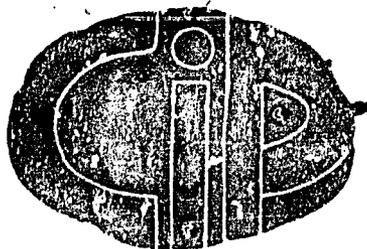


Memorias del Curso sobre

CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS DE PAPA



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
(CIP) (ICA)



BOGOTA, COLOMBIA

Junio 29 Julio 19 1986

Editado por Luis Valencia, Entomólogo del C. I. P.

Dr. Luis Valencia V., es entomólogo del Centro Internacional de la Papa (CIP), y está destacado en Bogotá - Colombia.

Ilustración de la carátula. — Adulto de *Eriopis connexa connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), alimentándose en una colonia de *Myzus Persicae* (Sulzer). Foto tomada por Luis Valencia.

MEMORIAS

Memorias del Primer curso Internacional sobre Control Integrado de Plagas de Papa. Bogotá, 29 Junio - 19 Julio de 1986. Editado por Luis Valencia.

ISBN-92-9060-103-5.

PREFACIO

Uno de los objetivos principales en la filosofía del Centro Internacional de la Papa (CIP) lo constituye la transferencia de tecnología. Uno de los medios más efectivos para transferir conocimientos es a través de cursos cortos de entrenamiento intensivo, en áreas específicas del proceso de producción de papas. En esta oportunidad, me es muy grato presentar a ustedes la memoria del curso de Control Integrado de Plagas de Papa, realizado en la sede del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Tibaitatá, del 29 de junio al 19 de julio del presente año.

Creo conveniente indicar en esta parte, que todos los artículos incluidos en esta memoria aparecen estrictamente en la forma original en la que fueron remitidos por sus autores, excepto el artículo del Dr. David Midmore y el artículo sobre nuevas estrategias en el control de plagas de papa del Dr. K. V. Ramani, los cuales fueron traducidos del inglés por el editor de esta memoria. También considero de interés resaltar en este prefacio, que las láminas a colores citadas en el texto aparecen en las páginas 112 - 116.

Quiero aprovechar la oportunidad para agradecer al ICA, sus profesionales, profesionales particulares que cooperaron con algunas conferencias, al personal de apoyo de la oficina Regional I del CIP, al Dr. Hernán Rincón, quien hizo comentarios útiles en la presentación final de esta memoria, y a todas aquellas personas que contribuyeron a hacer un éxito de este primer curso internacional.

Bogotá, 16 de octubre de 1986

CONTENIDO

- P. L. Gómez C. Prioridades de Investigación y transferencia en el programa de papa colombiano. 1
- D. A. Rodríguez Sierra. Entomopatógenos registrados en gusano blanco y pruebas de patogenicidad. 9
- H. Calvache G. Aspectos biológicos y ecológicos del gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). 18
- L. Valencia. Las palomillas de la papa (Lepidoptera: Gelechiidae) identificación, distribución y control. 25
- D. Povolny y L. Valencia. Una palomilla de papa nueva para Colombia. 33
- L. Valencia y O. Trillos. Afidos de papa: Identificación, biología, descripción de daños y métodos de seguimiento. 36
- I. Zenner de Polanía. Control integrado de plagas de papa: La experiencia colombiana. 48
- F. H. Cisneros. Control integrado de plagas con referencia especial al cultivo de la papa. 55
- K. V. Raman. Nuevas estrategias en el control de plagas de papa 67
- F. Puerta. Mecanismos de acción de insecticidas granulados sistémicos y otros insecticidas en el cultivo de la papa. 77
- K. V. Raman. Control químico de plagas de papa. 83
- F. H. Cisneros. Control biológico de las plagas con especial referencia al cultivo de la papa. 101
- L. Valencia. Notas acerca del control biológico de las plagas de la papa en Colombia, y comentarios adicionales. 109
- L. Valencia y N. Estrada. Control de plagas de papa con plantas resistentes. 117
- C. Avila de Moreno. Mecanismos de transmisión de virus de papa por *Myzus persicae*. 125
- P. Corzo y C. Sánchez de Luque. Incremento de virus en generaciones sucesivas de cultivares de papa. 135
- P. T. Ewell y H. Fano. Investigación socioeconómica para el manejo mejorado de plagas. 140
- L. F. Alvarado. Crecimiento del cultivo de papa. 162
- L.F. Alvarado. Fisiología del tubérculo semilla 170
- D. J. Midmore. Respuesta de la planta de papa (*Solanum spp.*) al daño de insectos: Algunos efectos de compensación. 176

**PRIORIDADES DE INVESTIGACION Y
TRANSFERENCIA EN EL PROGRAMA
DE PAPA COLOMBIANO**

Pedro León Gómez C.

1. INTRODUCCION

La papa es de importancia fundamental en la economía nacional. Los datos desde 1980 hasta la fecha demuestran que al cultivo le correspondió aproximadamente el 7% del valor de la producción bruta agrícola, siendo el tercer producto después del café y arroz. El cultivo consume el 31% de los fertilizantes compuestos y el 60% de los fungicidas utilizados en la agricultura. Se estima en 90.000 el número de cultivadores de papa en el país y cerca de medio millón de personas dependen económicamente de esta actividad, especialmente en las zonas de clima frío. El cultivo constituye una actividad productiva de gran impacto social, principalmente en los departamentos de Boyacá, Cun-

dinamarca y Nariño donde se concentra más del 60% de la producción nacional.

La papa absorbe en su producción la mayor proporción de mano de obra por unidad de área entre los productos de consumo popular, con un promedio ponderado de 102 jornales por hectárea. El 90% de las familias que consumen el tubérculo y el 6,1% del gasto en alimentos de la canasta familiar corresponden a dicho producto. Anualmente se siembran alrededor de 160.000 hectáreas. Es un cultivo minifundista en el cual el 70% de la siembra corresponde a parcelas inferiores a 2 hectáreas.

2. PROBLEMAS DEL CULTIVO

Dos son los problemas principales del cultivo de la papa que en la actualidad tienen los agricultores. El primero de ellos es el mercado, pues en ciertas épocas no hay suficiente demanda nacional para la alta producción obtenida debido al incremento de área y los aumentos de rendimiento por hectárea. Una de las posibles soluciones podría ser la exportación. Sin embargo, para que esto sea funcional debe mantenerse una oferta continua y estable, a precios competitivos con los otros países productores. Es importante pensar en alternativas de uso de la papa, principalmente en procesamientos industriales, para consumo humano y alimentación animal. El incremento de productividad por hectárea, traerá como consecuencia que agricultores localizados en zonas marginales deberán buscar alternativas más rentables que la papa.

El otro problema serio que sufren los cultivadores de la papa son los altos costos de producción. En la mayoría de las zonas los costos de producción están por encima de

los 300.000 pesos colombianos, de los cuales la mano de obra representa un 22% y los fertilizantes el 20%. El control de plagas, especialmente gusano blanco y palomilla, representan para el productor y para el país alrededor de 3.300 millones de pesos al año, o sea más o menos el 11% de los costos de producción. Los problemas de insectos se agravan año tras año, pues hace más o menos cinco años se intensificaron los ataques de la palomilla y ahora nos amenaza una nueva especie de palomilla proveniente de Centro América, la cual está prácticamente en la frontera con Venezuela. Este insecto por los reportes que se tienen, es aún más dañino que la *Phthorimaea* bien conocida en Cundinamarca, Boyacá y Antioquia.

Entre las enfermedades más limitantes del cultivo sobresale la gota, hongo para cuyo control los agricultores están gastando alrededor de 1.600 millones de pesos al año o sea más o menos el 5% de los costos de producción. En un reconocimiento de enfermedades que se realizó durante 1985, se encon-

tró que hay un marchitamiento generalizado en la mayoría de las zonas paperas del país, el cual está asociado con la presencia de varias especies del hongo *Verticillium*. El marchitamiento hace que la variedad madure uno o dos meses antes de lo normal, lo cual representa una reducción en rendimiento hasta del 40%. Todos los cultivos de Nariño están afectados ciento por ciento por este hongo, el cual también se encontró asociado a otros hongos del suelo como *Fusarium* y *Rhizoctonia*. En algunas zonas la roya (*Puccinia*) se ha vuelto aparentemente un factor económico y lo mismo sucede con el hongo *Rosellinia* causante de la lama. El nematodo

dorado para los minifundistas de Nariño sigue siendo un problema económico. Las bacterias *Pseudomonas* y *Erwinia* causan también problemas en ciertas zonas del país.

Otro factor que influye en los costos de producción y que en algunos sitios los eleva considerablemente, es el uso de variedades tardías. Con este tipo de variedad el cultivo permanece más tiempo en el campo y por ello el agricultor debe aumentar el número de aplicaciones de pesticidas con relación a variedades que poseen un período vegetativo más corto.

3. PROYECTOS DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA EN EJECUCION.

Las investigaciones tendientes a solucionar los problemas del cultivo de papa se iniciaron en Colombia en 1948 y se han continuado en forma ininterrumpida hasta la fecha. Durante estos 38 años se han obtenido resultados prácticos que benefician directamente al agricultor como son: El establecimiento de adecuados sistemas de siembra, fertilización, control de malezas, enfermedades y plagas; la entrega de 27 variedades mejoradas adaptadas a las diferentes zonas productoras, cuyas características fundamentales han sido buen rendimiento y resistencia a enfermedades. En la actualidad se emplean variedades producidas por el I.C.A. en 80 a 85% del área sembrada (Tabla 1).

La difusión de nuevas variedades y la adopción de nuevas adecuadas prácticas culturales, por parte de los productores, es lo que ha hecho aumentar el rendimiento promedio de 4.8 ton/ha. en 1948, a más de 19 ton/ha. en 1985.

En la actualidad los trabajos de investigación y transferencia que está haciendo el I.C.A. se hallan concentrados en las cinco principales áreas productoras del tubérculo. En el departamento de Cundinamarca se está trabajando en el C.N.I. Tibaitatá y el C.R.S. San Jorge en donde se tiene la producción de semilla y

el mantenimiento de los clones en observación. En Surbatá, localizada en el departamento de Boyacá, se tienen actividades principalmente de pruebas regionales. En Nariño se está trabajando, con sede en el C.R.I. Obonuco y en el departamento de Antioquia en el C.R.I. La Selva. Además se tienen también actividades en los departamentos de Caldas y Norte de Santander.

El Programa de Papa cuenta en la actualidad con trece profesionales de tiempo completo distribuidos en las diferentes seccionales donde el Programa desarrolla sus actividades, estos profesionales desarrollan proyectos en la mayoría de los casos coordinados con las disciplinas de apoyo como son Entomología, Suelos, Fitopatología, Fisiología, Maquinaria Agrícola, Riegos y Procesos Agrícolas. Se puede decir que para las investigaciones del cultivo y la transferencia se tiene un grupo multidisciplinario conformado por una parte por los trece profesionales del programa más veinticinco profesionales de las disciplinas de los cuales un gran porcentaje tienen como responsabilidad principal desarrollar proyectos de papa.

El Programa de Papa aparte del apoyo que se tiene de las disciplinas también está trabajando en estrecha coordinación con el Centro

TABLA No. 1
VARIEDADES MEJORADAS DE PAPA ENTREGADAS A LOS
AGRICULTORES POR EL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
PROGRAMA DE PAPA

NOMBRES	(CCC)	GENEALOGIA	Año de Entrega	Centro o Estación
Parda Pastusa	44-57-1	Quincha x Tocana Colorada	1935	Tibaitatá
Díacol Monserrate	50-57-67	Branca Cascuda x Pana Blanca	1956	Tibaitatá
Díacol Cumbal	50-57-75	Branca Cascuda x Pana Blanca	1959	Obonuco
Díacol Guadalupe	50-44-87	B. Cascuda y Pajarita Careta	1960	Tibaitatá
Díacol Capiro	53-110-13	751 x Tuquerreña	1961	La Selva
Díacol Sumapáz	55-699-2	101 x Algodona	1961	Tibaitatá
ICA Cumanday	55-375-1	860 x Tuquerreña	1963	La Selva
ICA Alfa Roja	798 x	Autofecundación de Alpha	1965	Tibaitatá
ICA Puracé	55-315-1	746 x Curipamba	1956	Tibaitatá
ICA Tenerife	55-300-1	691 x Ecuatoriana	1969	Tibaitatá
ICA Igrumá	55-244-2	Vertifolia x Lizaraza Rosada	1969	La Selva
ICA Quindío	57-875-1	Vertifolia x Leona	1970	Tibaitatá
ICA Tolima	59-908-7	Jabonilla x Yurac Tarma	1970	Tibaitatá
ICA Huila	59-908-8	Jabonilla x Yurac Tarma	1970	Tibaitatá
ICA Guantiva	59-908-22	Jabonilla x Yurac Tarma	1970	Tibaitatá
ICA Nevada	65-3-4d	Yema de Huevo x 1360	1972	Tibaitatá
ICA Sotará	5087-15	(U.S.W.) Quimera de Katahdin	1972	Tibaitatá
ICA Nariño	63-94-4	(888 x Jabonilla x Curipamba x Leona) x Tocana Blanca	1973	Obonuco
ICA Pandeazúcar	66-554-1	Vertifolia x Curipamba	1973	La Selva
ICA Picacho	66-566-29	1254 x Curipamba	1973	La Selva
ICA San Jorge	66-520-12	Eersteling x Leona	1975	Tibaitatá
ICA Morasurco	66-511-10	Sotará x Renacimiento	1976	Obonuco
ICA Tibacuy	1142 A	Autofecundación	1977	Tibaitatá
ICA Tequendama	71-33-2	(Modison x Jabonilla) x Parda Pastusa	1978	Tibaitatá
ICA Guamús	71-41-5	(CCC 884 x Huacalajra) x Parda Pastusa	1981	Obonuco
ICA Chitaga	264 IN	Mutación Somática de Díacol Monserrate	1982	Tibaitatá
ICA Mutiscua	66-580-7	C.C.C. 1254 x Argentina	1985	Pamplona

Internacional de la Papa, CIP, en proyectos sobre selección de variedades resistentes a *Phytophthora* y *Pseudomona*, variedades resistentes a insectos y recibe apoyo técnico y financiero en proyectos de postcosecha, de virus y de producción de semilla principalmente. En 1986 estamos iniciando trabajos cooperativos en investigación sobre cultivos asociados.

3.1 Factores Limitantes en la Producción de la Papa.

Con este proyecto se pretende mantener actualizado el Plan Nacional de Investigación en Papa y el Plan Nacional de Transferencia en este cultivo. El proyecto consiste en una serie de encuestas de seguimiento del culti-

vo, en donde los técnicos visitan al agricultor, para en base a ello, evaluar los problemas que limitan su cultivo, clasificarlos e implementar, si es necesario, bien proyectos de investigación, o bien con la tecnología ya existente organizar un plan de transferencia. Este proyecto mantiene la actualización de PLANIA (Plan Nacional de Investigación Agropecuaria del ICA) y PLANTRA (Plan Nacional de Transferencia de Tecnología) del cultivo.

3.2 Usos alternativos de la Producción de Papa.

En este proyecto se trabaja coordinadamente con el Programa de Procesos Agrícolas y las Divisiones de Especies Menores y Bovi-

nos, para adaptar la tecnología generada en el país y en el exterior relacionada con el uso de la papa en alimentación animal y el uso de papa procesada en alimentación humana.

Se pretende que el procesamiento se haga inicialmente en pequeña escala y con implementos bastante económicos.

3.3 Mecanización del Cultivo.

Con este proyecto se busca, mediante la utilización de tracción animal, mecanizar el cultivo de la papa, especialmente en zonas de ladera en lo referente a preparación de suelo, siembra, aporque y cosecha. Este proyecto se está realizando en San Jorge y Obonuco básicamente y se espera aplicarlo a otras regiones productoras.

3.4 Manejo del Cultivo.

El objeto de este proyecto es el de adaptar las prácticas del cultivo en las diferentes zonas y variedades que se están utilizando, tratando de disminuir las labores que actualmente hace el agricultor, especialmente en lo referente al número de aporques y control de malezas.

También se hace énfasis en establecer las distancias de siembra más apropiadas para cada una de las variedades recomendadas.

3.5 Uso Eficiente de Fertilizantes Fosfóricos.

El objeto de este proyecto es el de encontrar fuentes de fósforo más económicas, haciendo énfasis en las rocas fosfóricas que existen en el país. También se está estudiando la aplicación de fósforo directamente al tubérculo-semilla antes de la siembra, mediante inmersión de la misma en una suspensión fosforada. Dentro de esta actividad también se incluye la selección de genotipos poco exigentes a fósforo, o que puedan aprovechar más eficientemente el mismo.

3.6 Uso Eficiente de los Fertilizantes en Variedades Promisorias y Utilizadas por el Agricultor.

Es importante recomendar al agricultor las

dosis económicamente adecuadas de fertilizantes para las variedades que van a sembrar o que está sembrando, teniendo en cuenta su sistema de producción. Con este proyecto se pretende racionalizar el uso de los fertilizantes.

3.7 Fertilización con Elementos Menores y Secundarios.

Se está estudiando en diferentes áreas del país, cuál es el efecto de aplicaciones de elementos menores (B, Cu, Mn, Zn) al suelo y/o follaje. En los elementos secundarios como Ca, Mg, S es importante establecer la relación que existe entre estos elementos y algunos primarios como el potasio en aplicación foliar principalmente.

3.8 Control de Gusano Blanco.

Comprende los siguientes aspectos:

- Dinámica de Población: Con este proyecto se pretende establecer cuál es principalmente el comportamiento del adulto, de acuerdo al desarrollo del cultivo en las principales zonas productoras, con el propósito de poder recomendar al agricultor un sistema de aplicación de insecticida que esté de acuerdo con la presencia del insecto, tal como se hace con otros cultivos como el algodón.
- Selección de Variedades Resistentes: Se ha venido evaluando la Colección Central Colombiana de Papa, en condiciones de campo. Además se está trabajando en un sistema de prueba donde se puedan evaluar gran número de individuos, requisito indispensable en el proceso de obtención de variedades de papa resistentes.
- Control Biológico: Dentro de este proyecto se estudian diferentes enemigos naturales del gusano blanco como son nemátodos, hongos y bacterias. A nivel de invernadero se ha comprobado la efectividad de algunos de ellos y se iniciará este trabajo en condiciones de campo.
- Hospederos Alternantes: Es importante conocer que en plantas diferentes a la

papa puede sobrevivir al insecto. Este trabajo se ha realizado en algunos sitios.

3.9 Control de Palomilla.

Existen varias clases de palomilla que están afectando el cultivo de la papa en el país y es importante conocer su distribución y el daño que están causando. Dentro de este proyecto se están estableciendo los siguientes aspectos para las palomillas de importancia económica:

- Hábitos y ciclo de vida.
- Selección de variedades resistentes.
- Manejo de prácticas de campo y almacenamiento.

En la selección de variedades resistentes es necesario tener en cuenta que la resistencia debe ser tanto en el tubérculo como en la planta. En este proyecto se deben establecer sistemas de evaluación en condiciones de invernadero y campo para gran número de clones.

3.10 Afidos.

El movimiento de los áfidos es importante conocerlo especialmente en las zonas productoras de semilla. Con este proyecto se pretende establecer la dinámica de poblaciones de áfidos en los sitios en donde se esté produciendo o se podría producir semilla.

3.11 Mosca Blanca.

Debido a la importancia que ha adquirido el "amarillamiento" de la planta de papa y que aparentemente en algunos casos es transmitido por moscas blancas, es conveniente caracterizarlas especialmente las que se encuentran en los cultivos de Antioquia, para determinar si efectivamente estos insectos son los transmisores del disturbio de amarillamiento.

3.12 Control de Verticillium.

En relación a este hongo se debe estudiar:

- Importancia económica.
- Supervivencia en semilla y campo.
- Hospederos.
- Metodología para establecer resistencia en condiciones de invernadero y campo.

3.13 Control de Gota.

El objeto de este proyecto es seleccionar variedades cuya resistencia al hongo sea estable. Como complemento de este proyecto se determinará la variabilidad del hongo, en las diferentes zonas productoras.

3.14 Control de Roya.

Se establecerá su importancia económica, con el objeto de ver si se justifica la aplicación de fungicidas o no. También se evaluarán los clones promisorios y las variedades mejoradas, con el objeto de ver cuál es su reacción a esta enfermedad.

3.15 Control de Fusarium.

Los problemas ocasionados por este hongo son bastante generalizados y están asociados con otros hongos del suelo. Es indispensable establecer su importancia económica y determinar la variabilidad, para en base a estos dos aspectos establecer si se justifica trabajar en resistencia a este patógeno.

3.16 Control de Pseudomonas.

Se continuará con el estudio sobre el control integrado de esta bacteria, causante de la marchitez tratando de establecer su supervivencia, hospederos, control biológico y selección de clones resistentes.

3.17 Importancia Económica de los Virus.

Sobre este aspecto se ha venido trabajando en observaciones sobre degeneramiento de las variedades más comerciales, ocasionado por los principales virus que están afectando el cultivo como son: PVY, PVX y PVS en las principales zonas productoras de papa. Esta actividad es complementada con la determinación de la incidencia de los virus en las diferentes zonas paperas.

3.18 Producción de Antisueros.

Dentro de este proyecto, ya hay disponibilidad de sueros para la detección de PVX, PVY y PLRV. Los resultados de este proyecto son de vital importancia para los proyectos de selección por resistencia a los virus mencionados.

3.19 Selección de Genotipos Resistentes a Virus.

Se está haciendo la evaluación de la Colección Central Colombiana de Papa, con el objeto de establecer las diferentes fuentes de resistencia a los virus más importantes para posteriormente involucrarlos en el Programa de Cruzamientos, en el cual se están utilizando materiales introducidos principalmente de CIP.

3.20 Selección de Variedades Precoces.

Como una forma de disminuir los costos de producción está el uso de variedades precoces. Con ellas el cultivo estará menos tiempo expuesto en condiciones de campo al ataque de insectos y enfermedades, lo cual representa un menor degeneramiento de las variedades y menor aplicación de fungicidas e insecticidas. Además el arren-

damiento de la tierra es menor o ésta se puede utilizar para otra siembra en el mismo año.

En la selección por precocidad se trata de incluir resistencia a enfermedades, calidad y tipo de tubérculo.

3.21 Manejo de Semilla de Papa.

- Migración de Semilla. Con este experimento se desea establecer cuál es el efecto del origen geográfico de la semilla en el rendimiento del cultivo.
- Uso de Semilla Sana y Cantidad de Fertilizante. Con este experimento se establecerá una metodología para demostrarle al agricultor que una de las ventajas de usar semilla sana es el requerimiento de menor cantidad de fertilizante, en comparación con semilla de mala calidad sanitaria.

4. TRANSFERENCIA

Como proyectos de transferencia se tienen las siguientes actividades:

4.1 Demostraciones sobre el Uso Racional de Pesticidas y Fertilizantes.

Esta actividad es desarrollada en estrecha colaboración con las Asociaciones de Productores de Papa y los profesionales de la Subgerencia de Fomento y Servicios.

4.2 Control de Gota en Variedades Resistentes y Susceptibles.

Mediante pruebas en fincas de agricultores se debe demostrar cuál es el efecto en los costos de producción cuando se siembran variedades resistentes a *Phytophthora* en comparación con variedades susceptibles.

4.3 Fertilización con Boro.

En base a parcelas demostrativas indicar al agricultor que ventajas se obtienen con aplicaciones foliares de este elemento.

4.4 Manejo de Semilla.

Demostraciones sobre las bondades del ver-

damiento de la semilla y utilización de los silos rústicos para su almacenamiento.

4.5 Uso de Semilla Sana.

Se tienen parcelas demostrativas donde se compara semilla sana y semilla que está usando el agricultor, con el objeto de ver cuál es el efecto en el rendimiento de la semilla sana.

4.6 Cursos.

Se realizará durante 1986 entre otros los siguientes cursos:

- Almacenamiento y Producción de Semilla: En Nariño se realizará este curso para prácticos y agricultores, tendrá una duración de 3 días.
- Cultivo de la Papa: Curso para asistentes técnicos y agricultores, tendrá una duración de 3 días y se realizan en los principales Centros Experimentales.
- Manejo de Plagas en Papa: Será a nivel Latinoamericano para profesionales que

estén trabajando en el cultivo de la papa ya sea en investigación o producción, ten-

drá duración de una semana y se hará en Tibaitatá.

5. ACTIVIDADES PERMANENTES

Dentro de las labores que desarrolla el Programa de Papa, existen algunas actividades permanentes que sirven como soporte de los diferentes proyectos que se desarrollan a nivel local o nacional. Sobresalen los siguientes:

- Mantenimiento de la Colección Central Colombiana de Papa.
- Producción de Semilla.
- Atención a los usuarios.

**ENTOMOPATOGENOS REGISTRADOS EN GUSANO BLANCO
Y PRUEBAS DE PATOGENICIDAD**

Dora Alba Rodríguez Sierra

INTRODUCCION

El empleo de microorganismos causales de enfermedades en insectos se plantea como alternativa de control de plagas; su estudio se ha incrementado a partir de los problemas surgidos en la agricultura. Los entomopatógenos más comúnmente registrados en las poblaciones de insectos son los virus, bacterias, hongos y nemátodos, de los cuales existen en el mercado cepas comerciales cuyo material activo está constituido por un organismo biológico.

Por reconocimientos previos efectuados en Colombia se ha confirmado la existencia de numerosas especies representativas de cada grupo que contribuyen a mantener reguladas las poblaciones plaga de los diferentes cultivos. Este hecho es muy importante si se tiene en cuenta que se encuentran establecidas en el medio, actuando en forma natural sobre sus huéspedes.

El cultivo de la papa en Colombia es muy importante, por la superficie cultivada y por ser la base de la alimentación del pueblo colombiano. El gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae), es la plaga más limitantes del cultivo; los gastos en control químico para este insecto representan un 5.85% del total de los costos de producción estimados por Fedepapa (Federación Colombiana de Productores de Papa) en \$321.167.00 por hectárea para 1986. Estos costos justifican la búsqueda de otros métodos de control del insecto, dentro de los cuales el uso de patógenos y otros organismos benéficos podrían contribuir a regular la población. Basados en las frecuentes afecciones que se observan en las larvas, pupas y adultos del gusano blanco provenientes de las crías mantenidas en las condiciones del insectario del Centro Nacional de Investigaciones de Tibaitatá y en el material cosechado en el campo, se realizó este estudio de reconocimiento de enfermedades de la población natural del insecto; se describen las características de cada uno de los microorganismos en medios de cultivo y los síntomas que presentan los insectos atacados por los entomopatógenos. Se incluyen además algunos resultados ob-

tenidos en las pruebas de patogenicidad efectuados por contaminación artificial de insectos sanos.

REVISION DE LITERATURA

Entre las plagas más limitantes en el cultivo de la papa en Europa y la Unión Soviética se destaca el doríforo *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae). Los planes de control microbiológico de este insecto se han orientado hacia el uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. En Rusia, desde hace 30 años, se realizan trabajos de aplicaciones semicomerciales y comerciales del hongo; se ha demostrado también que se puede aumentar la sensibilidad del insecto, usando dosis bajas de insecticidas en combinación con suspensiones fungosas (Telenga, 1967, citado por Fargues, 1972).

En Francia se estudian las condiciones de infección de larvas de *L. decemlineata* con el *B. bassiana*; se comprueba que la mortalidad está directamente relacionada con la concentración del inóculo; trabajos similares a los efectuados en la Unión Soviética utilizando DDT en dosis por debajo de la DL_{50} y *B. bassiana* confirman que el insecticida predispone al insecto para que se desarrolle la miosis con mayor intensidad (Fargues, 1973).

El género *Paecilomyces* contiene dos especies importantes: *P. fumosoroseus* (Wizw) Brown & Smith y *P. farinosus* (dicks.) Brown & Smith; en Polonia se ha comprobado la efectividad de estos patógenos en huevos y en larvas de todos los instares del *L. decemlineata* en papa (Bajan, 1973).

Se han usado varios métodos de producción masiva de *Beauveria*, *Paecilomyces* y *Metarhizium* para la obtención de blastosporas en medios líquidos en agitación; estas estructuras levuriformes presentan la desventaja de ser menos viables que las conidias (Muler y Kogles, 1976, citado por Roberts y Yendol, 1971). La multiplicación de esporas de las diferentes cepas, se efectúan en arroz descascarado, previamente esterilizado; los prome-

dios en número de conidias por grama de arroz en este sustrato son altos (10^{10} , 10^9 , 10^8 esporas por gramo).

La reproducción continuada de los hongos en medios artificiales reduce la virulencia de las cepas; sin embargo, se registran aislamientos de *M. anisopliae* que han conservado su capacidad infectiva hasta 7 ó 30 años después de multiplicarlas continuamente en laboratorio (Rockwood, 1950 y Latch, 1965, citados por Roberts y Yendol, 1971).

El nemátodo entomopatógeno *Steinernema feltiae* Filipjev (*Neoaplectana carpocapsae*) Weiser (Rhabditida: Steinernematidae), se

considera un agente de control biológico bastante promisorio por su acción sobre numerosas plagas de importancia económica y por reproducirse fácilmente en medios artificiales (Arnold et al., 1981). La multiplicación masiva en agar mezclado con comida para perros alcanza un rendimiento hasta de 100.000 estados juveniles por gramo de medio, promedio bastante alto para ensayos en el campo.

La misma especie conocida como DD-136 se ha investigado en muchas partes del mundo (Bustillo, 1976). En Colombia se ha usado para el control de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), aplica-

TABLA 1
PATOGENOS REGISTRADOS EN GUSANO BLANCO DE LA PAPA
Premnotrypes vorax Hustache (Coleoptera: Curculionidae).

ENTOMOPATOGENOS	ESTADOS AFECTADOS	ORIGEN DEL MATERIAL.
HONGOS: HYPHOMYCETES		
<i>Paecilomyces fumoso-roseus</i> (Wize) Brown & Smith	L. P. A.	Crías Campo
<i>Metarhizium anisopliae</i> (001)* (Metch.) Sorokin	L. A.	Contaminación Artificial
<i>M. anisopliae</i> (002)**	L.	Contaminación Artificial
<i>M. anisopliae</i> forma mayor (Johnston)	L.	Contaminación Artificial
<i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) Vuillemin	L. P. A.	Crías Campo
<i>Fusarium pos. oxysporum</i> forma larvarum	L.	Campo
NEMATODOS: RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE		
Pos. <i>Steinernema</i> (<i>Neoaplectana</i>) sp.	L.	Campo Contaminación Artificial
VIRUS: BACULOVIRIDAE		
Pos. Virus de la Piledrosis Citoplasmática (VPC)	L.	Campo Contaminación Artificial

* Aislamiento de larvas de *Ancognatha* sp en pasto kikuyo de la localidad de Madrid (Cundinamarca).

** Aislamiento de adultos de *Aenocolamia varia* L. en pasto *Brachiaria* de Villavicencio (Meta).

*** Aislamiento de larvas de *Euethela bidentata* (Bumeister) en arroz de Villavicencio (Meta).

do al cogollo del maíz, logrando un control hasta del 70% (Landazabal y otros, 1973, citados por Bustillo, 1984).

Los trabajos de Harry y Nelsen, 1985, describen la técnica de encapsulación de las formas infectivas del *S. feltiae* en alginato de calcio; en esta preparación el nemátodo sobrevive hasta 8 meses, sin perder su capacidad infectiva probada en larvas de *S. frugiperda*; sin embargo su uso potencial es aún discutido.

