas. Ahora parece en efecto que "la malaria acompaña al arado". Esta situación ha conducido a la A.I.D. a proponer una política de desarrollo agrícola, en general, que tales actividades deben emprenderse en tal manera que la incidencia y prevalencia de enfermedad humana no sea exacerbada por el desarrollo agrícola -una política que se estableció muchos años atrás en los Estados Unidos en conexión con el desarrollo de las Autoridades del Valle de Tennessee.

MANEJO DE PROBLEMAS DE RESISTENCIA A PLAGUICIDAS

El manejo de problemas de resistencia al plaguicida depende completamente del manejo de plaguicidas. Así, en aquellos países donde hay poco o ningún control regulador sobre la importación, distribución y uso de plaguicidas (incluso desecho de envases y plaguicidas sin usar), y los plaguicidas se emplean intensamente para muchos fines diferentes sin consideración adecuada de sus riesgos toxicológicos agudos así como de su repercusión en el ambiente en general, inevitablemente surgirán problemas de resistencia al plaguicida. En consecuencia el primer paso hacia el manejo de problemas de resistencia al plaguicida debe ser la creación de una conciencia de estos problemas e interrelaciones entre problemas agrícolas y de salud pública en los funcionarios de gobierno, la comunidad agrícola y el público en general.

Los primeros intentos de manejo de los problemas de resistencia al plaguicida fueron limitados por conocimiento insuficiente de su naturaleza genética, modo de acción de los insecticidas, mecanismos de destoxicación, y mecanismo de resistencia en su aspectos bioquímicos, morfológicos y de comportamiento--Ver recomendaciones de la Conferencia sobre Resistencia a los Insecticidas y Fisiología de Insectos (Anón., 1952). Estos primeros intentos de manejo de la resistencia al plaguicida también fueron limitados por el número relativamente pequeño de plaguicidas disponibles en ese momento; DDT, clordano, lindano, y dieldrin, todos eran más o menos persistentes. Así, no fue factible alternar plaguicidas como medio de retardar el desarrollo de la resistencia, por lo menos para la pulverización residual para control de moscas domésticas y mosquitos, porque los residuos de plaguicida aplicado

anteriormente todavía estarían activos (Anón., 1952, p. 11). Sin embargo, se contaba con suficiente información en ese momento para concluir que el tratamiento de ambas etapas, la larval y la adulta (de moscas domésticas) intensifica enormemente la selección natural y la reproducción dentro de la misma raza y acelera el desarrollo de la resistencia (al DDT) (Anón., 1952, p. 27).

En aquella primera época, también, al personal de control de campo le resultó muy difícil creer que la resistencia (al DDT) se hubiera desarrollado en efecto, y la respuesta usual fue aumentar la cantidad de aplicaciones y decrecer el intervalo entre aplicaciones. Tales tácticas aumentan más la presión de selección y aceleran el desarrollo de problemas de resistencia, del mismo modo que cualquier uso excesivo de plaguicidas.

Desde 1952 hasta fines de la década del 60, hubo gran interés en los problemas de resistencia a los insecticidas, alcanzando un pico en 1958 cuando aproximadamente nueve por ciento de los documentos publicados en la Revista de Entomología Económica trataron directamente la resistencia a los insecticidas (Georghiou, 1980). Desde fines de la década del 60 hasta principios de la del 70, este interés, tal como lo reflejan documentos científicos publicados así como cantidad de compuestos aprobados en la Etapa I del programa de prueba de insecticidas de la OMS, evidenció una marcada disminución y fue acompañado por una actitud de "inevitabilidad" es decir que los problemas de resistencia de los productos químicos eran insolubles (Ibid).

En años recientes, sin embargo, con el creciente interés en manejo integrado de plagas (MIP) y la conciencia de que en la mayoría de casos el uso concienzudo y oportuno de plaguicidas apropiados, no persistentes y de poco espectro es un componente esencial de los programas IPM, se ha producido un renacimiento de interés sobre el problema de resistencia.