Para el almacenamiento de inoculo de *S. feltiae* y de su bacteria asociada: *Zenorhabdus nematophilus* (Poinar y Thomas), se usan tubos con medio de cultivo compuesto de riñón de cerdo y agua destilada en los cuales se han sembrado previamente los estados infectivos (Arnold y otros, 1983).

Los virus entomopatógenos también se registran frecuentemente en las poblaciones de insectos, se ha obtenido mucha información con respecto a la distribución y dispersión de los virus de la poliedrosis nuclear (VPN), citoplásmica (VPC) y de la granulosis (VG) (Roberts y Yendol, 1971).

Las epizootias naturales causadas por el virus de la poliedrosis citoplásmica en *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae), son frecuentes en varias partes de Norteamérica, en cultivos de coles. Se han establecido planes de control integrado usando virus de la poliedrosis citoplásmica y nuclear e insectos parásitos y predadores para esta plaga de importancia económica logrando en esta forma, reducir drásticamente las poblaciones del Noctuidae. (Steinhaus, 1951, citado por Roberts y Yendol, 1971).

3. RESULTADOS

En la Tabla No. 1, se presentan los resultados del reconocimiento de microorganismos entomopatógenos que afectan el gusano blanco de la papa, provenientes de las crías del insecto mantenidas en el insectario de Tibaúaca, de la recolección de material en el campo y de los tubérculos de papa cosechados para la evaluación de daños por el insecto.

Los hongos encontrados con mayor frecuencia son: *Paecilomyces fumoso-roseus* (Wize) Brown & Smith, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Fusarium* sp. *oxisporum* forma *larvarum* (Hyphomycetes); éste último se registra en forma esporádica*.

El nemátodo clasificado como posible *Steinernema* (*Neoaplectana*) sp. (Rabditida: Steinernematidae) es común en larvas de gusano blanco en tubérculos de papa cosechados en las localidades de Tibaúaca y El Ro-

sal (Cundinamarca); su efecto en larvas y pupas del insecto es muy importante.

La virosis citoplásmica se registra en larvas de las crías y en tubérculos de papa cosechada en el campo; su acción en la población larval es menor que en el caso de afecciones causadas por Hyphomycetes y por el nemátodo.

3.1 PRINCIPALES ENTOMOPATOGENOS DEL GUSANO BLANCO DE LA PAPA

3.1.1 Hongos Entomopatógenos.

Los hongos (Hyphomycetes) entomopatógenos se aislaron en medio semisintético, a partir de diversas partes del cuerpo de larvas, pupas y adultos del insecto. Las colonias se incubaron a temperaturas comprendidas entre 25° y 27°C durante 15 días al cabo de los cuales la esporulación es abundante; se reaislaron luego en tubos de ensayo para mantener la colección y efectuar las pruebas de patogenicidad.

Paecilomyces fumoso-roseus. El hongo se de-

* Identificaciones corroboradas por Samson y Rombach del Centro de cultivo de hongos de Baarn en Holanda y Humber del Laboratorio de Patología de Invertebrados de la Universidad de Cornell en Ithaca, Nueva York.

sarrolla bien en medio semisintético y agar sabourad; el micelio es de color blanco y crece uniformemente en 5 a 6 días después de sembrado en el medio; cuando se inicia la esporulación la colonia toma un tinte rosado claro; los conidióforos son ramificados, agrupados en paquetes llamados sinemas o coremios que le dan una apariencia desuniforme. El hongo produce exudados a manera de gotas de líquido rosado más oscuro que el de las esporas (Láminas 35 y 36).

Las filidas de los conidióforos son engrosadas en la base y terminadas en el cuello en

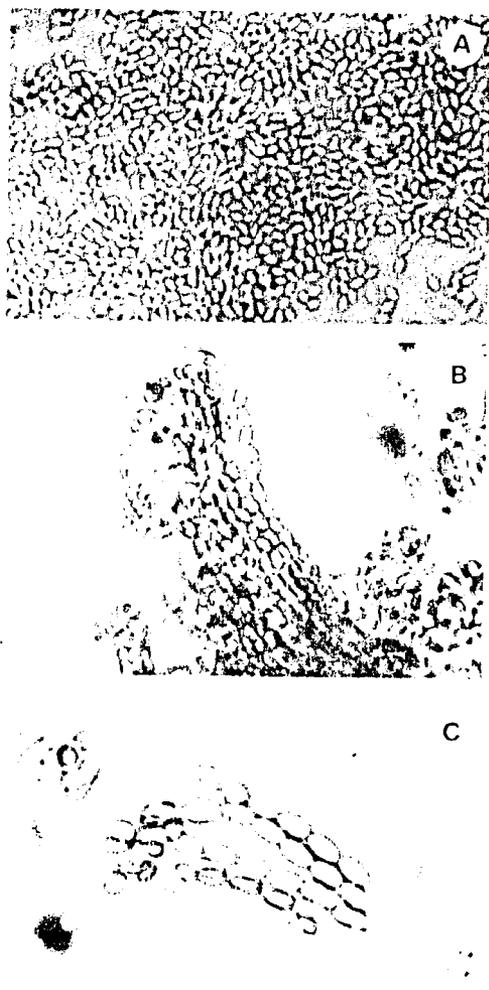


Fig. 1 - A. Esporas de *P. fumoso-roseus*. B. Agrupación de conidias de *M. anisopliae* forma minor. C. Detalle de las conidias de *M. anisopliae* forma minor.

forma de botella; las conidias son ovaladas y de coloración rosada (Rodríguez, 1984) (Fig. 1). Para la multiplicación masiva se usan granos de trigo y arroz descascarado, envasado en Erlenmeyers; en este material previamente esterilizado a 120°C y 15 lb. de presión por 20 minutos, se siembra con diluciones de hongo a concentración conocida, preparadas en agua estéril. Las colonias se incuban a 25°C para obtener cultivos paros abundantemente esporulados al cabo de 15 a 20 días.

Las suspensiones se preparan lavando abundantemente los granos y filtrando luego el material. Es conveniente utilizar un agente dispersante para facilitar la titulación y para que el cubrimiento del área tratada sea uniforme.

B. *C. veria bassiana*. Las colonias del hongo son de color blanco púrpura, el aspecto es uniforme, polvoso (Láminas 37 y 38) el hongo crece en los medios probados para *P. fumoso-roseus* y *M. anisopliae*. Al cabo de 15 días se obtiene abundante producción de conidias; los conidióforos se forman en zig zag, a partir del micelio con conidias terminales que dejan cicatrices al desprenderse, las esporas son esféricas de color blanco. En granos de trigo y arroz descascarado se multiplica el hongo para obtener abundante material para uso en trabajos de aplicación en el campo.

***Metarhizium anisopliae*.** Este patógeno no se encontró en los aislamientos previos de reconocimiento de enfermedades del gusano blanco. Las pruebas de contaminación artificial de larvas dieron un 100% de mortalidad.

El medio óptimo para el desarrollo de las colonias es el semisintético; crece también en agar sabouraud y Papa, Dextrosa, Agar; la colonia completamente esporulada es de color verde oliváceo, forma conidióforos ramificados agrupados sobre un estroma. Esta fructificación típica del hongo da a la colonia un aspecto irregular. Las conidias son alargadas, formadas en cadena sobre las filidas del conidióforo; su tamaño es de 3,5 a 9,0 μm . de largo la especie es conocida comúnmente como *M. anisopliae* forma mi-

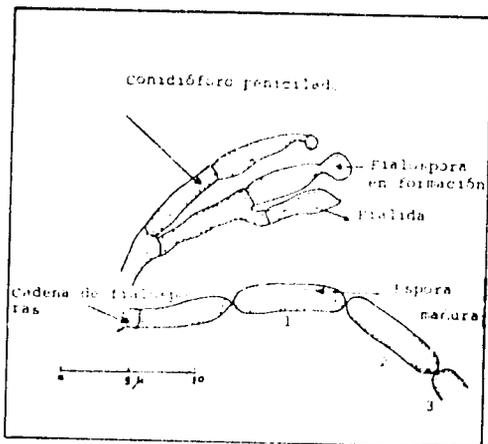


Fig. 2 - Esporogénesis de *Metarrhizium anisopliae* forma mayor. (Adaptado de Fargues, 1974).

nor. En la Figura 2, se aprecia el conidióforo de *M. anisopliae* forma mayor con conidias de tamaño tres veces más grande que las de *M. anisopliae* forma menor.

La recolección de esporas del hongo multiplicado en arroz se hace lavando los granos y filtrando hasta obtener suspensiones en agua a alta concentración de conidias.

3.1.2 Síntomas de micosis en larvas del gusano blanco contaminadas artificialmente.

Las reacciones típicas de micosis ya han sido descritas en otros trabajos (Rodríguez, 1983, 1984). La mortalidad de larvas del gusano blanco tratadas con *P. fumoso-roseus* y *M. anisopliae* se inicia al cabo de 3 a 4 días; aumenta progresivamente hasta llegar al 100% en un tiempo relativamente corto. Al colocar las larvas muertas en cámaras húmedas se logra que el hongo se desarrolle y esporule abundantemente sobre el cuerpo de éstas; inicialmente la coloración es blanca cuando se forma el micelio de los hongos; luego a medida que se produce la esporulación el color varía de acuerdo a la especie de que se trate; los insectos muertos por *M. anisopliae* presentan coloración verde (Lámina 34); los afectados por *P. fumoso-roseus* son rosados (Lámina 36) y los muertos por *B. bassiana* son blancos (Lámina 37). El aspecto de cada colonia sobre las larvas

muertas es similar al descrito para los cultivos desarrollados en medios artificiales.

La capacidad de reproducción y de esporulación del inóculo sobre las larvas muertas, contribuye a la diseminación y al establecimiento del patógeno en un medio ecológico considerado (Soper, 1978).

3.2 NEMATODO. RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE

Como posible *Steinernema* (*Neoplectana*) sp., se ha identificado el nemátodo que se registra frecuentemente en larvas del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache. Las larvas afectadas por el nemátodo se presentan aparentemente hinchadas, de coloración amarillo cremoso; algunas veces se tornan oscuras. 3 a 4 días después de la muerte del huésped, se observan los nemátodos al exterior de los tejidos de éste; el material mantenido en medios saturados, permite obtener los diferentes estados reproductivos; estados juveniles (L1 y L2), estados infectivos (L3) y adultos machos y hembras que copulan e inician un nuevo ciclo. Esta forma de reproducción se conoce con el nombre de ovoviviparidad es decir que los huevos eclosionan al interior del útero del nemátodo hembra. Observaciones hechas al microscopio óptico permitieron constatar abundantes larvas de primer estado, en los ovarios de la hembra que eran liberadas al exterior del aparato reproductor de ésta.

Los insectos muertos por nemátodos permanecen en cajas de Petri saturadas de agua por varios días sin presentar descomposición de los tejidos o expeler malos olores; según algunos autores, el entomopatógeno mata el huésped y libera la bacteria *Xenorhabdus* (*Acromobacter*) *nematophilus*, organismo que es esencial para su nutrición e inhibidor del desarrollo de otras bacterias (Poinar Jr., 1971; Thomas y Poinar Jr., 1979). Por la abundancia de nemátodos que se reproducen en el insecto muerto, este patógeno merece estudiarse por ser promisorio para uso en planes de control de la plaga, teniendo en cuenta que se puede reproducir fácilmente en otros huéspedes y en medios de cultivo artificial.

4. PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

Los resultados en porcentaje de mortalidad obtenidos de las pruebas de patogenicidad de los microorganismos encontrados en larvas de gusano blanco de la papa se presentan en la Tabla 2 y en la Figura 3. Los tratamientos con los hongos *M. anisopliae*, y *P. fumoso-roseus*, dieron un 100% de mortalidad al cabo de 8 y 10 días de efectuada la contaminación, mientras que en el testigo solo se obtuvo 2,5% y 6,25% respectivamente. La cepa de *M. anisopliae* aislada de larvas de *Ancognatha* sp. resulta más efectiva para las larvas y actúa más rápidamente que *P. fumoso-roseus*, aislamiento proveniente de larvas del gusano blanco. Estas diferencias en cuanto a las características virulentas de las cepas prueba una vez más, que algunos aislamientos pueden llegar a actuar mejor en un sustrato diferente al de su origen.

Los promedios de mortalidad resultante de las pruebas de virus: 46,25 y 80% y de nemá-

todos: 23,75 y 41,25% al cabo de 8 y 10 días del tratamiento, son menores que los obtenidos con los hongos. Estos promedios de mortalidad diferida en el tiempo aumentan hasta el 95% y 100% a los 23 y 27 días, mientras que en el testigo se registra solamente un 53,75%. El tiempo de acción de los virus y nemátodos es menor, comparado con el de los hongos Hyphomycetes. Las afecciones de larvas del gusano blanco ocasionadas por el nemátodo son muy frecuentes en las condiciones de campo de las localidades de El Rosal y Tibaitatá, Cundinamarca (Colombia); se presume que se haya adaptado a estas zonas, por encontrarse repetidamente durante varias cosechas consecutivas, superando períodos críticos de sequía prolongada, lo cual también se ha constatado en trabajos con hongos entomopatógenos en el control de insectos en caña de azúcar en Brasil (Marquês et al., 1981).

TABLA 2
MORTALIDAD DE LARVAS DEL GUSANO BLANCO DE LA PAPA:
Premnotrypes vorax (Hustache)
 (Coleoptera: Curculionidae) CONTAMINADAS CON DIFERENTES
 PATOGENOS

P A T O G E N O S	DIAS DESPUES DEL TRATAMIENTO				
	8	13	17	23	27
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch.) Sorokin	100*				
<i>Paecilomyces fumoso-roseus</i> (Wize) Brown & Smith.	59	100			
Nemátodo pos. <i>Steinernema</i> sp.	23.75	41.25	72.50	87.5	100
Virosis pos. Citoplasmica	46.25	80.00	92.25	95.0	95.0
Testigos	2.5	6.5	21.25	23.50	53.75

* X = 80 insectos tratados (4 repeticiones de 20 c/u). %Mortalidad.

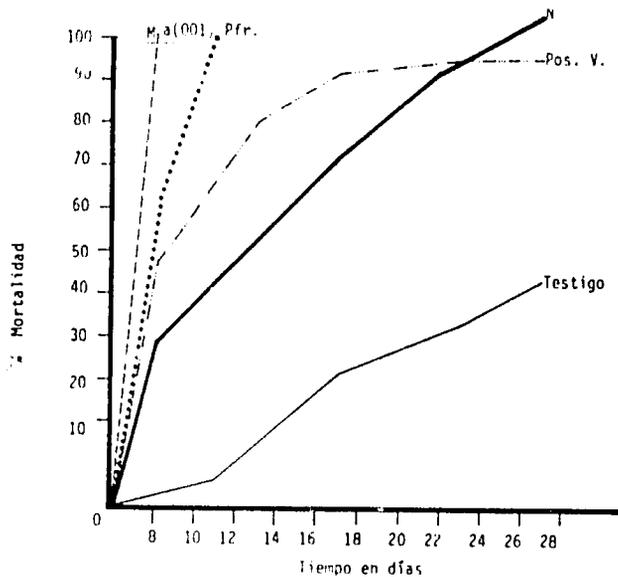


Figura 3 - Porcentaje de mortalidad de larvas de gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache, contaminadas con diferentes patógenos.

M. a: *Metarhizium anisopliae*. Pfr.: *Paecilomyces fumoso-roseus*

N. Nematodo pos *Steinernema* sp. Pos. V.: Posible virus de la poliedrosis citoplasmática.

5. CONCLUSIONES

Los hongos Hiphomycetes: *P. fumoso-roseus*, *B. bassiana* y el nematodo posible *Steinernema* (*Neoplectana*) sp., se vienen registrando frecuentemente en el gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax*, en cultivos de Tibaitatá y El Rosal (Cundinamarca), durante varias cosechas, a pesar de las prolongadas épocas de sequía que se han presentado en los últimos años. El control efectuado por estos microorganismos en el campo, no llegan a ser significativos; sin embargo, este hecho constituye una prueba de la existencia de entomopatógenos parcialmente establecidos en la plaga. Esta situación privilegiada debe aprovecharse para incrementar los estudios con cada una de las especies registradas y determinar las modalidades de aplicación en el campo, tendientes a inducir epizootias permanentes que contribuyan a mantener regulada la población plaga. Algunos países en donde se han desarrollado con éxito planes de control microbiológico de insectos, han tenido que introducir cepas de otros sitios por no disponer de materiales nativos altamente virulentos.

Las pruebas de patogenicidad de larvas del gusano blanco de la papa efectuadas en condiciones de laboratorio permitieron constatar la efectividad del *M. anisopliae*, en larvas de *P. vorax*. Estos resultados muestran las perspectivas de uso de los Hyphomycetes y del posible *Steinernema* (*Neoplectana*) sp., para esta plaga de importancia económica.

Los trabajos sobre multiplicación masiva de microorganismos benéficos han dado resultados satisfactorios en cuanto al rendimiento obtenido en las preparaciones (Roberts y Yendol, 1971); sin embargo el uso de entomopatógenos en el campo, exige investigación sobre las condiciones de desarrollo de los patógenos en el huésped y su interacción con los factores ambientales del medio ecológico considerado. El conocimiento de estos factores podría contribuir a determinar cuáles de estos entomopatógenos podría recomendarse para usarse en planes de control integrado de la plaga, en combinación con otros benéficos como parásitos y predadores.

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLD, H. H.; LINDEGREN, J. E.; KAYA, H. K., 1981. Monoxenic mass production of the entomogenous nematode *Neoplectana carpocapsae* Weiser on dog food/agar medium. *Advances in Agricultural Technology*. U. S. Department of Agriculture. Oakland, California, Estados Unidos.
- _____,; HARRY, K. K., 1983. Toxicity of select organophosphate and carbamate pesticides to infective juvenils of the entomogenous nematode *Neoplectana carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Environmental Entomology*, 12 (2).
- BAJAN, C., 1973. The successive infection of insect pathogenic fungi. *Ekologia Polska (Polonia)*. Institut of Ecology - Polish Academy of Sciences. v. XXI (46): 715-729.
- BUSTILLO, A., 1984. Microorganismos patógenicos a insectos. Características y modo de acción. En: Seminario de Patología de Insectos. Medellín, Mayo 11 de 1984. Medellín, SOCOLEN 1984: 7-50.
- _____, 1976. Patogenicidad del nemátodo *Neoplectana carpocapsae* en larvas de *Oxydia trychiata*. *Revista Colombiana de Entomología*. 2: 139-144.
- FARGUES, J., 1972. Etudes des conditions d'infection des larves de Doryphore *Leptinotarse decemlineata* Salv. par *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin (Fungi Imperfecti). *Entomophaga (Francia)*. 17 (3): 319-337.
- _____, 1973. Sensibilite des larves de *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Col. Chrysomelidae) a *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin (Fungi imperfecti, Moniliales) en presence des doses reduites d'insecticides. *Annales de Zoologie et Ecologie Animale (France)* 5 (2): 231-246.
- HARRY, K. K.; NELSEN, C. E., 1985. Encapsulation of Steinernematidae and Heterorhabditid nematode with calcium alginate: A approach for insect control and other applications. *Environmental Entomology*. 14: 572-574.
- MARQUES, E. J.; VILLAS-BOAS, A. M.; PREREITA, C. E., 1981. Orientacoes tecnicas para Producao do fungo entomogeno *Metarhizium anisopliae* (Metch.) em laboratorios setoriais. *Boletim Tecnico. Planasucar (Brasil)*, 3: 23-30.
- POINAR, G. O. Jr., 1971. Use of Nematodes for Control of Insects En: *Microbial Control of Insects and Mites*. Ed. H. D. Burges and N. W. Hussey. Academic Press, New York and London.
- ROBERTS, D. W.; YENDOL, W. G., 1971. Use of Fungi of Microbial Control of Insects En: *Microbial Control of Insects and Mites*. Ed. H. D. Burges and N. W. Hussey. Academic Press, New York and London.
- RODRIGUEZ, D. A., 1984. Hongos Entomopatógenos. En: Seminario de Patología de Insectos. Medellín, Mayo 11. Medellín (Columbia) SOCOLEN. 51-93.
- _____, 1983. Ciclo de una enfermedad por micosis (Hyphomycetes) en insectos. *El Entomólogo. Boletín de Noticias n. 41. SOCOLEN*: 5-17.
- SOPER, R. S., 1978. Autodissemination of entomopathogens fungi. En: *Microbial Control of Insects and Pests. Futures Strategies in Pest Management Systems*. Department of Agriculture Science and Education Administration Agricultural Research. Gainesville Florida (Estados Unidos).
- THOMAS, G. M.; POINAR, G. O., 1979. *Xenorhabdus* gen. nov., a genus of Entomopathogenic nematophilic bacteria of the family Enterobacteriaceae. *International Journal Systematique Bacteriology*, 29: 352-360.

**ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS DEL GUSANO BLANCO
DE LA PAPA
Premnotrypes vorax (Hustache)**

Hugo Calvache Guerrero

INTRODUCCION

El gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera; Curculionidae) (Láminas 1, 2 y 3) es quizá la plaga de mayor importancia del cultivo de la papa en Colombia, si se tiene en cuenta su amplia distribución, el alto costo de su control y el daño que ocasiona en el tubérculo.

El conocimiento de los aspectos más relevantes de la biología, hábitos y ecología del insecto y de la correlación que existe entre éstos y el normal desarrollo de la planta ha servido de base para el establecimiento de los actuales sistemas de control y para la búsqueda de nuevas alternativas, acordes con los principios de un manejo integrado de plagas.

Por esta razón, en el presente trabajo se dan a conocer los aspectos más importantes de la biología, hábitos y ecología de *P. vorax*, a fin de aprovecharlos en la obtención de mejores resultados en la lucha contra la plaga.

Género PREMNOTRYPES

Con los nombres comunes de "gusano blanco de la papa", "gusano de la papa", "gorgojo de la papa", "gorgojo de los Andes" o

simplemente "gusano blanco" se conocen varias especies de curculionidos que son plagas de la papa en la región andina de Suramérica. El género *Premnotrypes* es el más importante y dentro de él se han registrado las siguientes especies: (Eppo, 1984):

P. latithorax (Pierce)
P. pusillus Kuschel
P. solani Pierce
P. suturicallus Kuschel
P. vorax (Hustache)
P. fractirostris Marsh
P. sanfordi Pierce
P. piercei Alcalá

Los géneros *Trypopermnon*, Pierce, 1914, *Solanophagus* Hustache, 1933 y *Plastoleptops* Heller, 1935 son sinónimos de *Premnotrypes* Pierce 1914; y la especie *Premnotrypes vorax* (Hustache) es la nueva combinación de *Solanophagus* (Kuschel, 1955).

Otros "gusanos blancos" registrados como plagas de papa son *Amitrus jelskyi* (Kirsch) y *Rhigopsidius tucumanus* Heller (Munro, 1968) además de *Adioristus* sp., *Scotoeborus* sp. e *Hyperodes* sp. (Untiveros, 1985).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA

DE *P. vorax*

El gusano blanco de la papa, *P. vorax* se encuentra en las partes altas de la cordillera de los Andes, desde la zona central del Perú, en el Departamento de Junín hasta el Estado del Táchira en Venezuela. Las demás especies se han registrado en Perú, Bolivia y Norte de Chile y Argentina (Pierce, 1918; Angeles, 1966; Zenner y Posada, 1968 a; Alcalá y Alcázar, 1976; Eppo, 1984; Merino y Vásquez, 1960; Valencia et al., 1982; Untiveros, 1985).

En Colombia se encuentra en todas las zonas productoras de papa de los departamentos

de Nariño, Cauca, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santander del Sur, Santander del Norte, Caldas y Antioquia, desde los 2.100 msnm en adelante (Calvache y Alvarado, 1980).

Aunque muchos agricultores de Nariño aún recuerdan como catastrófica la primera década del presente siglo por la presencia de gusano blanco en los sitios cercanos a Pasto, el primer registro oficial del insecto fue en 1925 en los municipios de Funza, Mosquera, Cajicá y Chía, en la Sabana de Bogotá (Zenner de Polanía, 1986).

IMPORTANCIA ECONOMICA

El daño es causado por la larva de *P. vorax* la cual penetra en los tubérculos y hace galerías o túneles profundos (Fig. 3), irregulares y de aspecto desagradable, debido principalmente a la presencia de excrementos, pudriciones secundarias y suberización de los tejidos afectados. Las pérdidas pueden alcanzar hasta un 100% de los tubérculos, y están referidas a la calidad del producto y no a rendimientos por hectárea.

Es un insecto que fácilmente puede ser introducido a zonas libres de la plaga mediante la movilización de semilla aparentemente sana. Inicialmente, el orificio de entrada de la larva al tubérculo es muy tenue, casi imperceptible, de manera que ésta puede estar

alimentándose internamente y su presencia pasar inadvertida. Tiene gran capacidad de adaptación a zonas ecológicamente diferentes a su hábitat original y en la forma como se ha desplazado el cultivo de la papa hacia áreas más bajas de los Andes colombianos, el gusano blanco también ha descendido; el último registro se hizo en el municipio de Manizales a 2.100 msnm.

El éxito en el control de *P. vorax* depende de la buena ejecución de ciertas prácticas culturales y de la correcta aplicación de insecticidas, los cuales son muy limitados y su costo corresponde a un 90-95% de los insecticidas utilizados en el cultivo de la papa.

DESCRIPCION DE LOS ESTADOS

Huevo

Los huevos son cilíndricos, ligeramente ovalados, con una longitud de 1.7 mm. y un diámetro de 0.50 mm. en la parte central; están recubiertos por una sustancia mucilaginosa. Recién ovipositados son hialino brillantes, de superficie lisa y a medida que se desarrollan pasan a blanco cremoso y finalmente se tornan de color ámbar opaco, pudiéndose diferenciar las mandíbulas y en general el área cefálica de la larva.

Larva

Según Zenner y Posada (1968a) las larvas recién salidas de los huevos miden 1.12 - 1.25 mm. de largo; la cabeza de 0.345 mm. de ancho y 0.172 mm. de largo, es de color amarillento ámbar con mandíbulas fuertes; el resto del cuerpo es blanco cremoso con setas muy largas en todos los segmentos. En el último instar, la larva es de color blanco cremoso con la cabeza pigmentada muy bien definida; mide de 11 a 13 mm. Los segmentos abdominales medios son de mayor diámetro que los torácicos y los caudales; setas presentes en todos los segmentos.

La larva es apóda del tipo curculioniforme; tiene el cuerpo en forma de C, subcilíndrico y carnoso.

Pupa

La pupa es de color blanco, típicamente exarata o libre, puesto que sus apéndices se encuentran expuestos exteriormente, doblados hacia adentro y hacia atrás. Mide 8 mm. de largo por 4 mm. de ancho y se desarrolla dentro de una célula formada de tierra.

Adulto

Zenner y Posada (1968a) lo describen como un típico representante de la familia Curculionidae, de color que varía entre café rojizo, pardo oscuro o casi negro. La tonalidad del color depende del grado de humedad del suelo. Su tamaño oscila entre 5 - 7 mm. de largo y 2 - 4 mm. de ancho. El pico es corto y curvado hacia abajo. Los élitros que son de textura fuerte y coriácea con estrías longitudinales, no dejan expuesto ningún segmento abdominal, y lateralmente cubren y protegen gran parte del abdomen. El insecto no posee alas membranosas; las patas son

TABLA 1
CICLO DE VIDA DE *Premnotrypes vorax* (Hustache)
BAJO CONDICIONES DIFERENTES: (Promedio en días)

E S T A D O	TIBAITATA 2600 msnm	OBONUCO 2710 msnm	P. DE LETRAS 3500 msnm
Huevo	21.2	37.5	76.0
Larva	40.8	48.0	118.0
Pupa	16.4	26.0	46.0
Adulto en cámara pupal	18.0	20.0	43.0
Adulto libre	126.5	365.0	---

fuertemente musculadas, especialmente en el fémur, lo cual lo habilita como buen caminador, para compensar su inaptitud para volar.

Los machos son de configuración delgada, abdomen angosto, generalmente más pequeños que las hembras, y el último esternito tiene su terminación redondeada. Las hem-

bras, por su parte, tienen una configuración fuerte, voluminosa; el último esternito termina en ángulo agudo y los tubérculos dorso-laterales son más pronunciados que en los machos. La unión de los élitros dorsalmente, en las hembras, se manifiesta por una línea longitudinal de color más claro que el resto del cuerpo, generalmente amarillenta.

CICLO BIOLÓGICO

El ciclo de vida de este insecto varía considerablemente de acuerdo con la temperatura ambiental, humedad del suelo y disponibilidad de alimento. En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos por Zenner y Posada (1968a) en Tibaitatá (Cundinamarca), por Calvache en Obonuco (Nariño) y por Calvache y Arango (Datos sin publicar, 1985) en el Páramo de Letras (Caldas).

Mediante el conocimiento de los ciclos de vi-

da del insecto y de la planta se ha podido establecer que existe una correlación entre éstos. En Colombia se cultiva papa en altitudes que varían entre 2.000 y 3.700 msnm donde prevalecen temperaturas medias de 16 a 10° C. Las variedades que se adaptan a climas de páramo, con temperaturas promedios inferiores a 13°C son tardías, con un ciclo que puede prolongarse hasta ocho meses, lo cual se ajusta a la duración del ciclo de vida del insecto.

HABITOS

Huevo

Las hembras depositan sus huevos dentro de tallos secos de gramíneas, tales como trigo, cebada, avena, kikuyo y pastos en general. En ausencia de ellos, pueden ovipositar en los tallos secos de cosechas anteriores como papa, haba, arveja o, directamente en el suelo, debajo de terrones. Bajo condiciones normales no se encuentran huevos aislados sino

en masas cuyo número es muy variable. (Zenner y Posada, 1968 b; Rojas, 1968; Calvache y Alvarado, 1980).

Larva

Las larvas recién emergidas llegan fácilmente a los estolones y raicillas de la planta de papa, aunque pueden alimentarse de las raíces de las malezas que crecen junto a ella; bus-

can, localizan y penetran en los tubérculos. El orificio de entrada y el daño inicial se manifiesta tenuemente por pequeños puntos negros. La larva crece y se alimenta dentro del tubérculo; sin embargo, cuando se presentan poblaciones muy altas pueden encontrarse dentro de estolones y tallos aéreos de la planta de papa.

Con el movimiento, golpes y rozamiento de los tubérculos durante la cosecha, transporte y almacenamiento de la papa, las larvas abandonan su habitáculo y caen al suelo. Debido a que son muy susceptibles al manipuleo y a las situaciones extrañas a su condición natural, en muchos casos adquieren una coloración negruzca, se momifican y mueren.

En ausencia de plantas de papa, las larvas de *P. vorax* pueden alimentarse de raíces de *Drymaria* sp., *Galinsoga parviflora*, *Brassica campestris*, *Raphanus sativus*, *Trifolium repens*, *Solanum caripense*, *Siegesbeckia cordifolia* y *Veronica persica* entre otras. Como característica general se ha podido observar que las larvas que no se alimentan de papa tienen mala conformación, color amarillento brillante, menor tamaño y normalmente no alcanzan a completar su ciclo. (Calvache, 1982, Datos sin publicar).

Pupa

Cuando la larva ha completado su desarrollo como tal, sale del tubérculo y empupa. Para esto, las larvas se profundizan a través del suelo suelto hasta encontrar una capa un poco más dura, donde forman con tierra su celda pupal. La pupa de *P. vorax* es el estado más susceptible a la acción natural de microorganismos entomopatógenos.