Georghiou (1980) en su reciente documento sobre "Manejo de Resistencia a los Insecticidas" trata varios factores genéticos y biológicos que inciden sobre la selección y resistencia a insecticidas en poblaciones de campo y concluye que "Las oportunidades mayores para contrarrestar el fenómeno de la resistencia residen en nuestra capacidad para limitar el grado de presión de selección según la propensión a la resistencia de la población a ser tratada." Concluye diciendo "...que la resistencia puede ser retardada al máximo o evitarse enteramente si se cumplen las siguientes condiciones:

- (a) el plaguicida tiene corta estabilidad química, es decir no es persistente;
- (b) no se relaciona con un producto químico empleado anteriormente con respecto al modo de acción o metabolismo;
- (c) la formulación no proporciona emisión prolongada del producto químico en el ambiente;
- (d) el porcentaje de la población total muerta es relativamente bajo;
- (e) el uso del producto químico se dirige principalmente contra los adultos;
- (f) la aplicación es más localizada que dispersa, y;
- (g) ciertas generaciones quedan sin tratar.

Mientras que el uso simultáneo de todas estas medidas puede ser impráctico para muchos problemas de campo, abriga la promesa de retardar el desarrollo de resistencia en el contexto de programas integrados de manejo de plagas siempre y cuando se reconozca la necesidad de manejo de plaguicidas y pueda instrumentarse eficazmente a nivel nacional.

Delp (1981) describe estrategias algo similares para manejar problemas de resistencia a fungicidas.

REFERENCIAS

- Conference on Insecticide Resistance and Insect Physiology. 1952
Washington, D.C., National Academy of Sciences, National Research
Council, Publ. N° 219.
- BABERS, FRANK H., 1949. Development on insect resistance to insecti-
cides. USDA/BEPQ Publ. E-776, 31 pp.
- _____; FRANK H., PRATT, J. J. JR., 1951. Development of insect re-
sistance to insecticides. II A Critical Review of the Literature
up to 1951. USDA/BEPQ Publ. E-818, 45 pp.
- BROOKS, G. T., 1974. Chlorinated Insecticides. Volume II, Biologi-
cal and Environmental Aspects, Cleveland, Ohio, CRC Press.
- BROWN, A. W. A., 1976. Epilogue: resistance as a factor in pestici-
de management. Proc. XV Int. Cong. Entomology:816-823.
- CHAPIN, GEORGANNE AND WASSERSTROM, ROBERT, 1981. Agricultural pro-
duction and malaria resurgence in Central America and India. Na-
ture 293 (17 Sept 81) 181-185.
- DELP, C. J., 1981. Strategies for dealing with fungicide resistance
problems. Proc. 1981, British Crop Protection Conference; Pests
and Diseases.
- FAO, 1967. Report of the First Session of the FAO Working Party of
Experts on Resistance of Pests to Pesticides, Meeting Report
N° PL/1965/18.
- GEORCHIOU, G. P., 1980. Insecticide resistance and prospects for
its management. Residue Rev. 76:131-145.
- HACKETT, L. W., 1937. Malaria in Europe. Oxford Univ. Press.
- LING, LEE, WHITTEMORE, F. W., TURTLE, E. E., 1972. Persistent in-
secticides in the environment and their unintended effects. FAO,
AGPP: Misc/4, 46 pp.
- MISSIROLI, A., 1947. Riduzione on eradicazione degle anofeli. Riv.
de Parassitol. 8:141-169.
- MOSNA, E., 1976. Su una carrateristica biologica del Culex pipiens
autogenicus di Latina. Riv. di Parassitol. 8:125-126.
- PAL, R., 1976. Problems of insecticide resistance in insect vec-
tors of human disease. Proc. XV Int. Cong. Entomology:800-811.
- REYNOLDS, H. T., 1976. Problems on resistance in pests of field
crops. Proc. XV Int. Cong. Entomology:794-799.
- WATERHOUSE, D. F., 1976. FAO activities in field of pesticide re-
sistance. Proc. XV Int. Cong. Entomology:786-793.