Adulto

Antes de salir de la cámara pupal, el adulto permanece cierto tiempo, de acuerdo con las condiciones ambientales, dentro de ella, mientras transcurre el proceso de melanización y la madurez fisiológica del insecto. Mediante el estímulo de la humedad del suelo producida por las primeras lluvias de la temporada invernal sale el adulto a su vida libre.

Después de la cópula, la hembra está en condiciones de iniciar la oviposición y el período de preoviposición no es una condición generalizada; puede existir y en ese caso no es mayor de 7 días, bajo las condiciones del CRI Obonuco. La oviposición es estimulada favorablemente por la humedad del suelo, de manera que bajo condiciones de sequía ésta no se realiza o es muy escasa.

El adulto se localiza en sitios protegidos por la luz, debajo de terrones o al pie de las plantas de papa, las cuales ejercen un especial efecto de atracción hacia el insecto. A medida que las plantas crecen, la población de adultos de *P. vorax* se incrementa, y ésta presenta su volumen más alto en el período comprendido entre la germinación (30 días después de la siembra) y el aporque (60 días de edad). Por lo anterior, el movimiento de adultos se realiza de afuera hacia adentro, razón por la cual, en los bordes del lote se presenta una mayor intensidad de daño del insecto.

Durante la noche, los adultos son muy activos, suben a las ramas de la planta para alimentarse de las hojas, haciendo cortes en forma de semiluna (Lámina 2) o de los tallos haciendo pequeñas roeduras. Sin embargo, este daño es muy difícil de observar en el campo y no tiene importancia económica de ninguna naturaleza. En ausencia de plantas de papa, los adultos se alimentan de los tubérculos que quedan como residuos de cosechas anteriores: en éstos, sus roeduras van formando cavidades dentro de las cuales se protegen. También puede pasar un período de 39 días en promedio sin alimentarse, o consumir el follaje de las siguientes especies: *Galinsoga parviflora*, *Brassica campestris*, *Trifolium repens*, *Drymaria* sp., *Siegesbeckia cordifolia*, *Salvia paleifolia*, *Raphanus sativus*, *Solanum nigrum*, y *Solanum caripense*.

Al ser perturbados o cuando sienten algún movimiento extraño, encogen las patas, permanecen inmóviles y se fingen muertos. Esta actitud, además de su tamaño, forma y coloración y su localización en el suelo, debajo de terrones, o al pie de las plantas, hacen que se mimeticen y se confunda con un pequeño terrón del suelo.

La búsqueda de nuevos métodos de control, la posibilidad de disminuir el número de aplicaciones de insecticidas de acuerdo con el volumen de la población, y el desarrollo de diferentes estudios básicos, se han dificultado por la imposibilidad de cuantificar la población en cualesquiera de sus estados.

La evaluación del daño al momento de la cosecha ha sido el único sistema que ha permitido conocer la magnitud del problema para tomar decisiones respecto a situaciones futuras. Los sistemas de control, especialmente el químico, han sido muy rígidos en cuanto al número y época de aplicaciones, teniendo en cuenta el estado de desarrollo del cultivo y no precisamente, la presencia y abundancia de plagas.

Para solucionar este inconveniente se han ideado algunos sistemas que permiten la detección de adultos en el campo, basados en el conocimiento de su morfología y de sus hábitos. Fue así como se originó el "método de zarandas" (Calvache, 1979) el cual se basa en la minimización de una muestra de suelo, mediante la separación de las partículas de mayor y menor tamaño al del insecto; la submuestra resultante, en la cual queda retenido el adulto de *P. vorax*, se disuelve en agua, se filtra a través de una malla fina y se separan los insectos y algunos residuos orgánicos.

Considerando el hábito de "buen caminador" que tiene el adulto, y el ambiente sombrío bajo el cual se refugian, se ideó el método de trampas de agua. Estas consisten en vasos plásticos de unos 10 cms. de profundidades,

colocados de manera que el borde superior quede perfectamente a ras de la superficie del suelo. En el interior del vaso se deposita agua (3-4 cms.) a la cual se le ha adicionado alguna sustancia que le disminuya la tensión superficial. Sobre el vaso y a una altura de 1-2 cms. del suelo se coloca una lámina de cartón de 20 cms. en cuadro, la cual además de proteger el vaso de las condiciones externas, propicia el ambiente sombrío que busca el insecto y en el cual se oculta.

Se ha considerado y comprobado que este tipo de trampa puede mejorar sustancialmente su eficiencia si se le adiciona un atrayente. Para el efecto se ha probado la atracción que ejercen los adultos de *P. vorax*, machos o hembras, vírgenes o no, sobre su misma especie. Los resultados, en este sentido, han sido estadísticamente significativos respecto al testigo sin atrayente, más no en cuanto al número, sexo o virginidad de los insectos utilizados como atrayente. El hábito gregario del insecto está gobernado por una feromona de agregación la cual induce la colonización. (Calvache, 1979; 1984; datos sin publicar 1986).

En conclusión, el conocimiento de la biología, ecología y hábitos del gusano blanco, no solamente ha servido para el establecimiento de los actuales sistemas de control, sino que es la base fundamental para la búsqueda de nuevas estrategias acordes con la filosofía del manejo integrado de plagas, con el ambiente donde se desarrollan el insecto y la planta y con el criterio de disminuir los costos de producción y los riesgos de contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALCALA, P., 1979. Nueva especie del género *Premnotrypes* Pierce, 1914 (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Per. de Ent. 22: 63 - 64.
- ALCALA, P.; ALCAZAR, J., 1976. Biología y comportamiento de *Premnotrypes suturicallus* (Coleoptera: Curculionidae) Rev. Per. de Ent. 19: 49 - 52.
- ANGELES, N., 1966. Presencia del "Gorgojo de la papa", *Premnotrypes vorax* (Curculionidae - Coleoptera) en la región andina de Venezuela. Agronomía Tropical (Caracas). 16: 295 - 298.
- CALVACHE, G., H., 1979. Método de "zarandas" para detectar la presencia de adultos de gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache) en el suelo. Revista Colombiana de Entomología. 5 (1-2): 31-35.
- CALVACHE, G. H., 1984. Detección de adultos de gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache) en el campo. En Memorias de la XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa. Paipa (Colombia): 585-593.
- CALVACHE, G. H., y L. F. ALVARADO., 1980. El gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache) y su control. Instituto Colombiano Agropecuario. Documento de Trabajo. Código 05-6-009-80. Pasto, 35 p.
- EUROPEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION., 1984. *Premnotrypes* spp. (Andean Species) EPPO Bulletin. Paris, (France) 14: 55-60.
- KUSCHEL, G., 1955. Nuevas sinonimias sobre Curculionoidea. Revista Chilena de Entomología 4: 262-312.
- MERINO, G., VASQUEZ V., 1960. Campaña química contra el picudo del tubérculo de la papa. *Premnotrypes vorax* (Hustache). Ciencia y Naturaleza. Quito. 3 (2-3): 116-121.
- MUNRO, J. A., 1968. Insects affecting Potatoes in Bolivia. J. Econ. Entomol. 61: 882.
- PIERCE, W. D., 1918. Weevils which affect irish potato, sweet potato, and yam. J. Agric. Res. 12: 601 - 612.
- ROJAS E., 1968. Localización de posturas del gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). IV Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos. Barranquilla.
- UNTIVEROS. D., 1985. Gorgojo de los Andes, Biología, daños y control. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuario (INIPA). Lima. Boletín Técnico No. 3.
- ZENNER DE POLANIA, I., 1986. Guía general de Manejo de Plagas en el cultivo de la papa. Instituto Colombiano Agropecuario. Código 01-035-85. 36 p.
- ZENNER DE POLANIA I., y L. POSADA. 1968a. Generalidades sobre el gusano blanco de la papa. *Premnotrypes vorax* (Hustache). Separata Agricultura Tropical, p. 24.
- , 1968b. Apuntes sobre el ciclo de vida y hábitos del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache). IV Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos. Barranquilla. Ed. Agricultura Tropical, Bogotá.
- VALENCIA J., R. RIOS, y J. DONOSO, 1981. Evaluación de *Orthene* granular frente a *Furadán* granular en el control de *Premnotrypes vorax* (Hustache), Rumiupamba, Ecuador. I (1): 81-87.

**LAS PALOMILLAS DE LA PAPA (Lepidoptera-Gelechiidae):
Identificación, distribución y control**

Luis Valencia

INTRODUCCION

Las palomillas de la papa, es el nombre común que se usa para designar a un grupo de especies estrechamente relacionadas, que pertenecen a la familia Gelechiidae del orden Lepidoptera. Todas las especies involucradas en este complejo, afectan al cultivo de papa de una u otra forma. Los daños al follaje se manifiestan en la forma de minas irregulares en las hojas adultas y si la infestación es severa los insectos pueden dañar los brotes terminales. Los daños al tubérculo se caracterizan por la presencia de galerías profundas que destruyen su valor comercial (Fig. 1a., Láminas 4, 5 y 6). De todas las especies, probablemente *Phthorimaea operculella* (Zeller) es la mejor conocida y fue asociada al cultivo de papa en 1854 (Graf, 1917). También hay otras especies que son menos conocidas, que tienen un área de distribución geográfica más restringida pero que pueden ser tan dañinas como *P. operculella*.

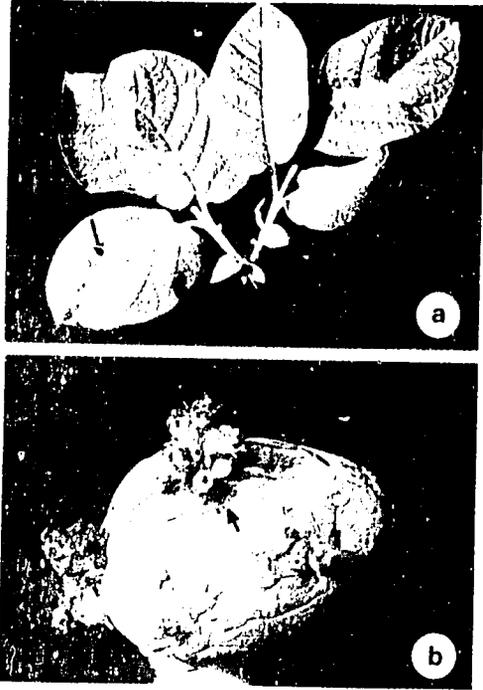


Fig. 1 - Daños de *Phthorimaea operculella* a) Minas en hojas de papa. b) Tubérculo dañado mostrando acumulación de excremento en el lugar de entrada de la larva (indicado con flecha).

IDENTIFICACION

La familia Gelechiidae es considerada como un grupo difícil desde el punto de vista taxenómico. Por otro lado, las descripciones de la mayoría de especies de este grupo fueron hechas en revistas extranjeras de difícil acceso en nuestro medio. Las especies *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917); *Phthorimaea isochlora* (Meyrick, 1931), y *Keiferia colombiana* (Povolny, 1975) fueron redescritas por Povolny (1975). También se ha reportado que las características de la genitalia son las más importantes en la identificación a nivel de especies (Povolny, 1967).

Por lo menos 3 criterios diferentes se pueden utilizar en la identificación de las palomillas de la papa. Frimero el criterio biológico, de

las especies conocidas de palomillas *S. absoluta* es la única que no ataca tubérculos siendo por lo tanto un minador de follaje. Segundo, el color y decoraciones de las alas anteriores (Fig. 2), de la otras 3 especies *Symmetrischema plaesiosema* (Turner, 1920) se puede reconocer fácilmente porque cuando la palomilla está en posición de reposo, "las alas anteriores muestran las puntas de color marrón claro con una mancha característica de color marrón oscuro casi en su parte media" (Morgan, 1931) (Figs. 2 y 3). Por lo tanto, la coloración y decoraciones de las alas anteriores proporcionan características distintivas para la identificación de *S. plaesioserma*. *Scrobipalopsis solanivora* (Povolny, 1973) también puede reconocerse por

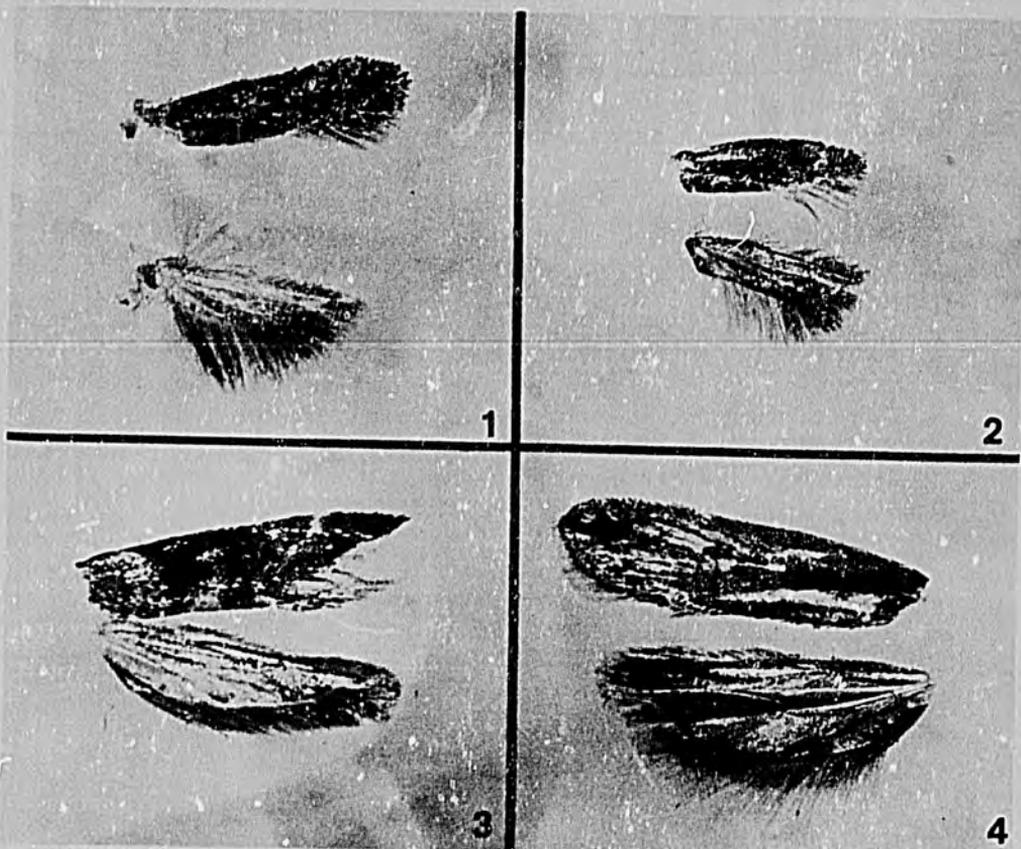


Figura 2 - Decoraciones de las alas de las palomillas de la papa (1) *Phthorimaea operculella*; (2) *Scrobipalpa absoluta*; (3) *Symmetrischema plaesiosema*; y (4) *Scrobipalopsis solanivora*.

sus características de las alas. "El dimorfismo sexual es aparente tanto por el tamaño como por la coloración. Los machos son de color marrón oscuro, teniendo por lo general 2 estigmas en el ala anterior con líneas longitudinales no muy notables. Las hembras son más grandes que los machos, son de color marrón brillante, con 3 estigmas y líneas longitudinales muy notables" (Povolny, 1973). El tercer criterio es la genitalia de los machos (Fig. 4). La morfología de la genitalia masculina de las 4 especies son muy diferentes y no dejan margen a error.

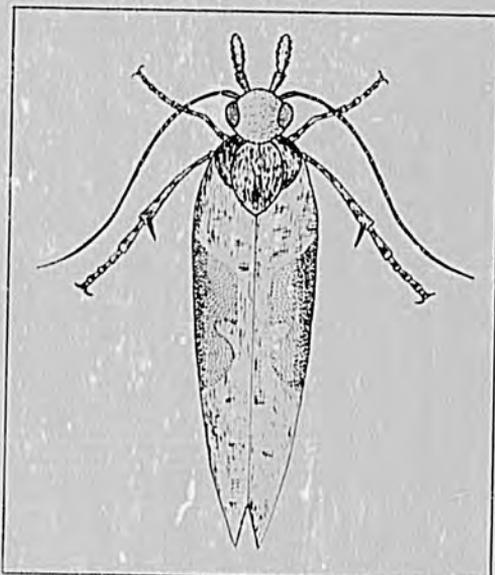


Figura 3 - Adulto de *Symmetrischema plaesiosema* mostrando las decoraciones del ala en la posición de reposo.

P. operculella es actualmente una especie de distribución cosmopolita que se originó en las Américas (Graf, 1917; Hofmaster, 1949). En la región Andina de Suramérica, que es reconocida como el centro de origen de la papa, además de *P. operculella* existen otras especies con características biológicas muy parecidas (Fig. 5).

Estas especies de palomillas que son poco conocidas, cuya identificación y distribución son de fechas muy recientes, pueden constituirse en serios problemas si es que se considera que el intercambio de tubérculo semilla entre regiones productoras, no es regulado. La diseminación de estas especies poco conocidas está muy bien representado por el ca-

so de la palomilla de la papa de Centroamérica, que como su nombre común lo indica es originaria de Centroamérica pero que debido a descuidos humanos se ha diseminado a Suramérica y en la fecha es un problema serio para Venezuela.

S. plaesiosema, que es conocida en Colombia con el nombre común de "palomilla gigante" de la papa, fue descrita originalmente de Australia (Turner, 1919). Posteriormente fue citada de California (Keifer, 1937) y Perú (Busck, 1931).

S. absoluta, está ampliamente distribuída en Suramérica (fig. 5).

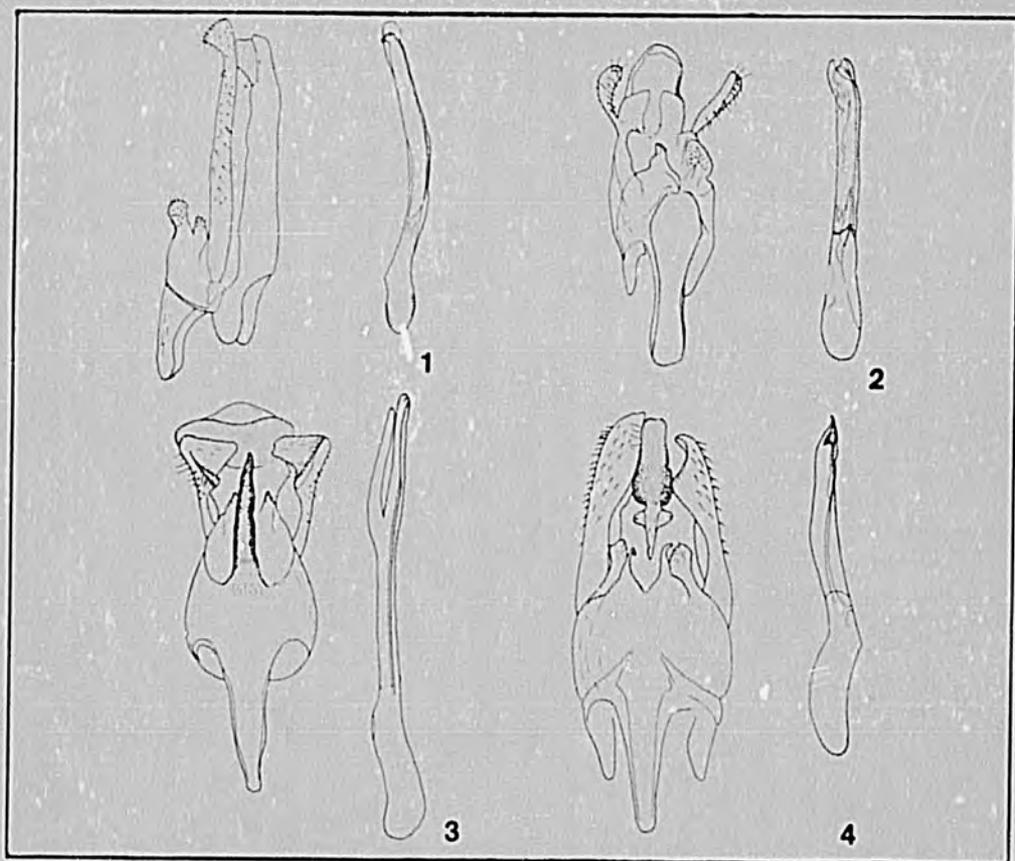


Figura 4 - Genitalia del macho y el eedeago de (1) *Phthorimaea operculella*; (2) *Scrobipapula absoluta*; (3) *Symmetrischema plaesiosema*; y (4) *Scrobipalopsis solanivora*.

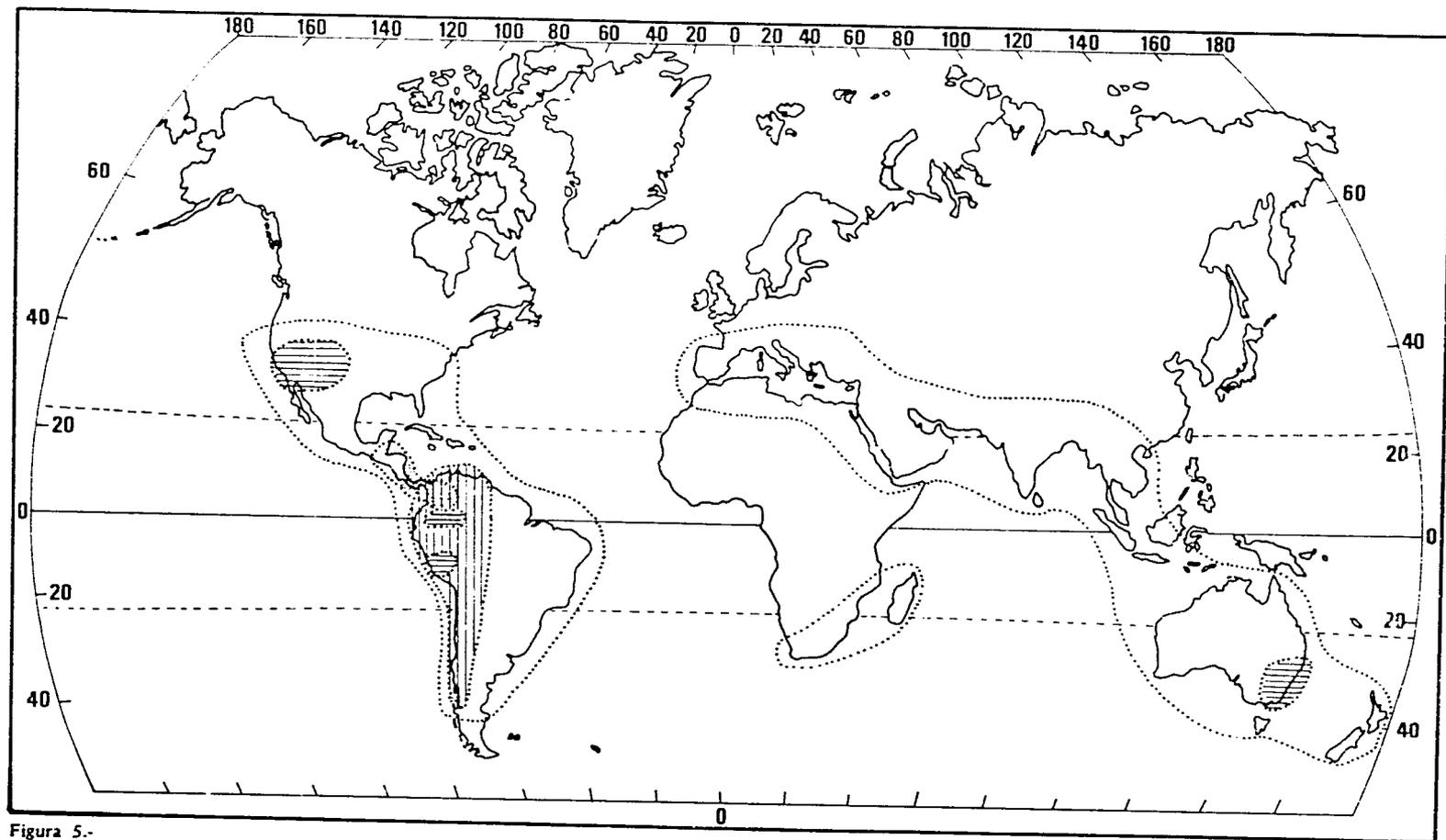


Figura 5.-



P OPERCULELLA



S ABSOLUTA



S PLAESIOSEMA



S SOLANIVORA

Los resultados obtenidos por el CIP en su sede regional de Colombia son bastante alentadores en lo que se refiere a resistencia genética de tubérculos de papa a la palomilla *P. operculella*. Existen cultivares de papa tales como Parda pastusa que afectan grandemente la biología del insecto (antibiosis). De pruebas de resistencia realizadas con clones avanzados de la Colección Central Colombiana de Papa, se encontró que algunos de ellos poseen niveles muy altos de resistencia del tipo antibiosis, lo cual es muy alentador en la lucha contra esta plaga.

Entre las medidas generales de control para las palomillas de la papa, se pueden mencionar las siguientes:

- (I) Emplear semilla libre de estos insectos, ya que suelen atacar en los almacenes.
- (II) Efectuar un "aporque" adecuado, evitando que los tubérculos queden expuestos al ataque de la plaga.
- (III) Evitar la siembra de plantas hospederas en campos vecinos a cultivos de papa, tales como tabaco y pepino.
- (IV) En caso de ser necesario recurrir a productos químicos para el control de las avas en el follaje se pueden usar los insecticidas Birlane 24 C.E. en la proporción de 0.4 kg. de ingrediente activo/ha, Lannate 90% P.M. en la proporción de 1 g. por litro de mezcla. Para prevenir el daño en los tubérculos es aconsejable usar Sevín en polvo 5% en la proporción de 2 kg. de i.a./ha.

Los insecticidas más frecuentemente recomendados para el tratamiento de papa almacenada son Malathión en polvo 1-2% ; Sevín en polvo 10% ; y Diazinón en polvo 2.5% , todos estos

insecticidas se usan en la proporción de 1 kg/t. Para el almacenamiento de papa semilla el control para las "palomillas" debe ser alternado con la aplicación de insecticidas específicos para el control de los áfidos o pulgones, a fin de prevenir la diseminación de enfermedades causadas por virus.

Con la producción a nivel comercial de la feromona sexual de *P. operculella*, el manejo de las poblaciones de campo de esta especie se ha facilitado enormemente, de tal manera que la información proporcionada por trampas cebadas con la feromona sexual, pueden servir como un buen índice para iniciar los programas de control químico. Por otro lado, resultados obtenidos en el CIP sugieren que el uso de la feromona sexual de *P. operculella* bajo condiciones de almacén, reduce el daño de esta palomilla.

Bajo condiciones de campo, los mejores resultados se han obtenido con las trampas de agua (Fig. 6). Sería interesante probar para el caso de *S. plaesiosema* y *S. absoluta*, especies para las cuales la feromona sexual todavía no ha sido identificada, con trampas de agua cebadas con hembras vírgenes tal como se indica en la Figura 6c. La información obtenida de esta manera, sigue el mismo patrón que el obtenido con la feromona sintética y por lo tanto, se puede incluir como referencia en un programa de control integrado.

- (V) Cosechar los campos de papa apenas alcancen su maduración, ya que los daños aumentan considerablemente en campos cosechados tardíamente.

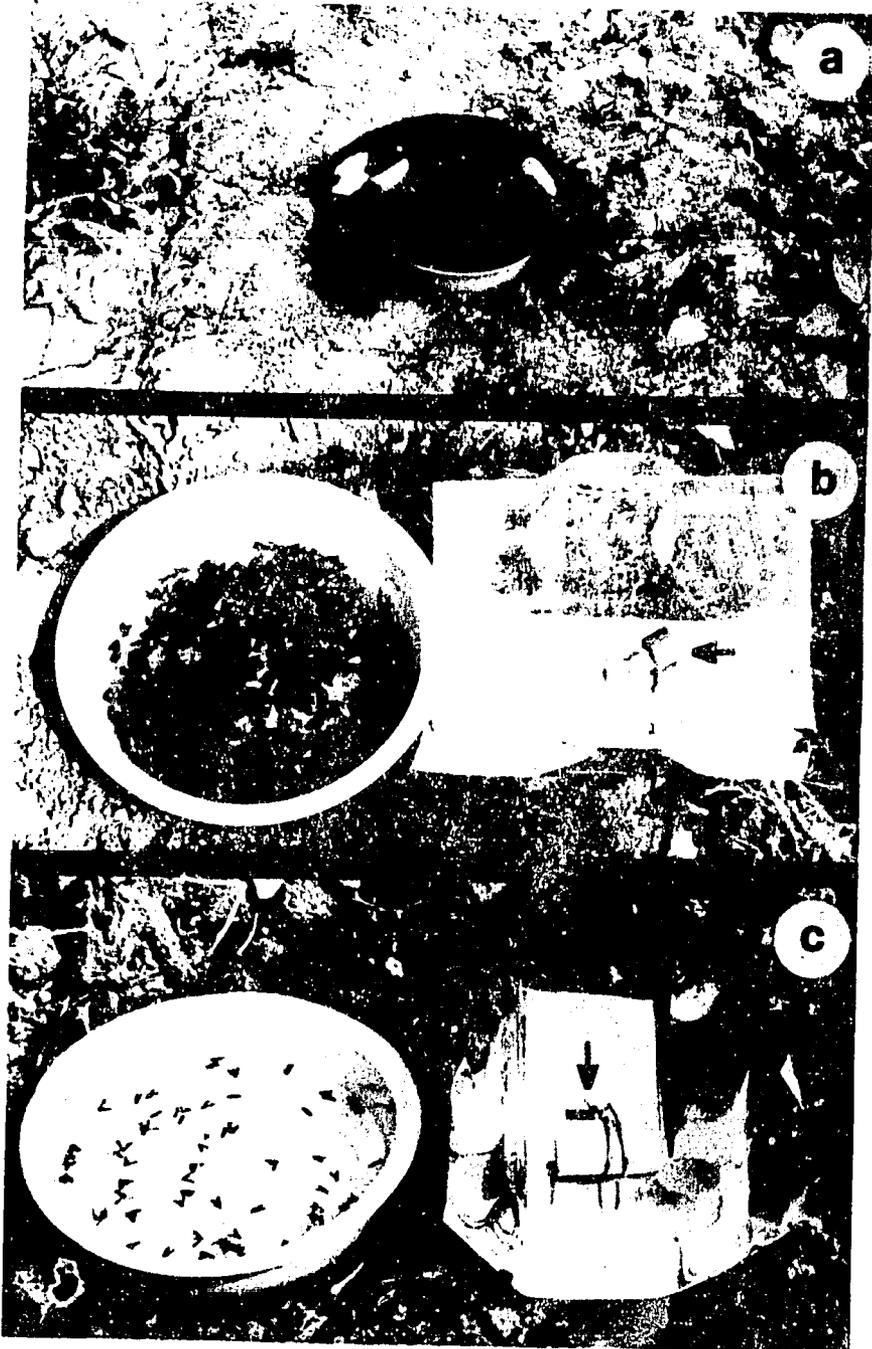


Figura 6 - a) y b) Trampas de agua cebadas con la feromona sexual de *P. operculella*. En b) se puede notar la capsula de jebe impregnada con la feromona sexual y la cantidad de machos obtenidos en una semana. c) Trampa de agua cebada con cinco hembras virgenes de *P. operculella*. La flecha indica la microjaula en la que se mantienen las hembras virgenes.

REFERENCIAS

BUSCK, A., 1931. Two new peruvian microlepidoptera of economic importance (Gelechiidae and Oecophoridae) Proc. Ent. Soc. Wash., 33 (3): 59-63.

GRAF, J. E. 1917. The potato tuber moth. U. S. Dept. Agric. Bull. No. 427.

HOFMASTER, R. N. 1949. Biology and control of the potato tuberworm with special reference to Eastern Virginia. Virginia Truck Exp. Sta. Bull. No. 111.

K'EIFER, H. H., 1937. California Microlepidoptera XI. Bull. Dept. of Agric. (California) 26 (2): 177-203.

MORGAN, W. L., 1931. The tomato steam caterpillar (*Phthorimaea plaesiosema* Turner). Agric. Gazette of N.Z.W. 42: 919-921.

POVOLNY, D. 1967. Genitalia of some Neartic and Neotropic members of the tribe Gnorimoschemini (Lep. Gel.), Acta ent. Mus. Nat. Pragae. 37: 57-127.

_____. 1973. *Scrobipalopsis solanivora* sp. n. A new pest of potato (*Solanum tuberosum*) from Central America. Acta Uni. Agric. (Brn), Fac. Agron. 21: 133-145.

_____. 1975. On three Neotropical species of Gnorimoschemini (Lepidoptera, Gelechiidae) mining Solanaceae. Acta. Univ. Agric. 23: 379-393.

_____. 1977. Notes on Gnorimoschemini of Australia and New Zealand (Lepidoptera, Gelechiidae). "Acta Ent. Mus. Nat. Pragae". 39: 403-443.

TURNER, J. A., 1920. The Australian Gelechiidae (Lepidoptera). Proc. Royal Soc. of Queensland Vol. XXXI: 108-172.

GUIA PRACTICA PARA IDENTIFICAR LAS ESPECIES DE PALOMILLAS MAS IMPORTANTES

1. Especies que generalmente atacan follaje y tubérculos. 2
 Especie que generalmente atacan follaje de plantas de papa y otras solanaceas; palomilla pequeña no mayor de 7 mm. de largo, restringida a Suramérica.
Scrobipalpus absoluta (Meyrick, 1917).
2. Especies sin una decoración definida en las alas anteriores. 3
 Especies con una decoración característica. 4
3. Especie de distribución cosmopolita, tamaño mediano (aproximadamente 8 mm).
 Fácil de identificar por la genitalia masculina.
Phthorimaea operculella (Zeller, 1873).
4. Especie que presenta una mancha marrón oscuro en la parte media del ala anterior (Lámina B-3, y Fig. 1).
 Especie reportada de Norte y Suramérica y de Australia.
Symmetrischema plaesiosema (Turner, 1919).
 Especie con marcado dimorfismo sexual, que presenta entre 2 y 3 estigmas en las alas anteriores.
 Palomilla grande (aproximadamente 12 mm.). Especie reportada de Centroamérica, Venezuela y Colombia.
Scrobipalpus solanivora (Povolny, 1973).

UNA PALOMILLA DE PAPA NUEVA PARA COLOMBIA

*Dalibor Povolny y
Luis Valencia*

INTRODUCCION

Se conoce con el nombre común de "Palomilla de la Papa" a un complejo de especies pertenecientes a la familia Gelechiidae. El complejo de las palomillas es un grupo muy característico que a través de su asociación a la planta de papa, han logrado niveles muy altos de especialización. Así por ejemplo, hay algunas especies que solo atacan el follaje de la planta de papa como es el caso de *Scrobipalpula absoluta* Meyrick; hay otras especies que solamente atacan los tubércu-

los de la papa como es el caso de *Symmetrischema plaesiosema* Turner y *Scrobipalopsis solanivora* Povolny; y hay un tercer grupo en el que la misma especie puede atacar tanto el follaje como los tubérculos de papa y en este grupo está la palomilla cosmopolita de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller). En esta nota se reporta la presencia de una especie de palomilla que no había sido previamente mencionada en la literatura entomológica colombiana.

MATERIALES Y METODOS

Mientras se efectuaban muestreos de insectos asociado al cultivo de papa en el lote 7 del Centro Regional de Investigaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Tibaitatá, se encontró un tipo de daño en los folíolos del tercio superior de plantas "toyas" (plantas de papas que provienen de tubérculos abandonados en el campo), que no correspondía a ninguno de los producidos por las plagas conocidas de este cultivo. Al observar detenidamente los daños en referencia, se pudo constatar en el doblez de los folíolos afectados la presencia de una larva que presentaba características morfológicas que no estaban reportadas en la literatura. Aproximadamente 25 larvas de este lepidóptero fueron colectadas y trasladadas en envases plásticos al invernadero a prueba de insectos del Centro Internacional de la Papa (CIP) en Tibaitatá, en donde fueron ubicados sobre plantas de papa del cultivar ICA-Puracé. Cuando estaban por finalizar el estado larval, fueron trasladados al laboratorio de entomología del CIP (temperatura constante a $27 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa ambiente), junto con algunas hojas de papa para que continuaran alimentándose hasta su empupamiento.

De los adultos obtenidos se hizo la identificación respectiva. Durante el proceso de obtención de adultos, se recuperó también un gran número de enemigos naturales los cuales fueron almacenados en una solución de alcohol etílico al 80% y remitidos posteriormente al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para su identificación.

RESULTADOS Y DISCUSION

La especie de palomilla colectada y criada en Tibaitatá, Bogotá, Colombia, corresponde a la especie *Eurysacca melanocampta* (Meyrick, 1917). *Eurysacca* fue originalmente establecido como un sub-género del género *Scrobipalpula* Povolny, 1964, para la especie *Phthorimaea melanocampta* Meyrick, 1917. Posteriormente, en 1979 Povolny lo pasa a la categoría de género después del descubrimiento de la hembra de la especie-tipo y, recientemente, Povolny (1986)

describe 16 especies más dentro del género *Eurysacca* de material de palomillas procedentes de la Argentina. El género *Eurysacca* presenta características de la genitalia que coinciden en términos generales con los reportados para la tribu Gnorimoschemini. No obstante presentar estas características, la genitalia de *Eurysacca* ha desarrollado algunas características morfológicas propias las cuales en conjunto le dan un patrón único como un taxón de gnorimoschemine.

E. melanocampta fue descrita del Perú (departamentos de Lima y Lambayeque), por lo tanto la presente nota amplía su distribución geográfica entre Perú y Colombia confirmando lo sugerido por Povolny (1986). En el Perú, esta especie es plaga en los cultivos de quinua y papa. La larva de esta especie que era desconocida por la ciencia, es ilustrada por primera vez en la lámina 7. La larva en su último estadio larval presenta las características típicas de la familia Gelechiidae pero se distingue de las otras especies del complejo por presentar bandas longitudinales de color rojo oscuro que le recorren todo el cuerpo. Las pupas de *E. melanocampta* presentan un patrón de melanización más oscuro que las pupas de *P. operculella* (Lámina 8). Los adultos de ambas especies pueden fácilmente ser confundidos, ya que los adultos de *E. melanocampta* no presentan ninguna ornamentación característica en las alas.

Por lo observado en Colombia, los daños de *E. melanocampta* en las plantas de papa son

muy característicos. Generalmente construyen un área de protección doblando un foliolo de la hoja de papa el cual unen con hilos de seda (Lámina 9). De este refugio salen por las noches y comen los foliolos circundantes sin alejarse demasiado. Otra característica en su hábito de alimentación es que algunas veces comen parcialmente el peciolo de los foliolos apicales de las hojas de papa dejándolos colgando de una manera muy particular.

De todas las larvas colectadas de *E. melanocampta* más del 60% de ellas estuvieron parasitadas. Al parecer su hábito de alimentación y el comportamiento observado en la colonización de las hojas de papa las hacen presas fáciles para sus parásitos. Lo que no se conoce es, si los parásitos encontrados en *E. melanocampta* son comunes para *P. operculella*, que es la especie de palomilla más importante.

En un futuro cercano estaremos en condiciones de reportar más acerca de esta nueva especie de palomilla para Colombia.

LITERATURA CONSULTADA

POVOLNY, D., 1967. Genitalia of some Nearctic and Neotropical members of the tribe Gnorimoschemini (Lepidoptera, Gelechiidae). Acta ent. Mus. Nat. Pragae 37: 51-127.

, 1979. On some little known moths of the family Gelechiidae

(Lepidoptera) as pests of crops. Acta Univ. Agric. Brno. 27: 139-165.

, 1986. Gnorimoschemini of southern South America II: the genus *Eurysacca* (Lepidoptera, Gelechiidae). Steenstrupia 12: 1-47.

**AFIDOS DE PAPA: IDENTIFICACION, BIOLOGIA, DESCRIPCION
DE DAÑOS Y METODOS DE SEGUIMIENTO**

*Luis Valencia y
Ofelia Trillos*

INTRODUCCION

Los áfidos, comúnmente conocidos como "pulgonos" son probablemente la familia de insectos plagas de mayor importancia a nivel mundial (van Emden, 1972).

Los daños que causan los áfidos en las plantas pueden ser directos e indirectos. Los daños directos pueden manifestarse en forma de amarillamiento de hojas, reducción de tamaño, muerte prematura y enrollamiento de los brotes. Los daños indirectos los producen cuando actúan como vectores de enfermedades producidas por virus.

El estudio sistemático de los áfidos es relativamente nuevo en la zona Neotropical (Cermeli, 1967; Zúñiga, 1969; Valencia y Cárdenas, 1973; Valencia et al, 1975; Bustillo y Sánchez, 1976) lamentablemente, los estudios taxonómicos no siempre se han acompañado con investigaciones ecológicas acerca de la fluctuación de poblaciones de cam-

po durante un período conocido. Razón por la cual se conoce que especies de áfidos ocurren en zonas determinadas pero no se conoce cuál es la distribución de los mismos a través de un período conocido.

En este trabajo se presenta información relativa a la identificación, biología, descripción de daños y métodos de seguimientos de los áfidos y también, se presentan resultados parciales obtenidos en la captura de áfidos alados con bandejas amarillas del tipo Moericke, en tres localidades productoras de papa en Colombia.

Por la literatura consultada, este parece ser el primer estudio poblacional de áfidos que ocurren en la zona Andina de Suramérica. Los resultados preliminares se discuten teniendo en cuenta la importancia de cada una de las tres localidades como centro productor de semilla de papa.

ESPECIES DE AFIDOS QUE ATACAN EL CULTIVO DE PAPA

Existen varias especies de áfidos identificados como dañinos a la papa en la región Andina. Entre las más frecuentes están *Myzus persicae* (Sulzer), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aphis gossypii* (Glover), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Rhopalosiphoninus latysiphon*

(Davidson) (Valencia, 1985). Saldarriaga (1978) menciona en la lista de plagas que atacan el cultivo de papa en Colombia las siguientes especies: *M. euphorbiae*, *M. persicae*, *Rhopalosiphoninus rufiabdominalis* (Sasaki), *Rhopalosiphum splendens* (Theobald), *Pemphigus* sp., y *R. latysiphon*.

MORFOLOGIA DE LOS AFIDOS

Los áfidos son insectos de cuerpo blando y forma globosa que miden entre 1 - 4 mm. de longitud. Todas las especies presentan un polimorfismo bien marcado, pudiéndose encontrar formas ápteras y aladas y aún dentro de las aladas formas sexuales y partenogenéticas (Cottier, 1953).

El cuerpo de un áfido está dividido en cabeza, tórax y abdomen. Siendo la cabeza y el abdomen las partes del cuerpo de mayor importancia desde el punto de vista taxonó-

mico. La forma de la cabeza está determinada por los tubérculos antenales, los cuales pueden ser pronunciados, divergentes, convergentes, o estar ausentes. Los tubérculos antenales llevan las antenas, que en la mayoría de los casos son largas y delgadas con cinco o seis segmentos. En el tórax, nacen 2 pares de alas, siendo el par de alas anteriores grandes y el par posterior pequeñas. En la parte posterior del abdomen existen un par de apéndices llamados "sifones" o "cornículos". Los sifones son estructuras tubulares

que nacen entre el quinto o sexto segmento abdominal, cuya forma, color, tamaño y estructura varía bastante entre las especies.

En la parte más distal del cuerpo se encuentra la cauda. Este también es un apéndice

rico en características taxonómicas, su forma, color, tamaño, estructura, presencia y distribución de cerdas (chaetotaxia), son muy importantes en la identificación de especies.

BIOLOGÍA

La biología de los áfidos es muy complicada. La reproducción puede ser sexual o partenogenética. La reproducción sexual es más común en Europa y Norteamérica, mientras que en los países situados en la parte norte del hemisferio sur de América, es más común la reproducción partenogenética.

La reproducción partenogenética le permite a los áfidos desarrollarse en colonias grandes muy rápidamente. Mediante la producción de ninfas, los áfidos ahorran el tiempo que se consume al pasar por el estado de huevo. Por otro lado, los embriones se desarrollan en una condición tan avanzada dentro del cuerpo de la madre, que las ninfas son capaces de iniciar su alimentación tan pronto nacen. La ventaja más importante de la ausencia de apareamiento es que las ninfas pueden comenzar el desarrollo de nuevos embriones, mucho antes de que la madre llegue al estado adulto. Una vez nacidas las ninfas, ellas toman de una a dos semanas para alcanzar el estado adulto, dependiendo de las condiciones ambientales. Al alcanzar estas ninfas la adultez, el mayor (en términos de edad) de sus embriones dentro de ellas ya están completamente desarrollados y listos para nacer (Blackman, 1974).

Otro aspecto importante en la biología de los áfidos es la aparición de formas aladas en las colonias. Cuando las plantas se hacen indeseables para los áfidos, ya sea por envejecimiento o debido al daño producido por ellos, el índice de reproducción de la población disminuye y aparecen una gran proporción de formas aladas (van Emden et al., 1969). Varios factores han sido mencionados como responsables para la inducción de formas aladas. El "efecto de grupo" que se produce cuando los miembros de una colo-

nia se están chocando frecuentemente entre ellos, origina la aparición de formas aladas. El efecto de grupo se produce generalmente cuando hay una sobrepoblación de insectos sobre la planta hospedera. Otro factor que también está relacionado con la aparición de formas aladas, es la mala calidad del alimento. Plantas hospederas sometidas a factores adversos tienden a proporcionar alimento de mala calidad para los áfidos. Plantas marchitas, o que están muriendo tienden a producir formas aladas. La baja temperatura es otro factor que contribuye a aumentar la producción de formas aladas. Las causas de cómo las bajas temperaturas influyen en la producción de alados no es bien conocida (Blackman, 1974).

No obstante que los áfidos muestran uno de los polimorfismos más acentuados en la clase insecta, este problema se magnifica aún más cuando se desea establecer los límites exactos en la determinación de especies. Abundan reportes en la literatura que hacen referencia a la existencia de "formas", "strains" y "razas" dentro de una especie dada. Van Emden et al. (1969), han tratado de poner algún orden al respecto. Según ellos una "forma", se reconoce morfológicamente (por ejemplo por el color) pero que no es necesariamente similar en su constitución genética a otros de la misma forma. Los términos "strain" y "raza" implican diferencias de caracteres que se heredan tales como morfología, bioquímica, comportamiento y características fisiológicas. El término "strain" es apropiado para distinguir poblaciones de áfidos en el laboratorio y el término "raza" es apropiado para reconocer poblaciones de áfidos bajo condiciones de campo.

Una "raza" o "strain" puede estar formado

por uno o más clones. El término "biotipo" está formado a su vez por razas y strains. Resumiendo, la variabilidad que se ha mencionado para *M. persicae* puede extenderse para los áfidos en general. Por lo tanto, la existencia de "strains", "razas" o "biotipos" se han caracterizado por algunos de los siguientes aspectos:

- Por diferencias en morfología y color;
- Por diferencias en la biología, especialmente el ciclo de vida;
- Por diferencia en la preferencia de plantas hospederas;
- Por diferencias en la habilidad de transmisión de virus;
- Por diferencias en el comportamiento de alimentación a través de membranas de "parafilm"; y,
- Por diferencias en la resistencia a insecticidas (van Emden et al., 1969).

DISTRIBUCION DE LOS AFIDOS EN LA PLANTA DE PAPA

De las especies de áfidos que colonizan plantas de papa, *M. persicae* es por lo general más abundante en las hojas más adultas, que están muy cerca al suelo, *A. nasturtii* tiende a colonizar más uniformemente todo el follaje y *M. euphorbiae* prefiere las hojas más jóvenes (Taylor, 1955 y 1962).

Recientemente, Jansson y Smilowitz (1985) efectuaron un estudio con el áfido *M. persicae* en micro-jaulas bajo condiciones de invernadero. Ellos utilizaron los cultivares Katahdin, Norchip y Superior los cuales representan cultivares de largo, mediano y corto período vegetativo, respectivamente. Ellos encontraron que la longevidad de los áfidos criados en hojas bajas de plantas de papa fue mayor que la de áfidos criados en hojas del tercio superior. El tiempo promedio necesario para completar una generación de los áfidos criados en las hojas bajas fue más corto que los valores correspondientes para áfidos criados en las hojas del tercio su-

perior. De la misma manera, la fecundidad total y la proporción intrínseca de crecimiento fueron también más grandes en los áfidos criados en las hojas bajas.

METODOS DE EVALUACION DE LAS POBLACIONES DE AFIDOS

Hay varios métodos de evaluación de las poblaciones de áfidos bajo condiciones de campo. Definitivamente, no hay un método universal para la evaluación de estos insectos, los métodos cambian de acuerdo a la especie, el cultivo, hábitos de biología, etc. Así Heathcote (1972) menciona el método de escalas de infestación, las contadas de áfidos por unidad de área, las contadas por unidad de tiempo, contadas numéricas, etc. Si se muestrea sólo una parte de una planta es aconsejable mencionar, y si es posible describir la unidad de muestreo que se usa.

Raman (1984) menciona entre las ventajas de la contada de áfidos por hoja, con respecto a la contada por planta, las siguientes: 1). Permite detectar las infestaciones de áfidos en las plantas que están demasiado maduras; 2). dá buenos resultados en las áreas posibles para producción de semilla, que sean estudiadas con poca frecuencia y; 3) proporciona datos confiables para la aplicación de aficidas. Pero quizás, la técnica que se usa con mayor frecuencia en la asistencia a los programas de producción de semillas de papa es la técnica de detección de formas aladas por medio de las trampas amarillas de tipo Moe-ricke. Este tipo de trampa a pesar de ser el más errático e inconsistente en cuanto a su eficiencia, debido a lo barato del material para su construcción y a la manera sencilla de su operación, se seguirá usando ampliamente (Taylor y Palmer, 1972).

ESTUDIO DE LA DINAMICA POBLACIONAL DE AFIDOS ALADOS EN TRES LOCALIDADES PRODUCTORAS DE PAPA EN COLOMBIA

El objetivo de este estudio es conocer la dinámica poblacional de los áfidos alados en tres localidades de Colombia en las cuales se cultiva papa, determinar las especies presentes, las épocas de aparición y la

TABLA 1
CARACTERISTICAS DE LAS TRES LOCALIDADES EN LAS QUE
SE EFECTUA EL ESTUDIO

Centro	Ubicación	A.S.N.M.	Temp. X Anual	Precip. Anual	H. R.	Meses Secos	Meses Húmedos
San Jorge	Soacha (Cund.)	2.800 a. 3.400 m.	11.5 ^o C	772 mm.	83%	Dic-Mar y Jul-Sept.	Abr-May y Oct-Nov
Tibaitatá	Mosquera (Cund.)	2.547 m.	12.9 ^o C	649 mm.	78%	Dic-Mar y Jul-Sept.	Abr-May y Oct-Nov
La Selva	Rionegro (Ant.)	2.150 m.	17.0 ^o C	1800 mm.	75%	Dic-Mar y Jul-Sept.	Abr-May y Oct-Nov

fluctuación de las poblaciones durante dos años consecutivos a fin de determinar en forma aproximada el patrón de vuelo de las mismas. Las granjas experimentales del ICA elegidas para realizar el estudio fueron San Jorge, Tibaitatá y La Selva. Estas granjas presentan las características que se mencionan en la Tabla 1.

En cada una de las granjas experimentales seleccionadas, en un sitio representativo de la zona, se instalaron dos trampas permanentes ubicadas a unos 100 metros una de la otra, en las siembras de papa. Las trampas utilizadas son bandejas circulares de 31 cms. de diámetro y 15 cm. de profundidad, de color amarillo canario (amarillo primario del standard británico), con la parte externa pintada de color gris; las trampas se ubicaron sobre mesas de madera de 95 cm. de lado y a una altura aproximada de 45 cm. Las bandejas se llenan con agua hasta las 2/3 partes de su altura (10 cm. aproximadamente) y se adiciona al agua un detergente líquido, con el fin de romper la tensión superficial.

Los muestreos se efectúan una vez por semana y los áfidos recolectados se conservan en alcohol al 90% , para su posterior identificación y conteo. Los áfidos colectados deben almacenarse en alcohol etílico de 90 a 95% (2 volúmenes) y después de una semana se de-

be agregar ácido láctico (1 volumen para completar 3 volúmenes con el alcohol). El uso de alcohol etílico al 60-70% que es muy usado para otros insectos, tiene la desventaja de que produce la degradación de los pigmentos del cuerpo del insecto y algunas veces se produce un colapso de los apéndices (cauda, sifones, etc.) (Eastop y van Emden, 1972).

El montaje de los especímenes se realizó de acuerdo con la siguiente metodología:

La muestra se coloca en un crisol o recipiente pirex y una vez extraído el alcohol al 90% , se adiciona hidróxido de potasio al 10% y se somete al calentamiento leve durante 5 a 10 minutos, sin permitir la ebullición, para evitar la formación de burbujas en el interior del cuerpo del insecto. Inmediatamente, se extrae el hidróxido de sodio y se lavan los áfidos con alcohol etílico al 70% . La deshidratación se efectúa colocando los áfidos en forma sucesiva en alcoholés al 80, 90 y 95% durante 5 a 10 minutos, en cada concentración de alcohol; para el montaje permanente se empleó el líquido de Eastop (Eastop y van Emden, 1972). Posteriormente se efectúa la identificación de especies, en este caso la identificación se hizo siguiendo básicamente los trabajos de Cottier, 1953; Smith et al, 1963; Essig, 1953; y, Bustillos y Sánchez 1977, finalmente se registra el número de individuos por especies.

RESULTADOS Y DISCUSION

Especies colectadas:

Del material colectado en las tres localidades se identificaron las siguientes especies de áfidos: *Amphorophora* sp., *Aphis coreopsidis* (Thom.), *Aphis illinoisensis* Shimer, *Aphis* sp., *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach), *Brevicoryne brassicae* (L.), *Macrosiphum rosae* (L.), *Myzus persicae* (Sulzer), *Pentalonia nigronervosa* (Coquerel), *Rhopalosiphonum latysiphon* (Davidson), *Rhopalosiphum*

padi (L.), y *Sipha flava* (Forbes).

Siete de estas especies fueron capturadas más frecuentemente con relación a las otras, éstas son: *A. coreopsidis*, *A. illinoisensis*, *B. helichrysi*, *B. brassicae*, *M. rosae*, *M. persicae* y *S. flava* (Tablas 2, 3 y 4). Algunas de las características morfológicas usadas en la identificación de los áfidos, se muestran en las figuras 1 y 2.

TABLA 2
NUMERO DE AFIDOS DE CADA ESPECIE COLECTADOS
MENSUALMENTE EN EL CRI "La Selva"

E S P E C I E	1985		1986				TOTAL ESPECIE
	DIC.	EN.	FEB.	MAR.	ABR.		
<i>Amphorophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. coreopsidis</i>	1	1	1	1	19	23	23
<i>A. illinoisensis</i>	0	14	16	22	138	190	190
<i>Aphis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. helichrysi</i>	0	0	0	0	3	3	3
<i>B. brassicae</i>	6	31	55	30	23	145	145
<i>M. rosae</i>	4	6	8	7	29	54	54
<i>M. persicae</i>	1	11	7	15	141	175	175
<i>Pemphigus</i> sp.	0	3	1	3	4	11	11
<i>P. nigronervosa</i>	1	3	1	6	8	19	19
<i>R. latysiphon</i>	0	1	0	0	1	2	2
<i>R. padi</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. flava</i>	0	0	16	0	0	16	16
TOTAL MES	13	70	105	84	366	638	638

TABLA 3
NUMERO DE AFIDOS DE CADA ESPECIE COLECTADOS
MENSUALMENTE EN EL C. N. I. "Tibaitatá"

E S P E C I E	1985							1986				TOTAL ESPECIE
	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	
<i>Amphorophora</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>A. coreopsidis</i>	8	17	7	3	3	25	17	10	29	3	3	125
<i>A. illinoisensis</i>	0	20	8	1	5	5	22	9	17	0	0	87
<i>Aphis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>B. helichrysi</i>	0	15	0	3	0	0	0	2	2	0	0	22
<i>B. brassicae</i>	0	10	21	2	0	0	1	15	28	5	1	83
<i>M. rosae</i>	0	32	36	2	2	1	3	14	16	2	1	109
<i>M. persicae</i>	0	53	31	1	6	3	6	9	23	0	1	133
<i>Pemphigus</i> sp.	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
<i>P. nigronervosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. latysiphon</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>R. padi</i>	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>S. flava</i>	0	1	4	3	1	0	4	15	7	0	1	36
TOTAL MES	8	155	110	16	16	34	53	75	124	10	7	610

TABLA 4
NUMERO DE AFIDOS DE CADA ESPECIE COLECTADOS
EN EL CRI "San Jorge"

E S P E C I E	1985					1986			TOTAL ESPECIE
	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	
Amphorophora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A. coreopsidis	5	2	9	4	1	2	1	0	24
A. illinoisensis	2	9	24	43	14	4	0	1	97
Aphis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. helichrysi	4	1	1	0	1	0	0	0	7
B. brassicae	1	0	0	2	3	1	0	1	8
M. rosae	1	1	3	8	13	6	0	0	32
M. persicae	6	3	2	9	4	3	0	2	29
Pemphigus sp.	0	1	1	0	0	0	1	0	3
P. nigronervosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. latysiphon	1	3	2	3	1	0	0	0	10
R. padi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S. flava	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL MES	20	20	42	69	37	16	2	4	210

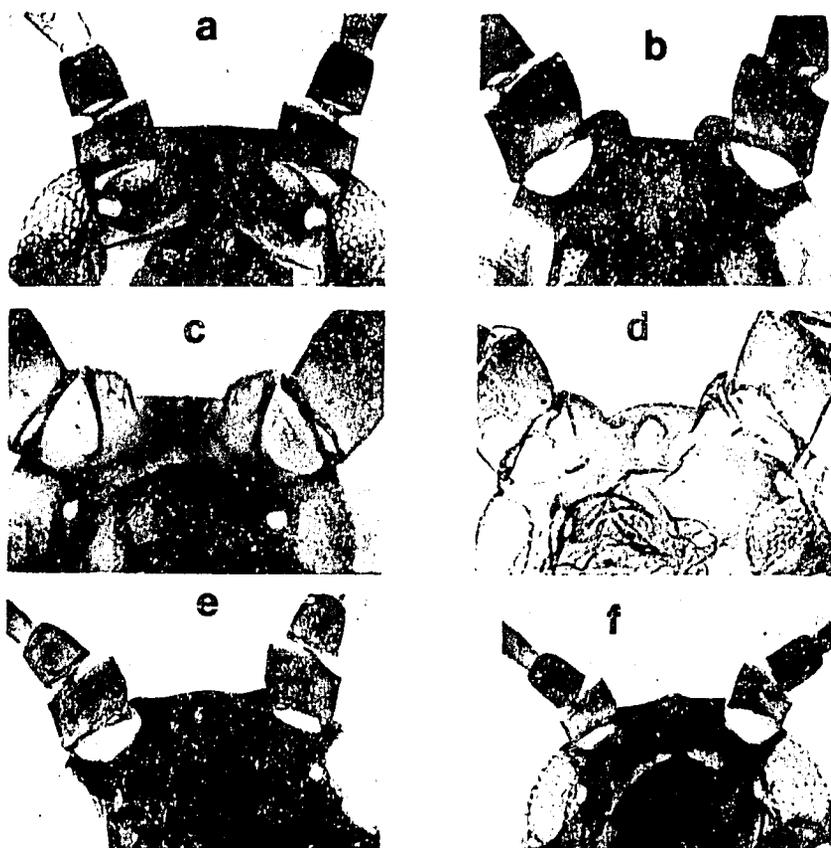


Figura 1 - Características morfológicas de la cabeza de algunas especies de áfidos alados. a) *B. brassicae*. b) *M. persicae*. c) *R. latysiphon*. d) *M. rosae*. e) *A. coreopsidis* y f) *B. helichrysi*.

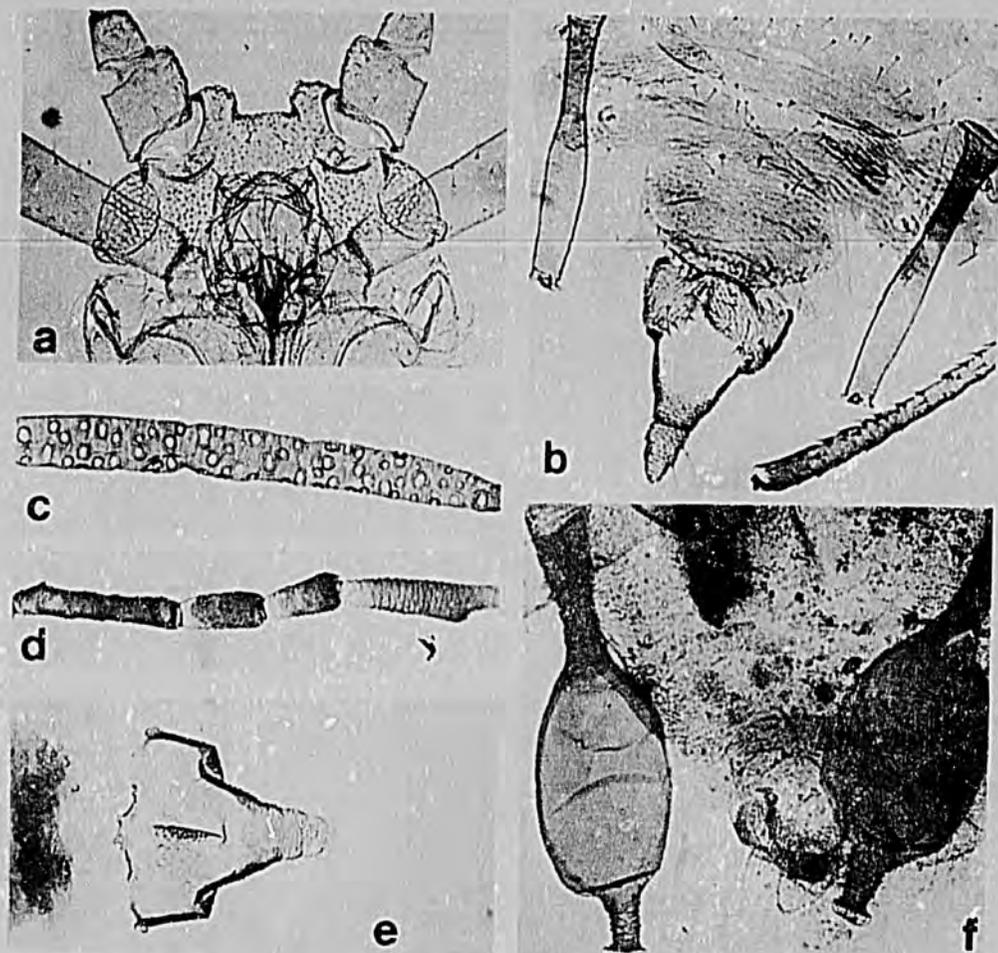


Figura 2 - Características morfológicas de algunas especies de áfidos. a) Cabeza de individuo áptero de *M. persicae*. b) Cauda y sifones de individuo áptero de *M. persicae*. c) Tercer artejo antenal de individuo alado de *B. brassicae*. d) Antena de individuo alado de *Pemphigus* sp. e) Cauda de individuo alado de *B. brassicae*. f) Sifones de individuo áptero de *R. latysiphon*.

En la figura 3, se muestran el número total de áfidos capturados semanalmente, en las tres localidades de muestreo. Se puede observar también que las diferencias en el número de áfidos alados por localidades es muy grande, siendo las capturas de la Selva las más grandes y las de San Jorge las menores.

De los resultados que se muestran en la Tabla 2 se observa que en la Selva, el número total de áfidos alados capturados durante los cinco primeros meses de muestreo fue de 638 individuos y el rango semanal de 3 a 233 individuos. El *M. persicae* está presente casi permanentemente y únicamente en el mues-

treo de febrero 10 de 1986 no se registró ningún alado de esta especie. Se presenta un pico poblacional de *M. persicae* el 28 de abril de 1986, fecha en la cual se recolectaron 100 adultos alados, capturados durante la semana inmediatamente anterior (Fig. 4).

"Tibaitatá" ocupa el segundo lugar en cuanto a número de áfidos capturados (Tabla 3) presentando un total de 610 adultos alados capturados durante los 11 meses de muestreo y el rango semanal de fluctuación de la población es intermedio, variando entre 0 y 60 áfidos capturados. El muestreo máximo se presentó en febrero 5 de 1986, cuando se

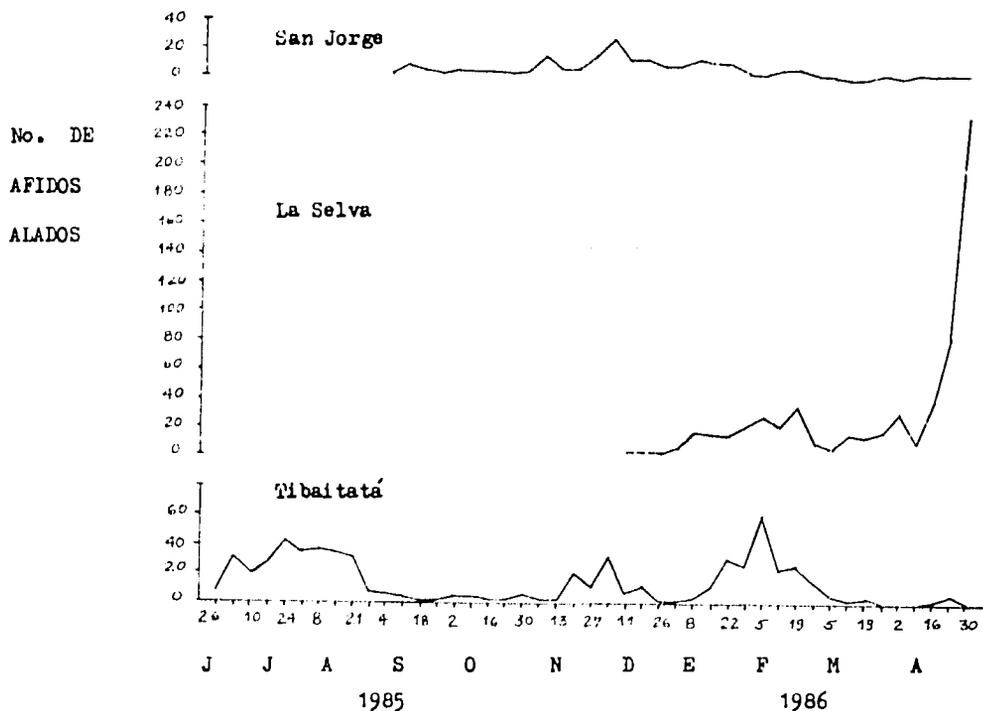


Figura 3 - NUMERO TOTAL DE AFIDOS CAPTURADOS SEMANALMENTE EN TRES LOCALIDADES DE COLOMBIA.

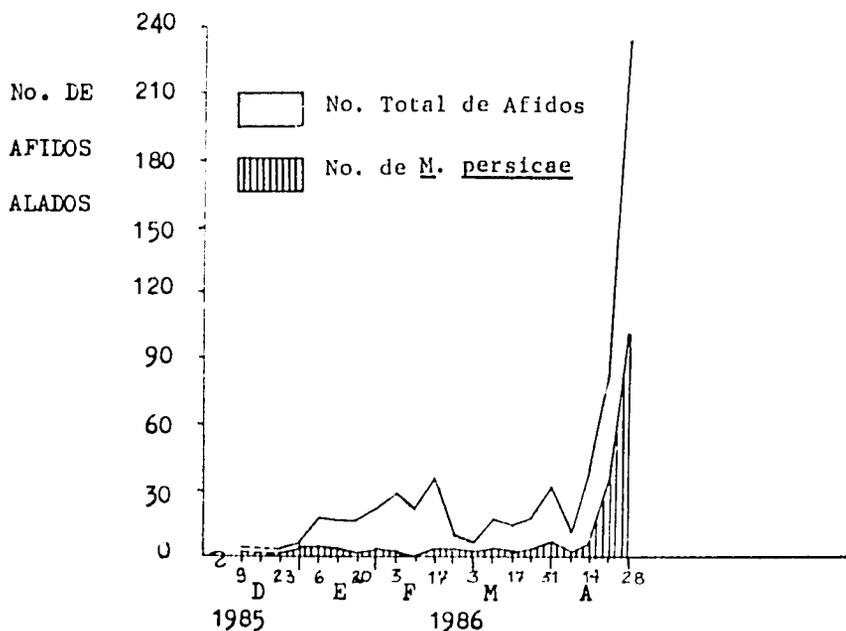


Figura 4 - NUMERO TOTAL DE AFIDOS Y NUMERO DE *M. persicae* CAPTURADOS EN EL CRI "LA SELVA"

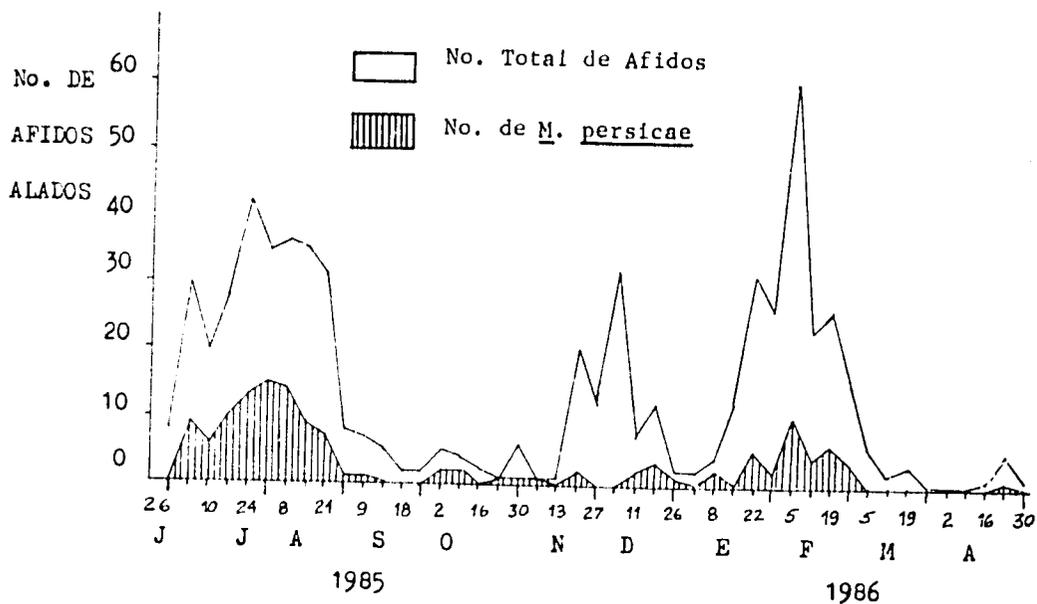


Figura 5 - NUMERO TOTAL DE AFIDOS Y NUMERO DE *M. persicae* CAPTURADOS EN EL CNI "IBAHATA".

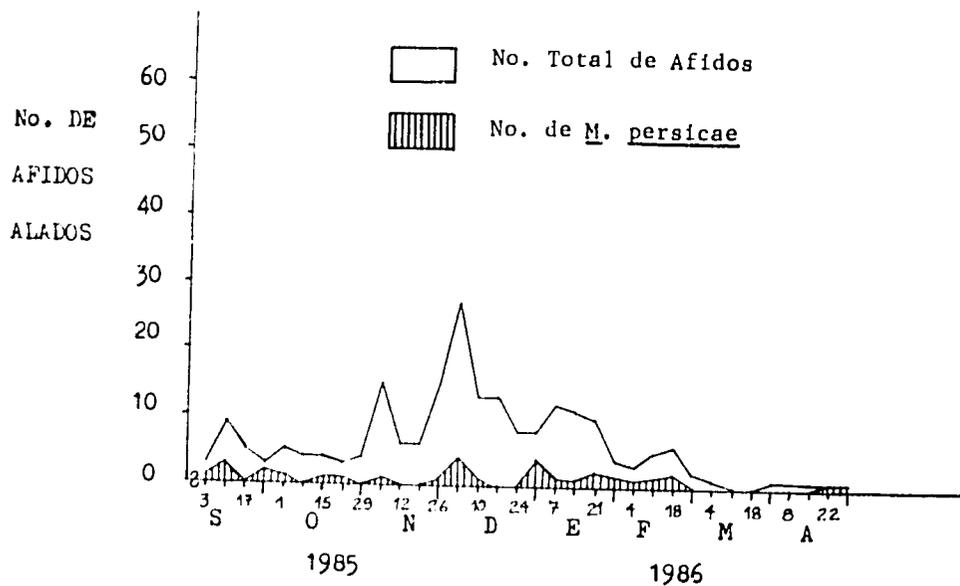


Figura 6 - NUMERO TOTAL DE AFIDOS Y NUMERO DE *M. persicae* CAPTURADOS EN EL CRI "SAN JORGE".

recolectaron 60 áfidos alados capturados durante la semana inmediatamente anterior. No se capturó *M. persicae* durante el período comprendido entre marzo 5 de 1986 y abril 23 de 1986, pero esta especie estuvo presente durante los otros meses, variando el rango semanal de captura entre 0 y 15 adultos alados. El muestreo máximo se presentó en la semana anterior a julio 31 de 1985 (Fig. 5).

"San Jorge" es la localidad que presenta el menor número de áfidos capturados (Tabla 4), 210 individuos durante 8 meses de muestreo y en la cual la fluctuación poblacional fue menor, variando el rango semanal de capturas desde 0 hasta 27 alados. No se presentó *M. persicae* en el período comprendido entre el 25 de febrero de 1986 y el 15 de abril del mismo año; en los otros meses, se capturó con cierta frecuencia, pero en niveles muy bajos, siendo la captura máxima de 4 adultos alados, ocurrida en la semana anterior al 3 de diciembre de 1985 (Fig. 6).

Los resultados parciales que aquí se presentan, demuestran de una manera cuantitativa que la actividad de los áfidos alados está

fuertemente relacionada a la altura sobre el nivel del mar. Se observa que a mayor altura, con bajas temperaturas (Tabla 1), la actividad de los áfidos alados disminuye. Si se considera que una menor actividad de los áfidos alados puede significar una baja eficiencia en la transmisión de enfermedades de la papa causadas por virus (principalmente los virus del enrollamiento y PVY), entonces es fácil deducir que las zonas altas son los mejores lugares para producir semilla de papa de calidad. Los agricultores paperos conocen por su propia experiencia que la mejor semilla de papa proviene de las zonas altas, y por lo tanto, con cierta frecuencia cambian su material de siembra por semilla que proviene de zonas altas.

El presente trabajo confirma de manera cuantitativa que hay diferencias marcadas en cuanto a la actividad de vuelo de los áfidos alados en tres localidades de Colombia que presentan diferencias en su altura con relación al nivel del mar y también, ayudaría a explicar por qué el proceso de degeneramiento del cultivo de papa es más lento en las zonas altas.

LITERATURA CONSULTADA

- BLACKMAN R., 1974. Aphids. Gimm & Company Limited, London and Aylesbury.
- BUSTILLOS, A. y G. SANCHEZ, 1976. Los áfidos en Colombia. Plagas que afectan los cultivos agrícolas de importancia económica. Instituto Colombiano Agropecuario.
- CERMELI, M., 1967. Los áfidos de importancia agrícola en Venezuela y algunas observaciones sobre ellos. 7th. Reunión Lat. Am. de Fitotecnia. ALAF, Caracas.
- COTTIER, W., 1953. Aphids of New Zealand, N. Z. Dept. of Scientific and Industrial Research. Bull. 106.
- EASTOP, V. F. and H. F. van EMDEN, 1972. The insect material. In Aphid Technology. With Special referencia to the study of aphids in the field. Edited by H. F. van Emden, Academic Press. London and New York.
- ESSIG, E. O., 1953. Some new and noteworthy aphidae from western and southern South America. Proceeding of the California Academy of Science, vol. XXVIII (3): 59-164.
- HEATHCOTE, G. D., 1972. Evaluating aphid populations on plants. In Aphid Technology. With Special reference to the study of aphids in the field. Edited by H. F. van Emden, Academic Press. London and New York.
- JANSSON, R. K. and Z. SMILOWITZ, 1985. Development and reproduction of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Ho-

- moptera: Aphididae), on upper and lower leaves on three potato cultivars. *Can. Ent.* 117: 247-252.
- RAMAN, K. V., 1984. Estudio de poblaciones de áfidos. Series CIP de diapositivas didácticas, serie IV-2. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
- SALDARRIAGA, V. A., 1978. Plagas de la papa y su control. En el cultivo de papa. ICA, compendio No. 24, Colombia.
- SMITH, C. F., L. E. MARTORELL y M. E. PEREZ-ESCOLAR, 1963. Aphididae of Puerto Rico, University of Puerto Rico. *Agr. Exp. Stat.* Rio Piedras, Puerto Rico, Tech. paper 37.
- TAYLOR, E. L., 1955. Growth of the potato plant and aphid colonization. *Ann. appl. Biol.* 43: 151-156.
- TAYLOR, E. L., 1962. The population dynamics of aphids infesting the potato plant with particular reference to the susceptibility of certain varieties to infestation. *Eur. Potato, J.* 5: 204-219.
- TAYLOR L. R. and J. M. P. PALMER, 1972. Aerial sampling. In *Aphid Technology*. With special reference to the study of aphids in the field. Edited by H. E. van Emden, Academic Press London and New York.
- VALENCIA, L., y N. CARDENAS, 1973. Afidos (Homoptera-Aphididae) en el valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales. *Rev. Per. de Entomol.* 16 (1): 6-13.
- VALENCIA, L., C. GUERRA y F. GUTARRA, 1975. Los áfidos (Homoptera-Aphididae) del valle Mantaro, plantas hospederas y enemigos naturales. *Rev. Per. de Entomol.* 18 (1): 90-97.
- VALENCIA, L., 1985. Insectos que afectan a las plantas de papa provenientes de semilla botánica. CIP, Curso Internacional de semilla botánica.
- van EMDEN, H. F., V. F. EASTOP, R. E. HUGHES and M. J. WAY, 1969. The ecology of *Myzus persicae*. *Anu. Rev. Entomol.* vol 14.
- van EMDEN, H. F., 1972. *Aphid Technology*. With special reference to the study of aphids in the field. Academic Press. London and New York.
- ZUÑIGA, F., 1969. Lista preliminar de áfidos que atacan cultivos en Chile, sus huéspedes y enemigos naturales. *Fitotecnica Latinoamericana*, 6 (2): 131-155.

**CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS DE PAPA:
LA EXPERIENCIA COLOMBIANA**

Ingeborg Zemer de Polonia

INTRODUCCION

La protección de un cultivo contra los daños causados por insectos y otros artrópodos es un problema que ha ocupado desde tiempos inmemorables la mente de agricultores e investigadores. El objetivo general en estos casos siempre ha sido el de mejorar los procesos de producción mediante el desarrollo de tácticas más efectivas y aceptables para lograr esta protección.

Los métodos o técnicas empleadas en el control integrado de plagas varían considerablemente, pero siempre deben tratar de cumplir con tres factores determinantes:

- Aplicabilidad tecnológica.
- Factibilidad económica y
- Aceptabilidad social.

El entomólogo colombiano Luis María Muriillo (1957), aunque en otros términos ya hace referencia a estos factores al hablar de los estudios relacionados con la represión de plagas en el cultivo de la papa realizados entre 1930 y 1950, señala por ejemplo que en esa época una de las tareas más duras del Entomólogo era la de "iniciar una abierta lucha contra la superchería y la rutina en favor de la técnica renovadora de la agricultura". Hoy en día, el asistente técnico muchas veces encuentra los mismos problemas con los agricultores dedicados al cultivo de la papa. El mismo autor menciona que en aquella época las primeras campañas de control se hacían con productos y equipos de propiedad del Departamento Nacional de Agricultura. En el caso específico del "muque de la papa", *Copitarsia consueta* (Walker) (Lepi-

doptera: Noctuidae), conocido ya desde la época de la conquista y que es una plaga que fuera de actuar como comedor de follaje ocasionalmente se presenta como gusano ejército (Zenner de Polanía y López, 1977), los campesinos por no encontrar un fiador para el préstamo del equipo no tenían acceso a él y las cosechas se perdían.

Entre aquellos tiempos y hoy a la hora de la verdad la situación poco ha cambiado. Los controles recomendados en esa época eran perfectamente aplicables y eficientes, aunque basados en la mayoría de los casos en insecticidas, como por ejemplo el arseniato neutro de plomo contra la pulgilla, *Epitrix* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae). En la actualidad, el costo del control con agroquímicos supera el 10% de los costos totales de producción de papa y esto a pesar de que se cuenta con un plan de manejo de plagas en este cultivo. El agricultor que antes era relucante al uso de insecticidas hoy planea las aplicaciones en forma periódica, sin tener en cuenta, en la mayoría de los casos, las poblaciones de los insectos plagas.

Para implantar el "Manejo Integrado de Plagas" que se define como un sistema, el cual en el contexto del medio ambiente asociado y de la dinámica de población de las especies dañinas, se sirve de todas las técnicas y métodos apropiados, de la manera más compatible posible para mantener las poblaciones de plagas a niveles inferiores a los que causan daños económicos, se requiere un plan agresivo de transferencia, del cual forma parte este "Curso de Control Integrado de Plagas de Papa"

DINAMICA POBLACIONAL DE CUATRO PLAGAS DE LA PAPA

Aunque la filosofía del manejo de plagas siempre es la misma, los planes en los cuales se basa este manejo pueden cambiar de cosecha a cosecha y muchas veces dependen del criterio y de la formación de los asistentes técnicos o Ingenieros Agrónomos responsables del cultivo. Existen una diversidad

de factores bióticos y abióticos, previsible o no, que influyen en la relación huésped-plaga, y todos deben ser conocidos y aprovechados si es del caso. Como factor punto de vista manejo integrado de plagas de la papa.

En los años anteriores a la fecha inicial del análisis ya se habían establecido los niveles de daño económico para estas dos plagas, recomendando desde 1968 en adelante el uso de la jama o red entomológica para la toma de muestras en los campos comerciales. Los niveles establecidos que justifican una medida de control fueron los siguientes: Tostón, desde la germinación hasta el comienzo de la floración 10 a 15 adultos en 10 pases dobles de jama. Pulguilla: desde germinación a comienzos de floración: 10 adultos en 10 pases dobles de jama (Zenner de Polanía, 1986).

Con base en los datos de campo obtenidos utilizando siempre para la toma de muestras los 10 pases dobles de jama, repetidos en cuatro sitios por lote, y luego promediados, se elaboró la Figura 1. Las parcelas en las cuales se hacían las colecciones nunca recibían aplicación de insecticidas y formaban parte de la experimentación sobre control químico y otros aspectos de manejo de las dos especies de insectos. Para fines del histograma se utilizó el valor acumulado del número promedio de adultos capturados se-

manalmente a partir del mes y medio de haber sido sembrada la papa hasta la floración (tres meses después de la siembra).

Al analizar los histogramas de las dos poblaciones a través de los años, resaltan en primer término las continuas bajas poblaciones del *L. quadrata* (promedio acumulado menor de 25 adultos en seis semanas) a partir del primer semestre de 1975. Ya en los años de 1968 y 1969 se habían detectado poblaciones bajas (65, 33 y 24, 16) de este insecto, pero luego sus poblaciones seguían fluctuaciones normales. La disminución drástica se atribuye a las heladas que precisamente comenzaron a presentarse a la Sacana de Bogotá en diciembre de 1967, y que a partir de diciembre de 1974 se presentaron cada año entre los meses de diciembre y febrero. Las siembras de papa del semestre B se realizan por lo general alrededor de la segunda quincena de septiembre, de tal manera que la parte aérea del cultivo, que alberga los estados inmaduros del Tostón y sirve de alimento a los adultos, es por lo menos parcialmente destruido por las temperaturas bajo 0°C (Lámina 39).

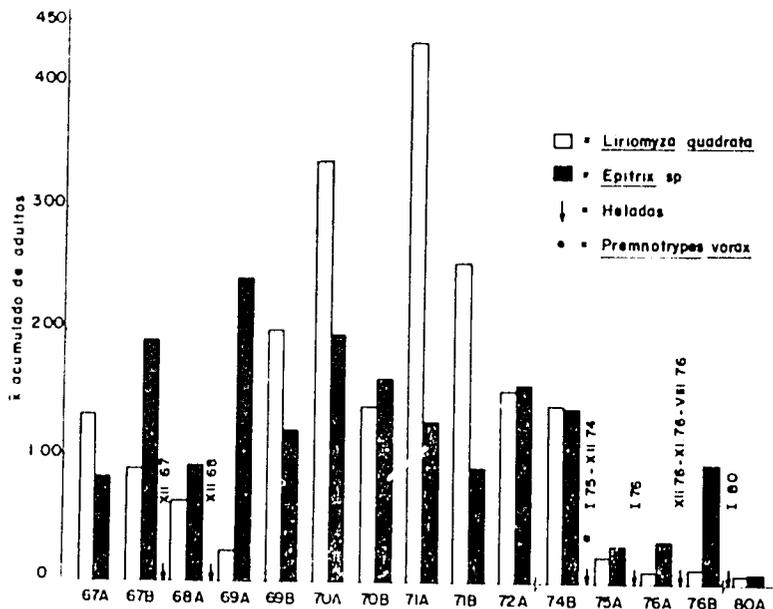


Figura 1 - Histograma de poblaciones de tostón y pulguilla en el C. N. I. "Ibitaitá", 1967-1980.

Los huevos del tostón son colocados debajo de la cutícula en el envés de los folíolos; las larvas se alimentan del mesófilo en la misma parte de la planta (Sanabria, 1964), así que solamente las pupas que se encuentren en o sobre la tierra alrededor de las plantas son capaces de sobrevivir a las heladas. Como hecho agravante para el tostón se puede indicar que el único huésped conocido de este insecto es la papa (Posada et al., 1986), por lo cual la recuperación de la población y la existencia del insecto depende prácticamente de las siembras escalonadas de este cultivo, modalidad no recomendada pero muy practicada en el medio, y de las toyas, que corresponden a las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos dejados en el campo durante la cosecha.

En cuanto al mosco o pulguilla, insecto comedor del follaje, considerado siempre de mayor impacto económico que el tostón (Murillo, 1957), las heladas no pueden considerarse como factor de mayor influencia en la disminución de sus poblaciones. Los adultos tienen una serie de malezas y plantas cultivadas como fuente de alimento, muchas de las cuales muestran cierta resistencia o tolerancia a las bajas temperaturas. Las larvas permanecen en el suelo alimentándose de raíces y de tubérculos, empupan

en el suelo y escapan así completamente al efecto de este fenómeno climático.

La drástica disminución en el promedio acumulado de pulguilla en el primer semestre de 1975 se atribuye a las aplicaciones de insecticidas al suelo en el momento de la siembra de papa para el control de *P. vorax*. Es plaga, ausente en Tibaitatá hasta 1974, ya al año siguiente a su introducción mediante semilla infestada con larvas, había cobrado tanta importancia que requería un control químico a base de carbofuran G. Este material también ejerce una represión adecuada de las pulguillas (Zenner de Polanía, 1986; Furadán, 1982) haciendo innecesarias otras medidas de control contra el crisomélido de esa época en adelante.

En la Figura 2 se comparan en forma detallada las poblaciones de dos insectos durante mes y medio hasta la floración, en lotes testigo, antes y después de las heladas y de la introducción del *P. vorax* a Tibaitatá.

En 1967 B hasta los 69 días después de la siembra del cultivo el número de adultos del tostón capturado se encontraba siempre por encima del nivel de aplicación, de allí en adelante no llegó al nivel de 10 adultos por 10 pases dobles de jama. En 1976 B la

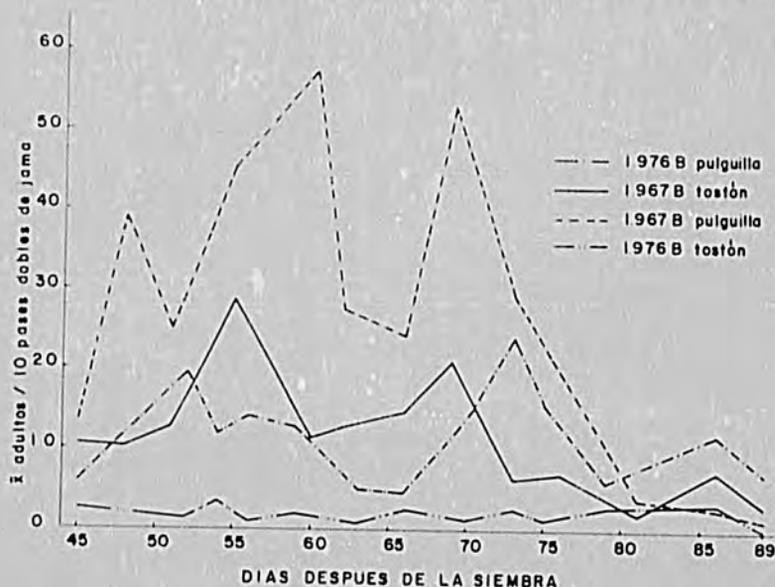


Figura 2 - Comparación de la fluctuación de las poblaciones de tostón y pulguilla 1967 B y 1976 B.

población de este insecto nunca alcanzó este nivel. En cuanto a *Epitrix*, en el segundo semestre de 1967 las poblaciones se encontraron siempre por encima del nivel hasta los 76 días, mientras que en 1976 B el nivel de más de 15 adultos durante los 45 días de conteos sólo se alcanzó a los 55 y a los 69 días después de la siembra, respectivamente. Vale la pena recalcar que éste fue el último año de siembras de papa

donde se registró el nivel de aplicación.

Desde el primer semestre de 1980 hasta ahora, los dos insectos no se han vuelto a presentar en poblaciones que alcancen los niveles de advertencia económica preestablecidos. Los adultos de *L. quadrata* ya no se observan en el campo y las poblaciones de *Epitrix* se consideran escasas en los cultivos de papa del centro.

MUQUE DE LA PAPA

El nivel que justifica una medida de control contra este comedor de follaje fue determinado como una larva pequeña por planta desde la germinación hasta el aporque, y de allí en adelante tres o más larvas pequeñas (Zenner de Polanía, 1986).

Durante el período que se está analizando, estos niveles solamente se observaron después de períodos secos prolongados o al hacer el control de malezas en forma inoportuna.

La larva de *Copitarsia consueta* es prácticamente omnívora y aunque prefiere cultivos de hoja ancha, ocasionalmente se alimenta de gramíneas (Posada et al., 1986). La única maleza sobre la cual se ha registrado el muque y que es preferida sobre la papa es la guanola, *Polygonum segetum* (Posada et al.,

1986; Zenner de Polanía y López, 1977), la cual juega un papel muy importante en el manejo de este insecto. Al controlarla, las larvas migran inmediatamente al cultivo de la papa, pudiendo ocasionalmente causar daños considerables. Así, antes de recomendar el control de esta maleza hospedante del muque, debe revisarse cuidadosamente en búsqueda de larvas pequeñas, para evitar una sorpresa desagradable.

Contra estos tres insectos, a pesar de estar prácticamente ausentes en el cultivo de la papa de la actualidad, el agricultor realiza por lo menos tres aplicaciones de insecticidas. De acuerdo a la Federación Colombiana de Productores de Papa, FEDEPAPA (1985) el costo de estas tres aplicaciones asciende a \$6.750.00/ha y representa el 2.10% del costo total de producción.

GUSANO BLANCO DE LA PAPA 1975 — 1985

El costo total del control de esta plaga se estima para el primer semestre de 1986 en \$18.800, representando así un solo insecto el 5.85% del gasto total para la producción de una hectárea de papa (Fedepapa, 1985).

Al CNI "Titaitatá" el *P. vorax* fue introducido accidentalmente a fines de 1973 en semilla de papa procedente del páramo, donde la plaga aparentemente había coevolucionado con el cultivo. Ya en 1975, al realizar el primer ensayo de control de esta plaga en predios del mencionado Centro de Investiga-

ción, el porcentaje de tubérculos afectados por larvas de la plaga fue mayor del 50% (Figura 3).

A raíz de las pérdidas que sufrían las siembras del segundo semestre por las heladas, de este año en adelante los ensayos solo se sembraban en el primer semestre y los datos que se presentan en la Figura 3 corresponden a los porcentajes de tubérculos dañados por la plaga en los testigos absolutos de los experimentos. Los histogramas de los porcentajes de 1975 a 1979 corresponden a un lote de-

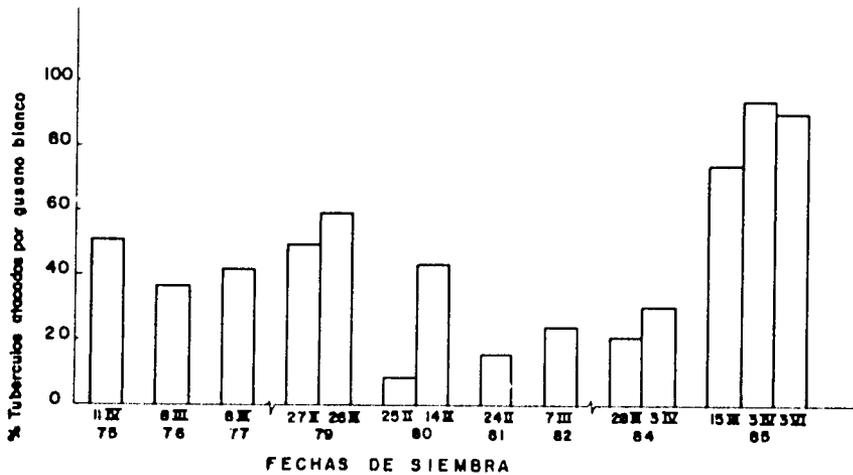


Figura 3 - Análisis de fechas de siembra y ataque de *Premnotrypes vorax* en Tibaitatá.

terminado y aquellos de 1980 en adelante a otro lote del Centro.

Considerando como nivel crítico un 5% de tubérculos afectados, las pérdidas económicas ascenderían en promedio a 800 kg/ha con un valor de \$16.733,33 y el costo del control a \$18.800.00. Estos cálculos se basan en los estimativos de Fedepapa (1985) que indican un rendimiento promedio de 16 toneladas/ha y la carga de papa (120 kg.) vendida en el mercado mayorista a \$2.510.00. Como se deduce de la Figura 3, el nivel de daño siempre estuvo muy por encima del crítico y solamente en la siembra de febrero de 1980 se presentó un nivel cercano, 8% de tubérculos afectados. Esto indica claramente la necesidad de tomar siempre medidas contra el gusano blanco de la papa en áreas donde se ha detectado este insecto.

En la misma figura y al comparar siembras realizadas en meses contiguos de un mismo año se puede observar la tendencia de que

siembras tardías o atrasadas sufren mayores ataques que las siembras tempranas. Con un mes de diferencia en 1979, por ejemplo, el porcentaje de tubérculos afectados aumentó en un 10%. Las siembras realizadas en febrero muestran en general una menor infestación que aquellas hechas en marzo y éstas a su vez una menor infestación que los cultivos sembrados en abril. Esta tendencia puede explicarse si se relacionan la fecha de siembra con el estado en que se encuentra la mayoría de la población del *P. vorax* en el momento de la preparación del suelo (Lámina 3).

Entre más temprano se ara y rastrilla, un mayor número de celdas pupales serán destruídas y consecuentemente disminuirá la población futura de adultos. Al preparar el terreno en forma tardía ya estos adultos están formados y la buena preparación del suelo no tendrá el efecto negativo sobre la población que se espera lograr con esta práctica cultural.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos al analizar los cambios en las poblaciones de las plagas de la papa en los últimos años se deben hacer las siguientes advertencias para la

utilización del plan de manejo de plagas de la papa expuesto por Zenner de Polanía (1986).

1. La buena preparación del suelo debe hacerse lo más temprano posible; igualmente debe preferirse el mes de febrero para las siembras y evitar al máximo siembras tardías.
2. La aplicación de insecticidas en el momento de la siembra es indispensable contra el gusano blanco de la papa inclusive en áreas de reciente establecimiento de la plaga.
3. La determinación de la presencia del muque de la papa sobre la maleza gualola debe hacerse antes de la destrucción de ella.
4. Evitar las aplicaciones innecesarias contra el tostón y la pulguilla; sin embargo, se debe estar pendiente de los niveles establecidos para cosechas futuras.
5. En zonas donde se presentan heladas con regularidad, el *Liriomyza quadrata* deja de ser plaga de importancia económica y por lo tanto no requiere de ningún tipo de control.
6. Revisar periódicamente el plan establecido, e introducir cambios si los resultados de investigación así lo requieren.

Las recomendaciones son válidas para los Departamentos Paperos de Cundinamarca y Boyacá. Para otras áreas del país donde se cultiva este tubérculo los ajustes al plan debe hacerse basado en investigaciones continuadas sobre la dinámica de población de las diversas especies insectiles que atacan al cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- FEDEPAPA, 1985. Costo de producción por hectárea para cultivo de papa Semestre A/86. Bogotá, FEDEPAPA, Departamento Técnico. Boletín No. 80. 4 p.
- FURADAN, 1982. En: Farm Chemical Handbook'82. Section C: Pesticide dictionary. Wiloughby, Ohio. Meister Publishing Company, p. C. 137.
- MURILLO, L. M., 1957. 30 años de Sanidad Vegetal. Historia de una Vida. Rev. Acad. Col. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. X No. 39. V-XXII.
- POSADA-OCHOA, L., 1986. Lista de insectos y ácaros en malezas y plantas silvestres de Colombia. Bogotá, I. C. A. 117 p. (en imprenta).
- POSADA-O., L.; POLANIA, I. Z. de; AREVALO, I. S. de; SILDARRIAGA, V. A.; GARCIA, R. F.; CARDENAS, M. R., 1986. Lista de insectos dañinos y otras plagas de Colombia. 4a. ed. Bogotá, I. C. A. 662 p. (en imprenta).
- SANABRIA, I., 1964. Estudios Biológicos del tostón de la papa, *Liriomyza quadrata* Malloch (Orden Diptera, Familia Agromyzidae). Bogotá, DIA. 2 p. (mimeografiado).
- ZENNER DE POLANIA, I., 1986. Guía general de manejo de plagas en el cultivo de la papa. I. C. A., Bogotá, 36 p.
- ; A. LOPEZ., 1977. Hábitos alimenticios del muque de la papa *Copitarsia consuetata* en la Sabana de Bogotá. Resúmenes. IV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá, Junio 22 al 24 de 1977. p. 22.

**CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS CON REFERENCIA ESPECIAL
AL CULTIVO DE LA PAPA**

Fausto H. Cisneros

CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS CON REFERENCIA ESPECIAL AL CULTIVO DE LA PAPA

1. EL CONCEPTO DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

El Control Integrado como un sistema especial de enfocar el control de plagas ha venido consolidándose progresivamente en los últimos veinte años. Viene a constituir una respuesta al hecho de que los métodos tradicionales de protección de cultivos, incluyendo el uso de insecticidas, con frecuencia no proveen un control satisfactorio de las plagas. Muchos componentes del sistema no son precisamente nuevos; entre ellos están las prácticas culturales, rotaciones, variedades resistentes, enemigos naturales y aún el control químico. Sin embargo, hay diferencias sustanciales en el concepto y en la implementación.

En el Control Integrado de Plagas existe un permanente análisis de las debilidades de cada uno de los métodos de control desde una perspectiva ecológica y busca superar esas debilidades haciendo compatibles varias técnicas. El campo agrícola es visto como un agrosistema con muchas interacciones que afectan a las plantas, a las plagas y a los enemigos naturales de éstas. El énfasis del control recae en aquellos factores que proveen mortalidad permanente, y en lo posible de ocurrencia natural, y sólo excepcionalmente se recurre a la represión temporal (generalmente control químico) y en estos casos se busca un efecto selectivo. De esta manera se trata de evitar o retardar el desarrollo de resistencia a los insecticidas y a la aparición de

nuevas plagas que se han convertido en los factores limitantes más serios en la protección de cultivos. Adicionalmente se disminuye los problemas de residuos, intoxicaciones y contaminación ambiental.

En cuanto a su implementación se establece un sistema de evaluación periódica ("monitoreo") de la plaga y sus enemigos naturales en el campo y se establecen niveles de daño económico para las denominadas plagas claves. Una definición propiciada por el panel de expertos en Control Integrado de Plagas de FAP/UNEP es la siguiente:

"Control Integrado de Plagas es un sistema de manejo de plagas que, en el contexto de un medio ambiente y la dinámica poblacional de una plaga, utiliza todas las técnicas y métodos adecuados de una manera compatible y mantiene a la población de la plaga debajo del nivel en que causa daño económico". El Control Integrado de Plagas es sinónimo de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

En la actualidad el Control Integrado no se limita al problema de plagas, sino que incluye además al control de enfermedades y malezas. Por esta razón podría llamársele también Protección Integrada de Cultivos.

2. LIMITACIONES DEL CONTROL UNILATERAL

Con la excepción de algunos casos exitosos de control biológico contra ciertas plagas, raramente la aplicación de un sólo método de control ha mostrado un éxito duradero. Esto se debe principalmente a que las plagas son entes dinámicos y responden a los cambios que se introducen al ecosistema agrícola. El cambio de una práctica cultural puede restringir el desarrollo de una plaga y favorecer otras; plantas resistentes pueden dar lugar al desarrollo de nuevos biotipos de la plaga; pero, sobre todo, es el control químico, el que usado como única o principal forma de represión de plagas, genera evidentes y graves limitaciones en el control de las plagas.

Es justo reconocer que los pesticidas en general han contribuido significativamente a la protección de la salud del hombre, de los animales y de los cultivos en los últimos cuarenta años. Hay cientos de estos productos entre insecticidas, fungicidas, nematocidas, rodenticidas, herbicidas, etc. que se aplican intensamente (11.500 millones de dólares en 1980); constituyendo la forma predominante de protección de cultivos.

Por mucho tiempo han demostrado ser efectivos y baratos, incrementando rendimientos y hasta constituyéndose en una especie de seguro contra eventuales pérdidas. Pero con el tiempo se ha hecho evidente una serie de limitaciones además de que, con frecuencia, han dejado de ser efectivos y baratos.

Limitaciones económicas. El precio de los insecticidas se ha incrementado en forma significativa en años recientes. Con frecuencia el uso intensivo tradicional de insecticidas eleva los costos de producción de tal ma-

nera que el cultivo difícilmente resulta rentable. Esto es particularmente dramático entre agricultores pequeños o medianos que trabajan terrenos marginales o cuando los precios de las cosechas son inestables; pero aún los grandes agricultores dedicados a cultivos de exportación pueden ser víctimas de esta situación. El incremento de los precios de los insecticidas parece ser un proceso irreversible pues es evidente que los costos de investigación y producción de nuevos productos son cada vez mayores.

Limitaciones en la efectividad. Se ha hecho evidente en todas partes que en la actualidad las plagas son más difíciles de matar que en el pasado. La mayoría de los insecticidas, si no todos, ha ido progresivamente perdiendo efectividad, llegando a registrarse numerosos casos en que aún las dosis masivas resultan inefectivas.

Esto se debe a que las plagas han desarrollado resistencia a los productos químicos, y la tasa de ocurrencia de este fenómeno es creciente. Se estima que existe una tendencia exponencial en el registro de nuevos casos por año. La resistencia a los insecticidas constituye una de las limitaciones más serias en la protección moderna de cultivos, conjuntamente con la generación de nuevas plagas. La tasa de descubrimiento de nuevos insecticidas para contrarrestar el problema de resistencia no puede mantener el ritmo acelerado de aparición de nuevos casos de resistencia. Parece ser que la única alternativa para revertir esta tendencia sería una disminución en la intensidad del uso de los pesticidas con el objeto de reducir la presión de selección que éstos ejercen sobre las poblaciones de insectos.

Son diversas las plagas de la papa que han desarrollado resistencia a los insecticidas. El

áfido verde de la papa y el durazno, *Myzus persicae*, que es un importante vector de virus en papa, ha desarrollado resistencia a la mayoría de los insecticidas registrados para ser usados en papa (Radcliffe et al., 1979). En la costa del Perú, *Scrobipalpa absoluta* ha desarrollado resistencia progresiva a DDT, paratión etílico, paration metílico y otros insecticidas fosforados y más reciente a insecticidas piretroides. La polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) ha desarrollado resistencia a productos clorados, fosforados, carbamatos y piretroides (Collantes, 1984).

La mosca minadora, *Liriomyza huidobrensis* ha desarrollado resistencia a la mayoría de los productos clorados y fosforados en la Costa del Perú. El escarabajo de Colorado *Leptinotarsa decemlineata* (Say) ha desarrollado resistencia a insecticidas clorados, fosforados y carbamatos en muchas partes de los Estados Unidos (Harris & Svec, 1981).

Inducción de nuevas plagas y "resurgencia". Los insecticidas afectan severamente las poblaciones de insectos benéficos (parasitoides y predadores) que en forma natural se encuentran reprimiendo a las plagas y a otros insectos fitófagos en grado variable. La destrucción de los enemigos naturales produce el fenómeno de "resurgencia" que consiste en la rápida recuperación de la plaga principal pudiendo llegar a niveles mayores que los previos a la aplicación de insecticidas. Pero mucho más importante es el efecto de destruir a los enemigos naturales de las plagas potenciales, es decir de aquellos insectos que se mantenían en poblaciones bajas sin causar daño económico. Al desaparecer la represión biológica natural se incrementan esas poblaciones y algunas llegan a alcanzar

el nivel de plaga. Se trata de las llamadas "nuevas plagas" o "plagas inducidas" o "plagas secundarias".

Las plagas inducidas pueden resultar más difíciles de combatir que las plagas primarias, pues suelen sobrevivir a los tratamientos contra éstas.

En la costa central del Perú se considera que la emergencia de la "mosca minadora" como plaga clave en las dos últimas décadas es el resultado de las intensas aplicaciones que se utilizan contra *Scrobipalpa absoluta*. En la actualidad la mayor cantidad de insecticidas que se usa en papa de la costa está orientada a controlar la mosca minadora.

Existen sospechas de que las apariciones crecientes de la mosquita de los brotes *Prodiplosis* y del ácaro blanco *Poliphagotarsonemus latus* estén asociadas con las aplicaciones de insecticidas contra otras plagas.

Residuos tóxicos y contaminación ambiental. Los problemas de resistencia, resurgencia y aparición de nuevas plagas obligan a que el agricultor incremente las dosis de aplicación, reduzca los intervalos entre aplicaciones, y recurra a la mezcla de insecticidas. Las implicancias económicas resultantes son serias. Pero además se crean dos problemas importantes: los residuos en las plantas y la contaminación ambiental. Por residuo se entiende la cantidad de insecticida o sus metabolitos tóxicos que quedan en la superficie o dentro de la planta al momento de la cosecha. Por contaminación del medio ambiente, a la forma en que el pesticida permanece en el suelo, es acarreado por el aire a las áreas vecinas, y se introduce en las aguas de las acequias, ríos y lagunas; amenazando así la salud del hombre, a los animales domésticos y silvestres, a los insectos polinizadores y a otros seres benéficos.

3. ANALISIS DEL PROBLEMA DE PLAGAS

Desde el punto de vista del Control Integrado, las plagas son consideradas como parte del ecosistema agrícola, o agroecosistema, y participan de su dinámica. Se trata de un

ecosistema artificial caracterizado por la dominancia de una o algunas especies de plantas (las plantas cultivadas) como resultado de la intervención del hombre, quien

no solamente las ha sembrado sino que las protege de otras plantas competidoras (malezas) y de sus enemigos (plagas y enfermedades).

Con frecuencia esas plantas provienen de largos procesos de selección habiendo adquirido cualidades distintas a las formas silvestres.

Los cambios en la morfología, fenología, constitución química, y fisiología de las plantas, se consideran favorables para el hombre pero con frecuencia también resultan favorables para ciertas plagas.

Por otro lado, en el agroecosistema se destruyen las relaciones interespecíficas y los mecanismos de regulación de las densidades de sus componentes que se desarrollan históricamente en forma natural en cualquier ecosistema. Se crean condiciones nuevas como la reducción de la variabilidad genética de la planta cultivada, la uniformidad en los estados de desarrollo de la planta en grandes extensiones y la utilización de ciertas prácticas como riesgos, fertilizaciones, destrucción de malezas, etc. Aquellas especies de insectos que en variabilidad adaptativa pueden armonizar su desarrollo con las nuevas condiciones se vuelven numerosos y se convierten en plagas. Si entre las nuevas condiciones está el uso de insecticidas las poblaciones de insectos se vuelven resistentes.

Los agroecosistemas son menos complejos que los ecosistemas naturales y por consiguiente menos estables. Aún así, se mantienen una serie de interacciones complejas entre sus componentes de modo que cualquier cambio biológico, físico y químico en un factor generalmente impacta en otros factores.

Posición de equilibrio de las plagas. Los insectos fitófagos vienen a ser un componente del agroecosistema. Su interacción con otros componentes determinan los niveles de sus poblaciones y variaciones. El promedio de la densidad de una población se denomina "posición de equilibrio". Así, algunas especies, generalmente muy pocas,

son permanentemente abundantes y provocan serios daños a los cultivos, se les llama "plagas claves". Otras especies suelen incrementarse en ciertas épocas y disminuir en otras; son las "plagas ocasionales". Finalmente, un buen número de especies permanecen a bajos niveles, sin causar reducción en las cosechas, por lo que se les considera sólo "plagas potenciales" o simplemente fitófagos sin importancia económica.

De todos los factores presentes en el ecosistema algunos son considerados "factores claves" porque son los que tienen efecto directo sobre las poblaciones de insectos; entre ellos pueden estar las prácticas agronómicas, la presencia o ausencia de enemigos naturales, los altos o bajos niveles de resistencia o tolerancia de las plantas, o las condiciones macro y micro climáticas. Cualquier cambio en los factores claves conlleva cambios en las densidades de las poblaciones de insectos aunque estas respuestas no sean inmediatas. Por estos cambios una plaga clave puede dejar de serlo y, al contrario, un insecto sin importancia económica puede convertirse en plaga clave.

Niveles de daño económico. En el Control Integrado se rechaza la idea de que todo insecto que está consumiendo alguna parte de la planta necesariamente justifica una acción de control, digamos una aplicación de insecticidas. Es necesario conocer el efecto real que esa población de insectos tiene en reducir la cosecha. En la literatura sobre experimentos con insecticidas es frecuente encontrar casos en que el producto es eficiente matando a los insectos pero los rendimientos de las parcelas tratadas y no tratadas rinden cosechas similares. En gran parte, esto se debe a que las plantas tienen la capacidad para cierto grado de daño sin reducir su rendimiento. Sólo cuando la población sobrepasa ciertos niveles, dependiendo de las variedades, estado de desarrollo y otros factores, la cosecha disminuye. Estas densidades críticas se denominan "umbrales económicos" o niveles de daño económico.

En realidad cualquier disminución en la cosecha puede considerarse una pérdida verda-

dera. Pero en la definición del nivel de daño económico se incluye el costo de la medida de control de la plaga, de modo que el "límite" viene a ser "aquella densidad debajo de la cual el costo de la medida de control excede del daño causado por la plaga". Si la densidad de la plaga excede ese límite sin que se apliquen medidas de control se produce una pérdida económica mayor que la necesaria.

Sólo teniendo una idea razonablemente clara de la correlación entre los niveles de infestación y la magnitud de los daños, más el costo de la medida de control, se pueden tomar decisiones adecuadas. La presencia de niveles subeconómicos de insectos fitófagos no solamente no afectan los rendimientos sino que permiten la presencia e incremento de parasitoides y predadores.

4. LINEAMIENTOS PARA PROGRAMAS DE CONTROL INTEGRADO

Los programas de control integrado tienen que ser diseñados para las condiciones especiales de una localidad pues deben responder a muchas variables específicas como el sistema de cultivo, el complejo de plagas, las condiciones climáticas, los valores económicos, el nivel de tecnología, la disponibilidad de personal y otros factores.

La FAO ha publicado lineamientos para la implementación del Control Integrado de Plagas en algodón (Falcon y Smith, 1973), arroz (FAO, 1979) y maíz (Bottrell, 1979; van Huis, 1981). La Universidad de California ha publicado recientemente manuales para el Control Integrado de Plagas de arroz, tomate, alfalfa, algodón, coles, nueces, almendras y cítricos. Lineamientos generales para la implementación del sistema han sido presentados por Huffaker (1972) para insectos; Apple (1977) para enfermedades; Buchanan (1976) y Shetty et al, (1977) para malezas. Bottrell (1979) presenta una revisión del Control Integrado de Plagas muy didáctica y algunas de sus ideas sobre la implementación de tales programas han sido tomadas en consideración en este texto.

Analizar la condición real de los insectos considerados plagas. Es necesario establecer cuales especies caen en las categorías de plagas claves, plagas ocasionales e insectos sin importancia económica. Las "plagas claves" constituyen el punto focal del análisis y del manejo de las medidas de control porque sino se toman medidas contra estas plagas ellas persisten y causan daños económicos.

Las plantas de papa pueden hospedar decenas de insectos. Algunos pocos, como los áfidos y el complejo de polilla de la papa, suelen ser plagas claves en diversas partes del mundo. Otras especies como los gorgojos de los Andes o el escarabajo de Colorado son plagas claves en sus respectivas áreas de distribución. En áreas más restringidas caen en esta categoría la mosca minadora (en la costa del Perú) y *Epitrix* spp. (en algunas partes de la sierra del Perú).

También deben establecerse las especies consideradas "plagas ocasionales" y su tendencia estacional. Por lo menos debe tenerse el registro de las "plagas potenciales". Todas estas especies generalmente están bajo la presión de un adecuado control natural y estas condiciones deben mantenerse en lo posible.

Establecer niveles de daño económico para las plagas claves y ocasionales. La determinación de los niveles de daño económico es una tarea muy difícil. En forma ideal tendría que basarse sobre evaluaciones precisas de la interacción: nivel de infestación/reducción de cosecha, más los conocimientos de los costos de control. Los numerosos factores que afectan la relación infestación/daño y las múltiples dificultades experimentales para obtener y mantener los niveles de población deseados, hacen que las determinaciones precisas, aún disponiendo de los recursos necesarios, requieran de experimentos a largo plazo. En la mayoría de los casos, el agricultor no puede esperar tanto tiempo. Por eso

en la práctica, los límites de daño económico inicialmente se suelen fijar en forma tentativa, provisional, basada en la experiencia de personas conocedoras del problema. Estos límites iniciales deben ser revisados y reajustados según las nuevas observaciones y, sobre todo, mediante experimentos especialmente diseñados.

En muchos casos es necesario establecer diferentes niveles según el estado de desarrollo de la planta. En la aplicación práctica de los niveles hay que tener en cuenta una serie de consideraciones adicionales, como, por ejemplo, la presencia simultánea de otra y otras plagas cuyos efectos pueden ser aditivos, sinérgicos o aún antagónicos.

Muy poco se ha hecho en relación al establecimiento de niveles de daño económico para las plagas de la papa. La escasa información se refiere a condiciones de los Estados Unidos incluyendo plagas como áfidos y cigarrillas verdes (Radcliffe et al., 1979) y el escarabajo de Colorado (Logan, 1981).

Algo se está haciendo en el Perú respecto a la mosca minadora, pero, en general se trata de un área que requiere mucha atención en los países en desarrollo.

Desarrollar técnicas de evaluación de plagas o "monitoreo". Las evaluaciones periódicas de las poblaciones de insectos en los campos son esenciales en todo programa de Control Integrado de Plagas. Las poblaciones de insectos son dinámicas debido a que los constantes cambios que se producen en el ambiente (clima, crecimiento del cultivo, acción de enemigos naturales, etc.) determinan su incremento o decrecimiento. No podrían tomarse decisiones razonables si no se sabe qué es lo que está ocurriendo en el campo en cuanto a la presencia y abundancia de insectos dañinos y benéficos y la magnitud de los daños que se van produciendo.

Los métodos de evaluación deben ser prácticos, es decir sencillos, rápidos y precisos. La información obtenida servirá para adoptar las decisiones del caso, incluyendo la oportunidad y tipo de aplicaciones de insecticidas.

Puesto que los tratamientos se basan en una necesidad real normalmente se reducen las aplicaciones, disminuyen los costos, y se permite una mejor acción de los enemigos naturales.

Este sistema habría que contrastarlo con el convencional uso de un programa calendario de aplicaciones de insecticidas con intervalos fijos donde el agricultor muchas veces ni siquiera sabe si la plaga está presente en el campo. Esta práctica no solamente es más costosa si no que conduce al desarrollo de todos los problemas mencionados anteriormente. Hay muchos tipos de muestreos de plagas e insectos benéficos, desde la revisión directa de la planta hasta el uso de trampas con atrayentes. En todo caso es necesario estandarizar el sistema para que los registros que se hagan de las observaciones periódicas, digamos semanales, sean comparables, entre campos y entre campañas agrícolas.

Poco se ha hecho en el desarrollo de técnicas de evaluación de poblaciones de insectos en papa con fines de manejo de plagas. En contraste, en Europa y los Estados Unidos, se han desarrollado sistemas de "monitoreo" y predicción epidemiológica del tizón tardío. En el Perú se han desarrollado algunos métodos de evaluación de plagas de la papa en la costa. Los métodos de evaluación de la mosca minadora han sido revisados recientemente (Yabar, 1985).

Diseñar esquemas para bajar la posición de equilibrio de las plagas claves. Un objetivo primario en la estrategia del control integrado es bajar la posición de equilibrio de las plagas claves por debajo del límite de daño económico en forma permanente. Esto no puede lograrse con insecticidas a menos que se los use frecuentemente con los riesgos y costos antes discutidos. Es necesario manipular el medio ambiente introduciendo uno o más factores de mortalidad con tendencia duradera.

Los principales son:

- Utilización de variedades resistentes o tolerantes a las plagas.

- Introducción y protección de enemigos naturales.
- Modificación del medio ambiente.

Utilización de variedades resistentes o tolerantes a las plagas. El adecuado nivel de resistencia o tolerancia a la plaga de la variedad cultivada es un componente principal en todo programa de control integrado. Sería muy difícil, sino imposible, establecer un programa basado en una variedad particularmente susceptible.

Según el nivel de resistencia de la variedad se pueden distinguir dos modalidades en su uso:

- a) Como el método principal de control utilizando variedades con altos niveles de resistencia. Esto no es muy frecuente en el caso de los insectos. En cambio constituye un objetivo importante en el control de muchas enfermedades.

Tratándose de cultivos con poco valor económico por hectárea, que no soportan incrementos en sus costos de producción, el uso de variedades resistentes es la única alternativa.

- b) Como un componente básico del Control Integrado de Plagas utilizando variedades medianamente resistentes o tolerantes. La resistencia reduce la tasa de crecimiento de la población de insectos y es compatible con cualquier otra forma de control, sea biológico, cultural o químico.

Moderados niveles de resistencia favorecen y se complementan con la acción de los enemigos naturales. Si se trata de usar insecticidas, los intervalos entre aplicaciones se amplían y se especula que las dosis podrían ser menores. La disminución en los requerimientos de insecticidas reduce la tasa de desarrollo de la resistencia a ellos.

El Centro Internacional de la Papa trabaja intensamente en la identificación de factores de resistencia a las plagas en papas silvestres y cultivadas y en su incorpora-

ción en materiales deseados. Tricomas glandulares que afectan a los insectos, sustancias químicas adversas (antibiosis) y la extrusión de huevos de moscas minadoras, son algunos de los mecanismos de resistencia que han sido identificados contra diversas plagas.

Introducción y protección de enemigos naturales (parasitoides, predadores y patógenos). Las plagas claves en un cultivo pueden ser nativas o introducidas. Las plagas nativas generalmente son atacadas por un gran número de enemigos naturales que son igualmente nativos; en cambio las plagas introducidas por lo general están libres de enemigos aunque ellos suelen ser abundantes en el área de origen. En el primer caso es necesario proteger la fauna benéfica existente; en el segundo, hay que introducir enemigos naturales eficientes como paso previo. En algunos casos es aconsejable criar enemigos naturales masivamente para liberarlos periódicamente en el campo.

Recientemente el Centro Internacional de la Papa ha intensificado sus investigaciones sobre control biológico. Se han identificado varias especies de avispitas parasitoides de mosca minadora y de la polilla de la papa. Se está probando el uso del hongo *Beauveria* sp. contra el gorgojo de los Andes, un virus contra la polilla de la papa, y el hongo *Paecilomyces lilacinus* contra el nematodo del nudo, entre otros proyectos.

Modificación del medio ambiente. Es ideal, aunque no siempre factible, modificar el medio ambiente del cultivo para hacerlo desfavorable a la plaga; hacer difíciles las condiciones para multiplicarse, alimentarse o protegerse; o facilitar la efectividad de sus enemigos naturales. Estos propósitos están relacionados con las prácticas agronómicas, fechas de siembra y cosecha, rotación de cultivos, roturación del suelo, destrucción de residuos de cosecha y otras medidas sanitarias, uso de semilla sana, sistemas de cultivos y otras prácticas. Algunas se mencionan a continuación:

- a) Semilla sana. -- En el caso de la papa cu-

ya propagación es esencialmente vegetativa la sanidad de la semilla tiene máxima importancia, debe encontrarse libre de virus y hongos pero también de nematodos e insectos como la polilla de la papa o el gorgojo de los Andes.

- b) Sistemas de cultivos mixtos. - La estabilidad biológica, incluyendo la regulación de las poblaciones de plagas, es afectada por la diversidad de los sistemas de cultivos. Es un hecho que raramente se producen infestaciones severas en áreas agrícolas con sistemas de cultivos mixtos, sobre todo cuando la mezcla de especies o variedades ha tenido un desarrollo histórico. En el caso de la papa, este tubérculo ha sido cultivado por miles de años como alimento principal de los Andes y los agricultores andinos han desarrollado mezclas de clones o intercultivos con otras plantas apropiadas para diversas localidades. Siendo las motivaciones de las mezclas distintas a las razones de protección del cultivo, sería interesante evaluar el efecto que tienen estas prácticas en relación con las plagas y enfermedades.
- c) Prácticas culturales. - Diversas prácticas agrícolas ofrecen una serie de posibilidades para reducir la incidencia de las plagas y merecen estudios más detallados. Las rotaciones prolongadas que se han usado ancestralmente en los Andes han sido muy eficientes contra el nematodo del quiste y diversos hongos del suelo. El aporque que provee una buena cobertura de los tubérculos con tierra suelta protege a los tubérculos contra el tizón tardío, la

polilla de la papa y, posiblemente, contra el gorgojo de los Andes. Entre otros ejemplos está el uso masivo de estiércol, o materia orgánica en general, para reducir el daño de nematodos.

La introducción de nuevas prácticas culturales debe hacerse con muchas precauciones, pues si el cambio es inadecuado los efectos pueden ser desastrosos. Thurston (1981) refiere un caso muy ilustrativo. En la década del 50, en Colombia, se trató de introducir la siembra de tubérculos de papa cortados en pedazos, que es común en los Estados Unidos. El primer año toda la semilla se pudrió por acción de hongos del suelo. Este problema se resolvió al año siguiente con la aplicación de fungicidas a la semilla, pero entonces la marchitez bacteriana se hizo severa. Sólo volviendo al uso de los tubérculos enteros la situación se hizo normal.

Revisar los efectos directos y colaterales de medidas que deban adoptarse en casos de emergencia. Cuando a pesar de los esfuerzos realizados para evitarlo, una plaga clave u ocasional escapa de la represión ejercida, no queda más alternativa que recurrir a una medida de efectos rápidos. El control químico suele ser el único recurso.

Hay que tratar de hacer el tratamiento lo más selectivo posible, es decir que sus efectos colaterales sean lo menos inconvenientes.

Tener especial cuidado en la selección del producto insecticida, dosaje, formulación y grado de cobertura para obtener los resultados deseables.

BIBLIOGRAFIA

- APPLE, J. L. 1977. The theory of disease management, p. 79-101. In Horsfall, J. G.; Cowling, E. B. (Eds.). Plant disease: And advanced treatise. Vol. 1. How disease is managed. Academic Press. New York.
- BOTTRELL, D. G., 1979. Integrated pest management. Council of Environmental Quality, Washington D. E. 120 pp.
- BUCHANAN, G. A., 1976. Management of the weed pests of cotton (*Gossypium*

- hirsutum* L.) p. 168-184. In Proc. U.S.A. U.S.S.R. Symp.: The integrated control of the arthropod, disease and weed pests of cotton, grain, sorghum and deciduous fruit. Texas Agr. Exp. Sta. MP-1276.
- COLLANTES, L. G., 1984. Susceptibilidad a los piretroides en adultos de dos poblaciones de *Phthorimaea operculella* (Zeller). Tesis sin publicar. Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú. 105 pp.
- FALCON, L. A.; SMITH, R. F., 1974. Manual de control integrado de plagas del algodónero. FAO, Roma. AGPP: Misc/8, 87 pp.
- FAO 1979. Manual de control integrado de plagas del arroz. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal, Roma, 123 pp.
- HARRIS, C. R.; SVEC, H. J. 1981. Colorado potato beetle resistance to carbofuran and other insecticides in Quebec. *Journal of Economic Entomology* 74: 421-424.
- HUFFAKER, C. B.; SMITH, R. F., 1979. Rationale, organization, and development of a national integrated pest management project. In Huffaker, C. B. (Ed.). *New technology of pest control*. Wiley, New York.
- LOGAN, P. A., 1981. Estimating and projecting Colorado potato beetle density and potato yield loss. p. 105-118. In Lashomb, J. H.; Casagrande, R. (Eds.). *Advances in potato pest management*. Hutchinson Ross Publishing Co.
- RADCLIFFE, E. B.; CANCELADO, R. E.; CRANSHAW, W. S., 1979. Establishing action thresholds for insect pests. Proc. Symp. IX International Congress Plant Protection. Washington D. C. 3: 477-480.
- SHELTON, A. M.; WYMAN, J. A.; MAJOR A. J., 1981. Effects of commonly used insecticides on the potato tuberworm and its associate parasites and predators in potatoes. *Journal of Economic Entomology* 74: 303-306.
- THURSTON, H. D., 1981. El agroecosistema de la papa y el manejo de plagas. Segundo Curso de Control de Plagas y Enfermedades Agrícolas. Volumen 3. Fascículo 37. CICP - Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú.
- VAN HUIS, A., 1981. Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua. Dept. Entomology, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 221 pp.

EVALUACION DE PLAGAS DE PAPA

Campo: _____ Área: _____ Fecha: _____
 Trasplante-tubérculo: _____ Última aplicación: _____
 Variedad: _____ Productos aplicados: _____
 Estado de desarrollo: _____ Evaluador: _____
 Líder de proyecto: _____

PLAGAS	5 MUESTRAS	Total	Observaciones					
Mosca Minadora								
Ad./planta								
Hojas minadas/ planta	S							
	M							
	I							
Polilla de la Papa								
Brotos dañados								
Hojas minadas/pla (Tubérculos %)								
Afidos								
- No./foliolo								
- Foliolos inf./hoja								
- Hojas inf./planta								
- % de parasitismo								
Cigarrita Verde								
- No./planta								
- Grado infest.								
Mosca Blanca								
- Ad./foliolo								
- Fol inf./hoja (infe)								
- Grado infest.								
Aceros								
- Foliolos inf./pta.								
- Grado								
Gusano de Tierra								
- Larvas/m surco								
- No. pta. cortada/ 10 m								
Otras plagas								
-								
-								
Insectos benéficos (predadores)								
- Chinchas/planta								
- C/isopos/planta								
- Coccinelidos								
- Otros								
-								

OBSERVACIONES _____

NUEVAS ESTRATEGIAS EN EL CONTROL DE PLAGAS DE PAPA

K. V. Raman

1. INTRODUCCION

El propósito de este documento de tecnología especializada, es informar a los investigadores de los programas nacionales de papa de tecnologías que han sido implementadas en el Centro Internacional de la Papa (CIP) y que en la actualidad están listas para ser evaluadas bajo condiciones locales. Varias estrategias para el control de insectos plagas de la papa, están siendo investigadas por científicos

del CIP. Entre estas tenemos: uso de resistencia genética a insectos, control cultural y control biológico. En este artículo se presentan y discuten algunos resultados de investigación obtenidos del uso de estas nuevas estrategias para el control de la palomilla de la papa, gorgojo de los Andes y mosca minadora, que son consideradas plagas claves en varios países en vías de desarrollo.

2. NUEVAS ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA PALOMILLA DE LA PAPA

La palomilla de la papa (PTM), *Phthorimaea operculella* (Zeller), es una de las plagas más dañinas de la papa. La experiencia ha demostrado en varios países que para el control de plagas de papa, no se puede depender únicamente de los insecticidas. Esto se debe a que el abuso de insecticidas acelera la aparición de resistencia a ellos de parte de la palomilla y también el peligro que representa el uso indiscriminado de productos químicos tóxicos en productos alimenticios tales como tubérculos de papa para consumo. Las investigaciones sobre métodos de control alternativos indican que cuando las poblaciones de la palomilla son altas, ningún método de control individual proporciona una protección adecuada. Como una alternativa a esta dependencia en el uso de insecticidas para el control de la palomilla, se ha diseñado un programa de control integrado para uso tanto en el campo como en el almacén. Algunas de estas estrategias efectivas para el control de la palomilla se explican a continuación:

a) USO DE LA FEROMONA SEXUAL

La feromona sexual disponible comercialmente es una mezcla de trans-4, cis-7-tridecadien-1-ol-acetate (PTM1) y trans-4-cis-7-cis-10-tridecatrien-1-ol-acetate (PTM2) (0.4 mg. de PTM + 0.6 mg. de PMT 2). Estas feromonas vienen impregnadas en tapones de caucho que se pueden obtener en pequeñas cantidades del CIP-Lima. Los tapo-

nes de caucho se deben almacenar en el congelador a -10°C hasta que se necesiten. Si se tienen necesidades mayores de la feromona, ésta se puede obtener del The Laboratory for Research on Insecticides Marijkweg 22, 6700 PG, Wageningen, The Netherlands. El costo de cada tapón de caucho impregnado con la feromona cuesta US\$1.20 más el costo de transporte. Con el objeto de reducir los costos, los tapones de caucho pueden ser impregnados con la feromona usando el procedimiento siguiente:

- Buscar un químico en su país para ver si la síntesis de la feromona puede hacerse localmente.
- Si no es posible la síntesis de la feromona, ésta se puede comprar del Institute for Pesticide Research.

El costo por gramo de PTM 1: PTM 2 (en la proporción 2:3) fue de US\$265 en 1985.

Un gramo de feromona en la proporción ya citada es suficiente para preparar 1000 tapones de caucho.

Materiales:

- Bureta de vidrio.
- Lana de algodón.
- Polvo de aluminio (Alumina).
- Hexano (grado analítico).

- PTM 1 + PTM 2.
- Micro-hipodérmica con un dispersor de repetición.
- Antioxidante BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol).

Procedimiento para impregnar las feromonas PTM 1 y PTM 2 en los tapones de caucho:

Primero se debe purificar el hexano de grado analítico, pasándolo a través de una columna de 15 cm. de longitud que contiene la alumina activada en un tubo de vidrio de 2 cm. de diámetro. Una bureta de vidrio es ideal para este propósito. Se debe descartar los primeros 25 ml. de hexano, ya que en ellos se irán algunas impurezas. La alumina contenida en este tipo de columna es suficiente para purificar 1 litro de hexano.

Pesar la cantidad necesaria de feromona para la cantidad de tapones de caucho que se quiera impregnar (0.4 mg. de PTM1 y 0.6 mg. de PTM 2 por cada tapón de caucho). Medir la cantidad de hexano y luego adicionar el antioxidante BHT en una cantidad en peso similar a la de la feromona que se está preparando. Después agite la mezcla a fin de lograr que la feromona se disuelva. Finalmente se completa el volumen necesario agregando el resto de hexano. Si la solución no se va a usar inmediatamente ésta se debe guardar en el refrigerador a 5°C.

En láminas de polystyrene (espuma plástica) se hacen agujeros del tamaño de los tapones de caucho, los mismos que se usaran como soporte para mantenerlas en una posición fija durante el tratamiento con la feromona. Una vez que la micro-hipodérmica con dispersor de repetición ha sido calibrada para que en cada disparo aplique 0.25 ml. de la mezcla, entonces se procede a tratar todos los tapones calculados. Dejar los tapones de caucho tratados durante 15 minutos a temperatura ambiental para su secado. Cuando los tapones han secado se deben almacenar en papel aluminio en el congelador a -10°C hasta cuando se necesiten.

Ejemplo:

Si cada tapón de caucho está impregnado con 0.25 ml. de la solución hexano que contiene 0.4 mg. (PTM 1) + 0.6 mg. (PTM 2) + 1 mg. BHT.

Por consiguiente, 690 tapones de caucho necesitarán:

$$\begin{aligned}
 690 \times 0.4 \text{ mg.} &= 276 \text{ mg. PTM 1} \\
 690 \times 0.6 \text{ mg.} &= 414 \text{ mg. PTM 2} \\
 690 \times 1.0 \text{ mg.} &= 690 \text{ mg. BHT} \\
 &\quad \text{(antioxidante).} \\
 690 \times 0.25 \text{ ml.} &= 171 \text{ ml. de hexano} \\
 &\quad \text{purificado.}
 \end{aligned}$$

Esta feromona sexual se puede usar principalmente:

- Como una ayuda en el seguimiento de las poblaciones de campo de la palomilla de la papa.
- Para facilitar el uso adecuado de los insecticidas cuando y donde sean necesarios, y
- Como una ayuda en el control directo de la palomilla.

Para el uso efectivo de la feromona sexual se necesita que las trampas portadoras de la feromona sean efectivas. En la actualidad existen trampas de embudo, de agua y pegantes que se pueden evaluar bajo condiciones locales de campo.

Trampa de embudo. Esta trampa (Figura 1) está hecha de placas de metal galvanizado, de bajo peso, cortadas con un diámetro de 27 cm. y dobladas para formar un cono de 135°.

Remache dos abrazaderas de 2x6 cm. cada una con una perforación, hacia el interior del cono. Asegure estas abrazaderas a perforaciones en los lados opuestos de un embudo de plástico de 19 cm. de diámetro. Suspenda una bolsa de polietileno (34x48 cm.), que contenga 10 a 12 g de Carbaryl (Sevín) en polvo (20%), con una banda elástica alrededor del borde del embudo. Espolvoree el interior del embudo con talco para obtener una superficie resbalosa.

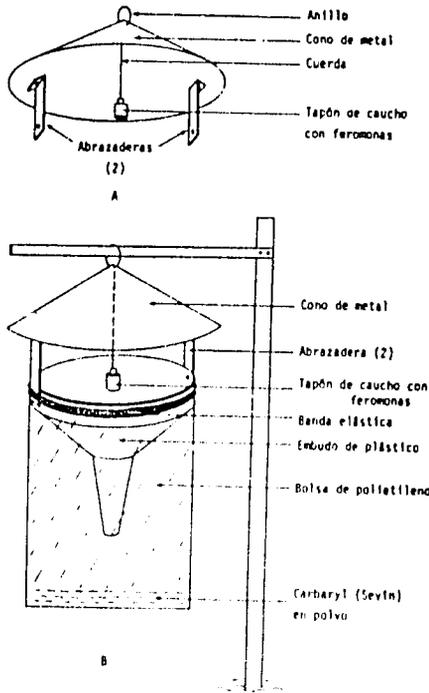


Fig. 1 - Trampa de embudo.

Trampa de agua. Llene una bandeja (Figura 2) con agua hasta 2 cm. por debajo del borde. Agregue unas cuantas gotas de cualquier detergente de modo que el agua pueda penetrar más fácilmente en las alas de la palomilla y evite así su vuelo. Cubra la bandeja con una cubierta (metálica, de plástico, o de cartón) y suspenda del centro de ésta un tapón de caucho impregnado con feromonas. Coloque el tapón a 2 cm. encima de la superficie de agua. Para aumentar la eficiencia de la captura, utilice una cubierta de color marrón o cubra la cubierta con una tela de color marrón oscuro.

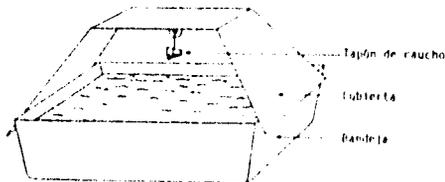


Fig. 2 - Trampa de agua.

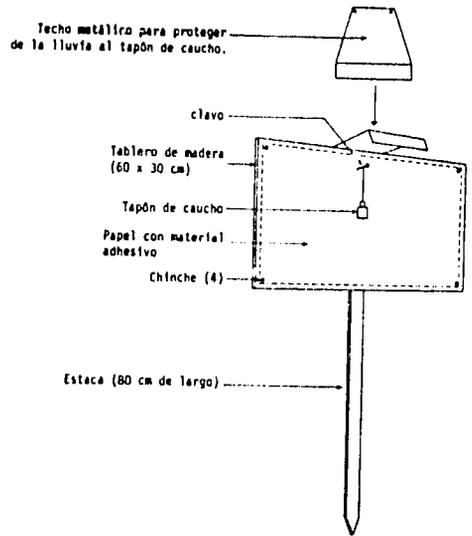


Fig. 3 - Trampa de pegamento.

Trampa pegante. Coloque las trampas pegantes (Figura 3), en el campo, con el lado donde se aplica la feromona en dirección opuesta al viento. Pruebe este diseño de trampa en combinación con las trampas de embudo y de agua, para identificar el diseño más efectivo en su situación específica local. Si utiliza otros diseños de trampas, pruébelos también en combinación con las trampas de embudo y de agua.

Quando haga el seguimiento de todos los diseños de trampas, coloque dos trampas por campo, una semana después de la siembra, a 50 m. de distancia una de la otra. Colóquelas a 40 cm. encima de la superficie del suelo. Observe y atienda las trampas diariamente; sin embargo, si esto no es posible, una observación semanal es aceptable. Para determinar el diseño de trampa más efectivo, utilice un diseño experimental de bloques al azar, con un número mínimo de cuatro repeticiones por diseño de trampa. Diariamente, al menos durante dos semanas, cuente el número de polillas atrapadas. Rote las trampas diariamente después de cada evaluación para

TABLA No. 1
Registro de Datos (Ensayos con feromonas)

Región		País				Lugar		
Persona responsable		Fecha de siembra				Fecha de evaluación		
Tratamiento o tipo de trampa	Fecha de evaluación	No. de polillas/trampa				Promedio de polillas por		Otras observaciones
		1	2	3	4	Día	Semana	

evitar efectos de posición. Utilice el formato de la Tabla 1 para recolectar datos.

El número necesario de trampas para lograr un control directo de la polilla depende de la densidad de la población del insecto. Se necesita efectuar experimentos con densidad variable de trampas para determinar el número óptimo de éstas que disminuyan el daño en los tubérculos a niveles aceptables. Por ejemplo, en el Perú, las poblaciones de palomilla son altas durante la estación seca de verano, llegando con frecuencia a capturar 2.000 polillas por trampa y por día. Bajo estas condiciones es necesario utilizar 42 trampas por hectárea.

En almacenes de papa la feromona sexual de la palomilla puede ser usada para seguimientos de la población y trapeo masal. Un diseño de trampa efectivo como la del tipo embudo, es esencial. Sin embargo, otros diseños de trampas tales como los descritos anteriormente, deberían ser probados. Si el almacén de papa es pequeño los diseños de trampas pueden ser probados sin repeticio-

nes. Las trampas se deben evaluar diariamente contando el número total de palomillas capturadas. Las trampas deben ser cambiadas en su posición diaria con la finalidad de evitar un efecto de ubicación. Los estudios de trapeo deben continuarse por un mínimo de 14 días. Al final de este período se debe seleccionar el diseño de trampa más efectivo basado en el número total de polillas capturadas. Use la Tabla No. 1 para la colección de datos.

La eficiencia del trapeo se incrementa cuando las trampas son ubicadas a la misma altura de las papas almacenadas. El número de trampas por almacén depende del nivel de la población de las palomillas y de la cantidad del daño en los tuberculos. En almacenes de papa en donde han habido daños severos en los tubérculos se debe usar dos trampas por 10 metros cuadrados de el área del almacén para capturar los machos nuevos que emergen.

b. BARRERAS FISICAS

Experimentos realizados en el Perú han de-

mostrado que humedeciendo las paredes del almacén es un medio efectivo para reducir infestaciones por la palomilla. En almacenes de semilla de papa con luz difusa se puede instalar un sistema de cañerías que permitan la caída del agua por las paredes en forma de cortina.

Un sistema similar se puede usar para almacenes de papa para consumo (el almacén de papa con paredes de carbón instalado por CIP en San Ramón, Perú). El agua parece proporcionar una barrera contra la entrada de las palomillas que vienen de fuera del almacén y también reduce la temperatura del almacén por medio de un enfriamiento por evaporización natural (las temperaturas más bajas generalmente retardan el ciclo de vida de la palomilla).

c. REPELENTES NATURALES

Investigaciones realizadas han demostrado que cubriendo los tubérculos con follaje seco picado de plantas que ocurren naturalmente, pueden proporcionar ya sea una barrera física o una acción repelente contra las palomillas. Follaje de plantas como *Lantana camara*, *Eucalyptus globulus*, que se encuentran en muchos países tropicales y *Muña* (*Mintostachys* sp.), una hierba que se encuentra en las partes altas de los Andes, la cual se puede coleccionar fresca y posteriormente secarse al aire a la temperatura ambiente.

Triturar las hojas secas ya sea a mano o poniéndolas en una bolsa de tela y golpearlas con un palo. El follaje picado se debe distribuir en una capa fina de aproximadamente 2 cm. de ancho por encima de los tubérculos almacenados. Los tubérculos tratados de esta manera son significativamente (<3%) menos dañados que tubérculos que son dejados descubiertos. Si estas plantas no crecen en su área se puede tratar con otras especies locales. Las especies seleccionadas se pueden sembrar alrededor del almacén pero las plantas usadas para el cerco se deben proteger de otras plagas (por ejemplo *Lantana camara* atrae mosca blanca) mediante un control apropiado.

d. USO DE LA BACTERIA *BACILLUS THURINGIENSIS*

El insecticida biológico "Dipel" que contiene esporas activas de *Bacillus thuringiensis*, es efectivo contra la palomilla de la papa y está comercialmente disponible en algunos países en vías de desarrollo, en la forma de un polvo mojable o insecticida en polvo. En el Perú la formulación en polvo ha sido más efectiva que la formulación de polvo mojable. Una aplicación simple sobre los tubérculos antes de almacenarlos de la formulación en polvo en la proporción de 3-4 kg./tonelada de papa reduce significativamente el daño de la palomilla. Use la Tabla 2 para la colección de datos.

e. USO DEL VIRUS DE LA GRANULOSIS

Colecte larvas de la palomilla que muestran síntomas de estar enfermas. Se deberán seleccionar las larvas que son flácidas, que presenten una coloración blanca, que muestran movimientos sin coordinación, ya sea en papas almacenadas o en follaje de plantas. Ubique estas larvas enfermas en envases de vidrio estéril con un poco de agua destilada. Para pruebas futuras, triturar finalmente las larvas con la ayuda de un mortero. Aplique la solución con las larvas trituradas a uno o dos tubérculos de papa y luego inféstelos con larvas de la palomilla dentro de un envase plástico. Si el virus es activo, las larvas cambiarán a un color blanco y posteriormente morirán. Ninguna larva llegará a pupa. El virus también puede ser detectado con ayuda del microscopio electrónico. Muchos programas nacionales no tienen estas facilidades. Las larvas muertas por la enfermedad pueden ser remitidas al CIP para la identificación del virus.

f. MULTIPLICACION DEL VIRUS

Una crianza masal de la palomilla de la papa es indispensable y se deben usar técnicas de crianza conocidas. Todos los tubérculos que se usan para la crianza tienen que ser previamente tratados con el virus. En el CIP, los adultos de la palomilla (20) se ubican en en-

TABLA No. 2
Registro de Datos (Ensayos en almacenamiento)^a

Región		País		Lugar								
Persona responsable		Fecha de siembra		Fecha de evaluación								
Tratamiento o clon No.	Repetición	Total tub.	Tub. podridos	Muestra de 10 tubérculos/rep.				Porcentaje (%)			Otras observaciones	
				Total dañados	Total orificios	Total brotes	Total brotes dañados	Tubérc. podridos	Tubérc. dañados	Brotes dañados		

^aUtilizado con ensayos en almacenamiento relacionados con: 1) repelentes naturales, 2) control biológico, y 3) control químico.

vases plásticos de 1 litro de capacidad que contiene una solución de sucrosa al 5% en un rollo de algodón. La parte superior del envase se cierra con una malla de tela, encima de la cual se ubica un disco de papel de filtro. Las palomillas dejan los huevos en el papel de filtro. Los papeles de filtro se deben cambiar cada dos días. Los huevos que están en el papel de filtro se ubican posteriormente en tubérculos de papa que fueron tratados con el virus. Las larvas de la palomilla recientemente eclosionadas que se alimentan de tubérculos de papa tratados con el virus, se tornan de color blanco y mueren. Estas larvas infectadas con el virus se pueden triturar con agua y posteriormente aplicadas en tubérculos nuevos para futuros trabajos.

g. METODOS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES

Los cuatro componentes de control descritos anteriormente pueden probarse para estudiar su efectividad en la reducción del daño de la palomilla en tubérculos de papa en almacén. Las pruebas se pueden hacer de

acuerdo con los métodos y diseños experimentales que se describen a continuación:

Se debe usar 50 tubérculos de una variedad susceptible a la palomilla (Por ejemplo: revolución o DTO-33) y ubicarlos en envases de madera especiales para semilla (36 x 28 x 18 cm.). Cada unidad se considera una repetición y es aconsejable el uso de 4 repeticiones por tratamiento. Se recomienda el uso del diseño de bloques al azar. Todos los tratamientos deben estar expuestos a infestaciones naturales de la palomilla dentro de almacenes de papa semilla de luz difusa y que estén a temperatura ambiental. Al final de la prueba, aproximadamente después de 120 días de iniciarla, se deben observar 10 tubérculos de papa por repetición para observar lo siguiente:

1. Número de tubérculos dañados.
2. Número total de brotes.
3. Número de brotes dañados.
4. Número de tubérculos podridos.

Use la Tabla 2 para la colección de datos.

3. NUEVAS ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO DE LOS ANDES

Los gorgojos de los Andes han sido reportados de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, especialmente de áreas productoras de papa que se encuentran alrededor de 3.000 msnm en los trópicos. En muchas áreas el gorgojo de los Andes es la plaga más importante del cultivo de papa causando algunas veces una completa destrucción de cultivos que se dejan sin tratamiento químico. Los gorgojos adultos se alimentan del follaje mientras que las larvas lo hacen en los tubérculos. Varias especies se han mencionado como dañinas al cultivo de papas. Así, en el Perú *Premnotrypes suturicallus* es la especie más importante de las varias que atacan el cultivo de papas.

a. USO DE ATRAYENTES VIVOS PARA EL ESTUDIO DE FLUCTUACION DE POBLACIONES DEL GORGOJO DE LOS ANDES

Los adultos machos han demostrado ser altamente atractivos para las hembras cuando se probaron como atrayentes vivos en trampas de caída. Las trampas de caída se pueden construir usando envases plásticos de 1 litro de capacidad. Los gorgojos se ubican en el interior de una micro-jaula y esta a su vez se ubica en la parte alta del envase plástico. Una plancha metálica ubicada en la parte superior del envase evita la entrada de agua de lluvias en las trampas de caída. Para mantener vivos a los adultos, cada 3 ó 4 días se les cambia el alimento consistente de hojas frescas de papa, a los gorgojos que están encerrados en la micro-jaula. Una población óptima de 30 gorgojos machos de *P. suturicallus* fueron atractivos por un período de un mes. En este caso los adultos se mantuvieron vivos durante un mes.

Los programas nacionales pueden usar esta técnica para estudiar la fluctuación de las poblaciones del Gorgojo de los Andes. Sería conveniente probar diseños de trampas que sean disponibles localmente para determinar el diseño más eficiente.

b. USO DEL HONGO *BEAUVERIA BASSIANA*

El hongo *B. bassiana* ataca generalmente la prepupa, pupa y adultos del Gorgojo de los Andes bajo condiciones de campo.

Aislamiento. — Los insectos atacados por este hongo muestran generalmente una característica coloración blanca. El hongo se puede multiplicar removiendo cuidadosamente las hifas y esporas del hongo de la parte más superficial del cuerpo del insecto. El material obtenido se puede multiplicar en un medio artificial como el de papa-dextrosa-agar (PDA). Los discos de petri que tienen el PDA se pueden incubar manteniéndolos a una temperatura de 24°C durante 48 horas. Después de este período el hongo empieza su desarrollo.

Producción masal. — Con el uso del medio PDA se puede incrementar rápidamente la producción del hongo mediante replicaciones del aislamiento original en varios discos de petri. Después de 15 días aproximadamente, se observarán colonias blanquecinas en el medio de PDA. En esta etapa el hongo está listo para cualquier prueba biológica.

Inoculación. — El material del hongo obtenido en la etapa anterior se diluye en agua destilada para obtener una concentración de 10^9 esporas por cm^3 de agua. Esta solución se aplica más tarde en el campo usando equipos de aplicación convencionales.

Diseños Experimentales. — En el CIP se está usando un diseño de bloques al azar en donde se comparan los tratamientos siguientes:

1. Inoculación del hongo en el momento de la siembra.
2. Inoculación del hongo en el momento del aporque.
3. Inoculación del hongo en el momento de la floración.
4. Inoculación del hongo en el momento de la siembra y del aporque.
5. Inoculación del hongo en el momento de la siembra, aporque y floración.
6. Control.

Es importante que cada parcela experimental tenga un canal de desagüe independiente para prevenir contaminaciones.

Evaluación. — El efecto de los tratamientos se evalúa muestreando las poblaciones del insecto y luego determinando el número de pupas y adultos infectados con el hongo. Se debe mantener un registro de los factores climáticos los cuales afectan el incremento de este hongo.

c. USO DEL NEMATODO NEOAPLECTANA CARPOCAPSAE

El nemátodo *N. carpocapsae* es muy efectivo en el control de larvas de Gorgojo de los Andes bajo condiciones de laboratorio. Resultados de experimentos en el campo son muy escasos. Técnicas de crianza masal seguidas en el CIP que han permitido la obtención de cantidades grandes de este nemátodo se describen a continuación:

Crianza masal

1. La polilla de la cera *Galeria pomonella* es un hospedero excelente para este nemátodo. En un disco de petri que contiene un papel de filtro humedecido se ubican 10 larvas de *G. pomonella*. Una suspensión del nemátodo que contiene aproximadamente 5.000 individuos se ubican en la cantidad de 5 gotas sobre las larvas de *G. pomonella*. Los nemátodos penetran la larva hospedera en 24 horas. Después de 8 días de iniciado el proceso se pueden obtener entre 140.000 a 160.000 larvas de *N. carpocapsae* por cada larva de *G. pomonella*. La producción masal se puede hacer en cuartos con temperatura regulada entre los 18 y 22°C.
2. El segundo método consiste en multiplicar el nemátodo en bolsas plásticas que contienen 3 g. de avena Quaker a la que se le ha agregado 3 cm. de agua destilada. Las bolsas plásticas con la avena y el agua se calientan en el horno de microondas por 1.5 minutos al final de los cuales se almacenan las bolsas plásticas con 5 gotas de una suspensión del nemátodo

que contienen aproximadamente 5.000 individuos. Cuatro días después de la inoculación se pueden obtener aproximadamente 200.000 nemátodos por bolsa. Los nemátodos obtenidos usando este método se deben usar inmediatamente para evitar contaminaciones. Los nemátodos se recuperan utilizando filtros para nemátodos del tamaño apropiado.

Aplicación en el campo

Máquinas convencionales de aplicar agroquímicos (bomba de espalda) se pueden usar para aplicar este nemátodo en el campo. En el CIP se utilizan aplicadores manuales para este propósito.

Diseños experimentales

Los ensayos en el campo para evaluar los efectos de este nemátodo se hacen en parcelas de 1 x 1 m. cubiertas con malla a prueba de insectos. En campos de agricultores surcos del borde de los campos son aplicados con el nemátodo y los resultados se comparan con aquellos de surcos no tratados.

Un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento se han usado para comparar los siguientes tratamientos:

1. Aplicación del nemátodo al suelo a la siembra.
2. Aplicación al aporque.
3. Aplicación en la floración.
4. Control.

4. NUEVAS ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA MOSCA MINADORA

La mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) es una plaga importante del cultivo de papas en varios países de Suramérica. Los adultos de mosca minadora dañan el follaje de las plantas de papa, raspando las hojas para alimentarse o para dejar huevos y por las larvas al construir minas irregulares en la hoja. Estos daños reducen la producción de papa y en el Perú se han reportado pérdidas en la cosecha del 35%.

a. USO DE LAS SUPERFICIES AMARILLA PEGANTES

Las superficies pegantes de color amarillo son muy efectivas para estudiar la fluctuación de esta plaga. Un papel amarillo de 16 x 16 cm. se fija a un cartón del mismo tamaño. Una capa delgada de la sustancia adhesiva "Tungle foot" es aplicada uniformemente en toda la superficie del papel amarillo. Estas superficies se ubican verticalmente a una altura de 60 cm. en estacas de madera. Una vez por semana se reemplaza el papel amarillo pegante y se hace un recuento de adultos capturados por sexo y el número de ma-

chos y hembras se anotan por separado. Estas trampas dan información acerca de la dinámica de la población de esta plaga y es muy útil para la toma de decisiones de los tratamientos. El trapeo masal es también muy efectivo, pero para este propósito se necesita un número muy grande de trampas.

b. DISEÑOS EXPERIMENTALES

Diseños de trampas disponibles localmente pueden probarse para identificar el mejor. Las trampas pegantes de color amarillo pueden por lo tanto ser comparadas con otras trampas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es esencial que los componentes de control que se han mencionado en este artículo sean inicialmente ensayados a nivel local. Se pueden hacer modificaciones cuando se consideren necesarias. Puede también ser necesario hacerse un estimado de la severidad de la presión de infestación de la plaga y hasta donde los componentes de control individuales ya mencionados se pueden aplicar en sistema de producción existentes. Si las pobla-

ciones de la plaga son altas, se podría combinar 2 ó más componentes de control para obtener un control más efectivo.

A través de la experimentación desarrolle la mejor estrategia integrada con un mínimo énfasis en el uso de insecticidas. En este artículo solamente se han presentado algunas de las nuevas estrategias. No se deberían ignorar otros componentes adicionales del manejo de plagas.

**MECANISMOS DE ACCION DE INSECTICIDAS GRANULADOS
SISTEMICOS Y OTROS INSECTICIDAS EN EL CULTIVO DE LA PAPA**

Fernando Puerta

INTRODUCCION

Dada la importancia que el cultivo de la papa tiene no sólo por su carácter alimenticio, sino por su potencial de industrialización, se hace necesario prestar una mayor atención al manejo que se le da al control de las diferentes plagas que atacan al cultivo, a través de todo su período vegetativo, incluyendo el producto final (el tubérculo) en almacenamiento.

En la actualidad el desarrollo tecnológico ha permitido encontrar productos que tienen un buen efecto de control sobre las plagas y

que ofrecen mínimo impacto sobre el medio ambiente; para ello es indispensable conocer los mecanismos de acción de estos productos y así poder aprovechar las ventajas que se pueden obtener al usar los plaguicidas, no sin antes hacer énfasis en que ellos deben usarse racionalmente, para que cumplan con el objetivo de ser eficientes, económicos y seguros con un adecuado manejo.

En la presente charla trataremos básicamente el modo de acción de los insecticidas más utilizados en el cultivo de la papa.

GRUPOS QUIMICOS DE LOS INSECTICIDAS

Dependiendo de su naturaleza los insecticidas pueden ser:

1. Inorgánicos:

Fabricados a base de minerales como: Boro, Cloro, Cobre, Plomo, Arsénico, Azufre, Zinc. Ejemplo: Arseniato de Plomo.

2. Sintéticos orgánicos:

Producidos industrialmente por el hombre; que contienen Carbono, Hidrógeno y uno o más elementos como Cloro, Fósforo, Nitrógeno. Ejemplo: Metyl Paratión.

3. Orgánicos derivados de plantas:

Elaborados a partir de partes de plantas. Ejemplo: piretrinas.

4. Microorganismos vivos:

Elaborados a partir de virus, bacterias, hongos. Ejemplo: *Bacillus thuringiensis*.

Los principales grupos químicos de los insecticidas son:

- Organoclorados
- Organofosforados
- Carbamatos
- Piretroides
- Arsenicales

EFFECTO INSECTICIDA

La actividad insecticida es la capacidad que tiene una sustancia para matar una población homogénea o heterogénea en un lapso de tiempo.

Dependiendo del efecto que el insecticida

produce sobre el insecto pueden clasificarse como:

1. Ovicidas: Mata sólo huevos.
2. Ovolarvicidas: Mata huevos y larvas.
3. Larvicidas. Mata sólo larvas.
4. Adulticidas: Mata sólo adultos.

MODO DE ACCION DE LOS INSECTICIDAS

Cada producto químico posee un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que los caracteriza, dependiendo de los áto-

mos que los constituyen y su estructura molecular.

Estas propiedades tienen influencia sobre los procesos como evaporación, transporte de agua, absorción biológica, que dan como resultado diferentes patrones de comportamiento de los distintos grupos de sustancias químicas.

Considerando el proceso que sigue un insecticida desde el momento de su aplicación, hasta encontrar el sitio de acción en un organismo o conjunto de organismos, se encuentran cuatro pasos importantes, según Freed (1978).

- a. Interacción del producto con el ambiente mientras llega a la parte externa del organismo.
- b. Interacción con la parte externa del organismo.
- c. El paso a través de la parte externa del organismo.
- d. Acción del producto dentro del organismo.

Cómo pueden actuar los insecticidas:

1. Protectores aplicados a las plantas o productos para prevenir la entrada del insecto o los daños causados por él.
2. Esterilizantes: inhabilitan al insecto para su reproducción.
3. Inhibidores de crecimiento: no permiten el desarrollo de uno de sus estadios.

4. Feromonas: afectan al insecto por cambios efectuados en su comportamiento.
5. Selectivos: más tóxicos para unas especies que para otras.
6. No selectivos: tóxico para la mayoría de las especies.
7. Fumigantes: emiten gases que matan, al ser inhalados por los insectos.
8. De contacto: el insecticida aplicado toca la plaga o ésta entra en contacto con él.
9. Estomacal: matan cuando son ingeridos (ingestión por el insecto).
10. Sistémicos: transportados por el sistema circulatorio de la planta.
11. Translocación: puede ser absorbido por las hojas, tallos o raíces y transportado a través de la planta.
12. Sinérgicos: cuando la eficiencia de una sustancia se aumenta por la acción de otra sustancia, dando como resultado un efecto superior al que se obtendría usando ambos productos por separado.
13. Residuales: se refiere a la capacidad que tiene el insecticida de ejercer su actividad biológica, en un determinado lapso de tiempo.

MODO DE ACCION EN INSECTOS

De manera general se puede decir que los insectos son controlados de la siguiente forma:

1. Por contacto: cuando el insecticida ejerce esta acción por ejemplo: DDT, ALDRIN.
2. Por ingestión: cuando actúa estomacalmente, dentro del sistema digestivo del insecto. Ej. Triazophos.
3. Por inhalación: típico de los insecticidas fumigantes, que son absorbidos por el sistema respiratorio del insecto. Ej.: Phostoxín.

MODO DE ACCION DEL INSECTICIDA SISTEMICO

Cuando un insecticida tiene acción sistémica, debemos tener en cuenta la manera como se desplaza dentro de la planta.

1. **Translaminar:** El insecticida logra penetrar la lámina foliar, pero sin tener un desplazamiento significativo dentro del sistema vascular.
2. **Acropetal:** Cuando el insecticida es tomado por la raíz y transportado a la parte aérea de la planta.
3. **Basipetal:** El insecticida es absorbido por las hojas y llevado a la zona radicular.
4. **Trasnlocación:** El producto se mueve dentro de la planta, indistintamente de arriba hacia abajo y viceversa.

FORMULACIONES DE INSECTICIDAS

Las formulaciones se hacen necesarias para poder manipular de manera efectiva y segura los ingredientes activos, así mismo para que puedan distribuirse homogéneamente sobre las áreas tratadas.

Las principales formulaciones utilizadas en el cultivo de la papa son:

Concentrado emulsionable (C.E.). Esta formulación se realiza cuando el ingrediente activo no es diluible en agua o lo es difícilmente.

Soluciones. Generalmente son utilizadas sin diluir o diluidas en aceite o en solventes de petróleo.

Flúidos (F). Algunos ingredientes solo pueden formularse como sólidos y semisólidos. Son finamente pulverizados y mezclados con un líquido y otros ingredientes que

permiten formar una suspensión.

Polvos (P). Utilizados para espolvoreo y vienen listos para su aplicación utilizando inertes como: arcilla, caolín, talco, ceniza volcánica.

Polvos mojables (PM). Son semejantes a los polvos para espolvorear y están formulados para mezclarse con agua formando una suspensión.

Polvos solubles (PS). Forman una solución cuando se mezclan con agua, se necesita cierta agitación para lograr su disolución inicial.

Granulados (G). Se formulan impregnando el gránulo del inerte con una solución del ingrediente activo. Apropriadas para aplicaciones dirigidas. Sus aplicaciones son directas y no se deben mezclar con agua.

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Todo átomo o molécula posee una determinada cantidad de energía, lo que da como resultado cierta cantidad de movimiento.

Cuando la mayor parte de este movimiento supera la energía de atracción entre átomos

o moléculas el material pasa de sólido a líquido y de éste a vapor.

Tomando en cuenta estas consideraciones y otras propiedades de los insecticidas, se nota la importancia de ciertos procesos tales

como evaporación, absorción, asimilación biológica, disolución, etc.

Las propiedades actúan de manera predecible, lo que permite pronosticar el probable comportamiento bajo ciertas condiciones ambientales. El estudio de estas propiedades los investigadores la han llamado "Dinámica química".

La base de este aspecto está dado en los siguientes puntos:

- Naturaleza y propiedades del compuesto.
- Interacción entre las propiedades químicas y la sección ambiental determinan la suerte y comportamiento del producto.
- Esta interacción determina la distribución de la sustancia y la cantidad a que el hombre y los organismos que no son objetivo directo pueden estar expuestos.

Se debe tener un conocimiento del ambiente con el propósito de poder controlar estos aspectos mencionados además de otros, relacionados con el comportamiento de la sustancia química.

Las partes fundamentales del ambiente son:

- La tierra (litosfera)
- El agua (hidrosfera)
- El aire (atmósfera)
- Flora y fauna (biosfera)

Cuando una sustancia química se libera en el ambiente se distribuirá en varias fases en una concentración que depende de las propiedades del producto y de la fase.

Los principales datos físico-químicos que se tienen en cuenta para predecir el comportamiento del producto son:

Presión de vapor: es la medida de la tendencia de un compuesto a evaporarse, característica deseable para un insecticida fumigante.

Factores que influyen en la velocidad de evaporación:

- Velocidad del viento.
- Temperatura.

- Humedad.
- Tipo de superficie absorbente.

Estabilidad: se refiere al comportamiento de la sustancia frente a condiciones ambientales que inciden en su efectividad ya sea física o químicamente.

Por ejemplo inestabilidad al contacto con productos alcalinos o ácidos; Degradación por: temperaturas altas, por acción de la luz o por hidrolización, óxido-reducción.

Factores que influyen en la estabilidad:

- Temperatura.
- Humedad.
- Tipo de suelo.
- Absorción.
- Nivel de Materia orgánica.
- Actividad biológica.

Solubilidad: nos permite conocer si un compuesto puede ser absorbido por una superficie o simplemente absorbido a ella. Las sustancias poco solubles en agua, casi siempre se absorben sobre las superficies.

Nota: La absorción y acumulación de una sustancia química en un sistema biológico son una función del carácter lipofílico así como de su solubilidad en el agua. Las relaciones lipofílico a hidrofílico determinarán si un compuesto se almacenará o biodegradará.

Flamabilidad: la capacidad de una sustancia de ser o no inflamable.

Acción corrosiva: se debe tener en cuenta especialmente para su empaque, almacenamiento y aplicación.

Nombre químico, Fórmula química y Fórmula empírica: nos permite identificar el grupo químico a que pertenece el producto, su estructura química y elementos que la componen.

Peso molecular, apariencia, olor, densidad, punto de fusión: son considerados especialmente para determinar el tipo de formulación más apropiado.

Las vías de absorción de un plaguicida pueden ser:

- Oral.
- Dermal.
- Inhalación.

- Toxicología de los Organos Fosforados
 - Acción farmacológica:
Los organofosforados actúan como inhibidores más o menos irreversibles de la enzima acetilcolinestasa, permitiendo la acumulación de grandes cantidades de acetilcolina.
 - Síntomas de intoxicación:
Irritabilidad seguida de temblores, especialmente en las extremidades, finalmente parálisis y muerte del insecto.

- Toxicología de los Organoclorados:
 - Acción farmacológica: actúan sobre el sistema nervioso central, sin embargo no está perfectamente claro el mecanismo de esta acción ni en el hombre ni en los animales.
Los compuestos y/o ciertos productos de degradación se almacenan en la grasa.
 - Síntomas de intoxicación: temblores en las extremidades, detención brusca de los temblores. Parálisis y muerte.

- Toxicología de los Piretroides:
 - Acción farmacológica:
Producen alteraciones de la función nerviosa y muscular.
 - Síntomas de intoxicación:
Se produce primero una sobre excitación nerviosa prolongada, luego contracciones musculares de larga duración y posteriormente obstrucción de las contracciones y la muerte.

- Toxicología de los Carbamatos:
 - Acción farmacológica:
Son inhibidores de la colinesterasa, es más rápida que con los fosforados y completamente reversible.
Muchos de estos compuestos son prácticamente inabsorbibles por la piel.
 - Síntomas de intoxicación:
La sintomatología es semejante a la de organofosforados. Los síntomas de intoxicación se manifiestan más rápidamente que los de fosforados.

Con esta visión general del modo de acción de los insecticidas, podremos tener elementos de juicio suficientes, para escoger la forma de enfrentarnos a las plagas de una manera más racional, económica y eficiente, además de permitirnos hacer la elección del método o los métodos más apropiados a las necesidades que se requieren en un momento dado.

BIBLIOGRAFIA

- FREED, V. H., 1978. Conferencia en Seminario sobre manejo de plaguicidas y protección del ambiente. Bogotá.
- GOMEZ, A. R., F. PUERTA, 1986. Conferencia manejo de plaguicidas en curso para prácticos ICA. Ipiales.
- LONDOÑO, R., 1978. Plaguicidas de uso agrícola. Temas didácticos. Boletín ICA Bogotá.
- O'BRIEN, R. D., 1967. Insecticides Action and Metabolism. Academic Press, New York and London.
- PEREZ, P. A., Insecticidas piretroides. Manual FMC. 1-12 S. F.
- RUSSI, L. R., H. RINCON M., 1981. Toxicología y Terapia de las Intoxicaciones con Plaguicidas Sopaq.
- TEMPLE, K. B., An introduction to pesticides. Shell chemicals. London.
- ULMAN, E., 1972. Lindane Monograph of an Insecticide. Federal Republic of Germany.

CONTROL QUIMICO DE PLAGAS DE PAPA

K. V. Ramo

INTRODUCCION

Un plaguicida es cualquier producto químico utilizado para controlar plagas. En la producción de papa se utilizan principalmente cuatro tipos de plaguicidas: insecticidas, herbicidas, rodenticidas y fungicidas. La información concerniente al uso de insecticidas químicos como un medio para el control de las plagas de la papa se encuentran dispersas en la literatura y frecuentemente no está al alcance de los programas nacionales de los

países en desarrollo. Debido a las prioridades ambientales contemporáneas de nuestra sociedad, se están investigando la producción y el uso de todos los plaguicidas como nunca se hiciera anteriormente. Por lo tanto, se hace necesario discutir las principales categorías de insecticidas y sus efectos sobre las nuevas consideraciones ambientales en la producción de papa.

1. TIPOS DE FORMULACIONES

Los insecticidas generalmente no son aplicados en forma pura a la papa. Deben ser diluidos en agua, en aceite, o en un sólido inactivo de modo que sean menos tóxicos al hombre y puedan ser aplicados uniformemente sobre un área amplia. El producto final es llamado una "formulación de insecticida".

La formulación mejora la efectividad, el almacenamiento, el manejo, la seguridad, y el proceso de aplicación. Los siguientes tipos de formulaciones incluyen las utilizadas en el cultivo de la papa.

1.1 Polvos (P)

El insecticida es formulado mezclándolo con partículas secas finamente molidas tales como arcilla, talco, o cenizas volcánicas. Los insecticidas en polvo son representados en la literatura por la letra mayúscula **P** (en inglés **D**). La ventaja de su uso está en que no se requiere mezclar y el insecticida puede ser aplicado directamente a la planta de papa.

La desventaja consiste en que los polvos no siempre se adhieren a las plantas de papa y quedan expuestos a ser arrastrados por el viento, presentando por lo tanto un mayor peligro tóxico para los aplicadores y el ambiente en comparación con muchos otros tipos de formulaciones. Por estas razones, los espolvoreos son recomendados en la

papa, solamente para aplicaciones localizadas.

1.2 Granulados (G)

Este es otro tipo de formulación seca de insecticidas, representada por la letra mayúscula **G**. Este tipo de insecticida es formulado mezclándolo con partículas secas de arcilla, arena, cáscaras de maní, o bagacillo o coronta molida de maíz.

Los insecticidas granulados que se utilizan en la producción de papa contienen generalmente 5 a 10% de ingrediente activo. Como ventajas, incluyen una fácil aplicación con equipo simple, y no requieren mezcla adicional. Son relativamente no tóxicos para los aplicadores y no son arrastrados del área o zona donde son aplicados. La desventaja estriba en que los gránulos no pueden ser utilizados para tratar el follaje ya que ellos no se fijan al mismo.

1.3 Líquidos

La mayoría de los insecticidas que son aplicados en forma líquida, utilizan el agua como vehículo. Los mayormente utilizados incluyen los presentados en forma fluida o en suspensiones estables, los concentrados emulsionable, y los polvos mojables. Una formulación en líquido puede contener todos o algunos de estos agentes:

Insecticida en forma líquida + Solvente orgánico (para disolver el insecticida) + Emulsionante (para ayudar al insecticida a que se mezcle con el agua) + Esparcidores y adherentes

Entre las ventajas de una formulación líquida se incluyen: 1) el precio por unidad de insecticida es bajo; 2) es fácil de transportar y almacenar; 3) es efectiva para tratamiento del follaje; 4) requiere poca agitación para mantenerse mezclada.

Las desventajas de la formulación líquida incluyen: 1) es fácil que se aplique una dosis menor o mayor que la necesaria si no es cuidadosamente mezclada; 2) es peligrosa para los humanos debido a que su forma líquida permite que el plaguicida sea absorbido a través de la piel.

Tipos de formulaciones líquidas

Flúidos o suspensiones estables. Se les abrevia con la letra mayúscula **F**, y son una clase especial de formulación líquida en la cual las partículas sólidas finamente molidas son suspendidas en un líquido.

Concentrados emulsionables. Se abrevian como **CE** (en inglés **EC**). Son mezclas con agua y asperjados. Cuando se les mezcla con agua se forma una emulsión de aspecto lechoso. Esta es generalmente estable, sin agitación, por un período de varias horas y debe mezclarse solamente la cantidad que va a ser utilizada inmediatamente.

Polvos mojables. Contienen los mismos materiales que los concentrados emulsionables y se les abrevia con las letras **PM** (en inglés **WP**). Son distribuidos en pequeñas partículas secas parecidas a los polvos. En estas formulaciones, la cantidad de insecticida varía entre 15 y 95%. Los polvos mojables son mezclados con agua para formar suspensiones; las partículas suspendidas se asientan si no son agitadas. Sus ventajas con las mis-

mas mencionadas para las formulaciones en líquido. La desventaja consiste en que pueden ser tóxicos para la persona si inhala el polvo concentrado al momento de preparar la mezcla. Estas formulaciones deben ser agitadas periódicamente en el tanque de aspersión, o de lo contrario se asentarán.

Polvos solubles (PS). Contienen los mismos materiales que los polvos mojables, pero se disuelven en agua para formar soluciones que no se asientan. Sus ventajas son las mismas que las de los polvos mojables. Adicionalmente, los polvos solubles no necesitan ser agitados en el tanque de aspersión ya que no se asientan. La desventaja es que pueden ser tóxicos para la persona si durante la preparación de la mezcla inhala el polvo concentrado.

Cebos tóxicos. Estos son abreviados con la letra mayúscula **C** (En inglés **B**). Un cebo tóxico es un comestible, u otra sustancia, mezclado con un pesticida. Los cebos contienen un bajo porcentaje de ingrediente activo que varía de un cuarto (0,25) a 5%. El tóxico es mezclado con varios escipientes o atrayentes tales como afrecho, pulpa de naranja, bagacillo o coronta molida de maíz, y azúcares. En el cultivo de papa los cebos son utilizados para plagas subterráneas tales como gusanos cortadores, hormigas y grillos. Los cebos son también utilizados para controlar ratas en los almacenes de papa. Entre las ventajas de su uso se mencionan las bajas cantidades utilizadas del tóxico de manera que la contaminación ambiental es mínima. La desventaja es que estos productos son frecuentemente atractivos y peligrosos para los niños y el ganado. Los cebos también pueden ser inefectivos si la plaga prefiere la papa en vez del cebo.

2. TOXICIDAD DE LOS INSECTICIDAS

La mayoría de los insecticidas controla las plagas por envenenamiento. Muchos de estos

productos son tóxicos o venenosos también para los humanos. Algunos pueden causar

la muerte o afectar seriamente a las personas, y otros pueden irritar la piel, los ojos, la nariz, o la boca. Los insecticidas pueden penetrar en el cuerpo humano de tres maneras:

- **Oral.** El insecticida entra al cuerpo por la boca. Esto ocurre mientras comemos, cuando fumamos, y cuando los insecticidas son almacenados en recipientes que son luego utilizados para tomar los alimentos.
- **Dérmica.** El producto químico penetra a través de la piel. Es peligroso usar ropas que se encuentran mojadas por una solución de insecticida, o dejar que las soluciones o los polvos insecticidas toquen nuestra piel durante la preparación de la mezcla, o la aplicación de los materiales. Los insecticidas son absorbidos más fácilmente a través del cuello, de las axilas, al revés de las manos y de las muñecas, y las plantas de los pies.
- **Inhalación.** Los polvos insecticidas, los vapores, o las nebulizaciones de las aspersiones pueden ser inhaladas. Esta vía de in-

greso es muy importante cuando se aplican polvos mojables, o insecticidas granulados.

En la producción de papa, las vías de ingreso a través de la piel, y las inhalaciones son más importantes. Es más común o fácil aspirar insecticidas o salpicarlos sobre el cuerpo durante las aplicaciones que comer o beber los insecticidas utilizados. A la larga, no interesa cómo ingresan los insecticidas a su cuerpo ya que en caso que ello suceda, pueden intoxicarlo o envenenarlo cualquiera que sea la forma de ingreso.

Definición de toxicidad

Toxicidad significa "cuán tóxico es". La toxicidad puede ser medida en cantidades LD₅₀ que varían de cero hacia arriba. LD₅₀ significa dosis letal (Cantidad que causa la muerte) requerida para matar el 50% de los animales sometidos a prueba, en un período dado de tiempo. Generalmente los valores de LD₅₀ son medidos en miligramos de insecticida por kilogramo de peso del cuerpo humano (mg/kg).

FIGURA 1
TOXICIDAD AGUDA (ADVERTENCIAS)

ADVERTENCIAS EN LAS ETIQUETAS DE LOS INSECTICIDAS PARA DIFERENTES CATEGORIAS DE TOXICIDAD AGUDA

Categoría	Palabras de aviso en la etiqueta	Toxicidad aguda			Dosis letal oral probable para un hombre de 70 kg.
		LD ₅₀ (mg/kg)		LC ₅₀ (mg/litro)	
		Oral	Dérmica	Inhalación	
Altamente tóxico	Veneno mortal 	0 - 50	0 - 200	0 - 2.000	De unas cuantas gotas a 1 cucharadita.
Moderadamente tóxico	Advertencia	51 - 500	201 - 2.000	2.001 - 20.000	Más de 1 cucharadita hasta 30 g.
Ligeramente tóxico	Precaución	501 - 5.000	2.001 - 20.000		Desde 31 g. hasta 480 g.
Relativamente no tóxico	Ninguna	Más de 5.000	Más de 20.000		Más de 480 g.

FIGURA 2 INFORMACION EN UNA ETIQUETA DE PESTICIDA

- Tipo de plaguicida: insecticida, herbicida, etc.
- Nombres comerciales. Un mismo plaguicida es a veces vendido por diferentes compañías de productos químicos bajo diferentes nombres comerciales.
- Contenido neto
- Direcciones para su uso: Qué plagas controla. Para qué cultivos puede ser utilizado. Cuánto cantidad debe ser aplicada. Otras ideas y sugerencias

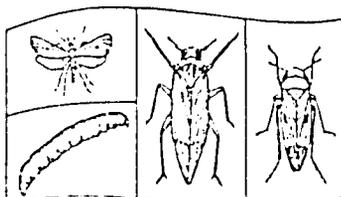
NET CONTENTS: 1 quart

• Kill'em

INSECTICIDE

CAUTION:
Harmful if swallowed. Avoid breathing dust or spray mist. Avoid contact with skin. Wash thoroughly after handling. Wash contaminated clothing before reuse. Avoid contamination of food and feedstuffs.

NOTICE:
No warranty or express or implied is made concerning the use of this product. User assumes all risk and liability resulting from handling use of this product.



DIRECTIONS FOR USE

Crop	Pests	Rate/5-gal water
Rice	leaf hoppers, planthoppers, leaf folders, rice bugs, armyworms	2-4 tablespoons of 500 grams to 1 liter/ltr.
Vegetable	cucumber beetles, leaf beetles, leaf hoppers, leaf miners, squash bugs, army worms, wire bugs	2-4 tablespoons of 1/2 to 3/4 liter/ltr.
Corn	cornborers, earworms, ear beetles, aphids	2-4 tablespoons of 1/2 to 3/4 liter/ltr.

Active ingredients:
 2-isocyanonaphthyl-methyl carbamate 50%
 Inert ingredients (including solvents, spreading agents, etc.) 50%
100%



MADE, MARKED, PACKAGED



Keep Out of Reach of Children!

- El nombre común o el nombre del producto químico para el tóxico propiamente dicho, y el porcentaje del principio activo en la fórmula.
- Nombre y dirección de la compañía productora
- Aviso sobre riesgos: Los pesticidas son agrupados según su toxicidad la cual es descrita con signos y símbolos en la etiqueta

Los plaguicidas con valores bajos de LD₅₀ son más tóxicos que los plaguicidas con valores altos de LD₅₀. Por ejemplo, un insecticida con un LD₅₀ de 10 mg/kg es más tóxico que uno con una LD₅₀ de 100 mg/kg.

La toxicidad aguda de inhalación es medida por la LC₅₀. LC significa concentración letal. Los valores de LC₅₀ son medidos en miligramos por litro. Insecticidas con una LC₅₀ baja son más tóxicos que aquellos con una LC₅₀ alta. Las toxicidades agudas son la base

para plantear las advertencias en las etiquetas de los insecticidas. (Figuras 1 y 2).

Toxicidad crónica. Es el efecto tóxico de un pesticida sobre los animales o la persona, después de que pequeñas dosis repetidas se han acumulado, durante determinado período, en los tejidos del organismo vivo. La toxicidad crónica es importante dado que algunos insecticidas como Aldrin, BHC, etc., pueden permanecer en el organismo por largo tiempo.

3. PROBLEMAS CAUSADOS POR EL USO INADECUADO DE LOS INSECTICIDAS

Los insecticidas son una parte útil y necesaria del manejo integrado de plagas de la papa, pero deben ser aplicados correctamente y utilizados sólo cuando sea necesario. El uso inadecuado o el abuso de insecticidas causa efectos colaterales indeseables.

Resistencia a los insecticidas. Varias especies de plagas de la papa se han vuelto ya resistentes a ciertos insecticidas. Si en el futuro se utilizan más insecticidas en la papa, los problemas de resistencia probablemente aumentarán. Para reducir la probabilidad del desarrollo de la resistencia a los insecticidas, aplique productos químicos solamente cuando los niveles de las plagas alcancen un valor económico, y utilice la dosis efectiva mínima.

Contaminación ambiental. Los insecticidas persistentes permanecen por largos períodos sin modificación en el ambiente. Estos materiales no son necesariamente perjudiciales

a menos que sean absorbidos por los animales y las plantas y se acumulen en sus tejidos. La vida silvestre y las personas que comen animales envenenados con insecticidas, pueden envenenarse sin entrar en contacto directo con el producto químico. Tales productos son muy perjudiciales para el ambiente y causan daños que persisten durante mucho tiempo. Los insecticidas pueden afectar también a organismos que no son el objetivo de la aplicación, cuando son llevados por el viento, el agua, o por otros medios, fuera de la zona donde son aplicados. Igualmente, pueden ser dañinos para los humanos, el ganado, y la vida silvestre, así como para otros cultivos. Un buen ejemplo es el uso de Temik para el control de plagas de la papa en Long Island, New York, y la contaminación del agua potable en esta localidad. También puede ocurrir fitotoxicidad en las plantas de papa cuando se utiliza un insecticida inadecuado, o la formulación equivocada, o cuando se usa demasiado insecticida.

4. PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE LOS INSECTICIDAS

4.1 Antes de la aplicación

Lea la etiqueta (ver la Figura 2) para determinar a) dosis, b) periodicidad, c) exigencias de ropa de protección y de equipo, d) antidotos y otras medidas de precaución, e) intervalos de reingreso al campo después de la aplicación, y f) otras medidas de seguridad.

Posteriormente, revise el aspersor. Llene el tanque con agua corriente y pruebe el aspersor para asegurarse que no existen fugas o conexiones flojas y que el equipo esté trabajando adecuadamente. Repare o reemplace cualquier deterioro o parte defectuosa.

Mezclado y llenado. Debido a que el insecticida se encuentra concentrado, tome precauciones adicionales cuando mezcle o llene los aspersores: a) use ropa protectora; b) abra

los recipientes de los insecticidas cuidadosamente para evitar salpicaduras, derrames, o su arrastre por el viento, c) manténgase de espaldas al viento para evitar el arrastre hacia su cuerpo de los vapores o partículas del insecticida; d) mantenga la cabeza alejada de la abertura del aspersor; e) si el insecticida concentrado se derrama sobre la ropa, cámbiese de ropa y lávese inmediatamente; f) no mezcle insecticidas con sus manos ni permita que el material concentrado toque su piel.

4.2 Durante la aplicación

Use ropa protectora cuando aplique insecticidas altamente tóxicos. Evite exponerse y no coma, no beba, no fume, ni sople boquillas obstruidas mientras aplica insecticidas.

Asperje de espaldas al viento para evitar el contacto con el insecticida que sea arrastrado. Evite contaminar las zonas que no necesitan aplicación. Para prevenir el arrastre, no asperje durante horas de vientos fuertes.

Evite la aspersión cerca o dentro de lagunas, estanques, lagos o corrientes de agua. Las parcelas pequeñas, localizadas cerca de las casas, deben asperjarse temprano en la mañana o cuando las personas, los animales domésticos y el ganado, están menos expuestos a sus efectos.

4.3 Después de la aplicación

Cerciórese de que el aspersor esté vacío. Si es necesario, asperje el material sobrante en otro campo. Limpie y enjuague el interior y exterior del aspersor, y llévelo a la zona de almacenamiento. Elimine los recipientes vacíos de la manera más conveniente. Almacene el insecticida sobrante apropiadamente. Cámbiese de ropa y báñese. Manténgase alejado durante 1 ó 2 días de los campos tratados, para evitar intoxicarse por contacto con las plantas tratadas.

5. SELECCION DE UN INSECTICIDA

Antes de escoger y aplicar cualquier plaguicida en la producción de papa, deben considerarse varios factores.

Identificación de la plaga. Cuidadosamente observe los campos de papa para identificar los síntomas de daños, y las especies de plagas. Algunas veces, pese a la presencia muy visible de ciertos insectos, no se presentan pérdidas considerables. Frecuentemente un clima desfavorable puede provocar daños que se confunden con los provocados por una plaga.

Determinación de necesidad de control. Use técnicas de muestreo y vea si los niveles de plaga afectan económicamente al cultivo para decidir si la población de las mismas es suficientemente grande para exigir control. Asegúrese que la plaga se encuentra en el estado apropiado de desarrollo para ser controlada por insecticidas y que no es demasiado temprano o tarde de acuerdo al desarrollo del cultivo, para que el control tenga un beneficio económico.

Consideración de métodos alternativos de control. Considere otros métodos de control y la integración de varias medidas de control no químico. Aplique los insecticidas solamente cuando los métodos alternativos no reducen o no mantienen las poblaciones de la plaga por debajo del nivel económico de daño.

Selección de un insecticida. Seleccione un insecticida que:

Sea efectivo contra la plaga que se quiere controlar,

Tenga instrucciones en la etiqueta, para el uso deseado,

No cause daños al cultivo (fitotoxicidad),

Cause el menor daño a los organismos benéficos (pájaros, parásitos, y predadores),

No se traslade de las zonas tratadas, ni permanezca en el ambiente afectando personas, ganado o peces,

Venga en la formulación correcta para usar con el equipo de que se dispone.

6. EQUIPO DE ASPERSION

Aspersores de mochila. Los aspersores de mochila, también conocidos como bombas de espalda, son los más comunes y ampliamente utilizados para la producción de papa en los países en desarrollo. Tiene una capacidad de 8 a 20 litros, son llevados a la espalda

de los operadores, y son operados por bombeo continuo. En el interior del tanque, el aspersor es accionado moviendo una palanca exterior que puede ser del tipo de émbolo o del tipo de diafragma que, actuando de bomba, comprime el aire encerrado en una

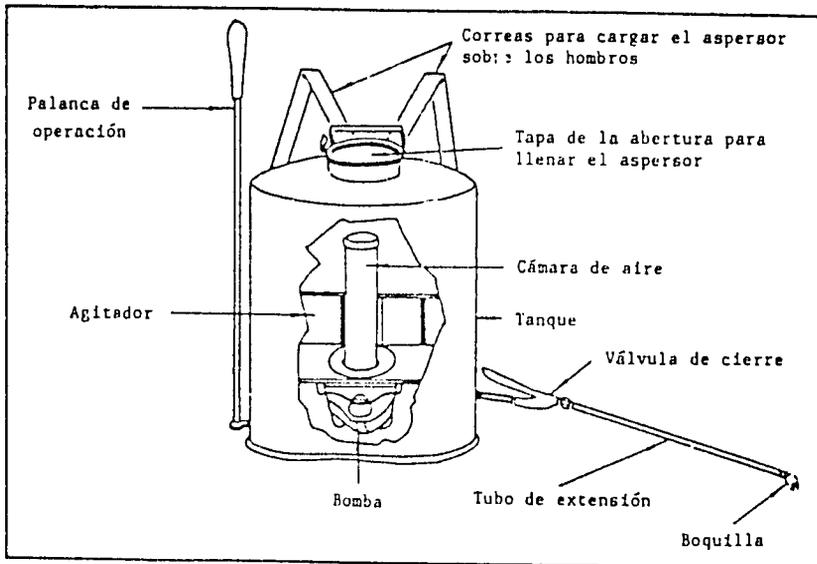


Fig. 3 - Aspersor de mochila.

cámara. Para mantener las soluciones de aspersión bien mezcladas, algunos aspersores tienen un agitador en el interior del tanque. Si el aspersor no tiene agitador, el operador tendrá que parar periódicamente y mover en forma circular el contenido del tanque para evitar su asentamiento (en particular los polvos mojables). La válvula de cierre controla la salida y el paso de la aspersión hacia la boquilla. Las boquillas cónicas dan una buena cobertura de las superficies de las hojas y tallos de las plantas, para el control de las plagas de la papa.

Calibración de los aspersores de mochila:

- Revise que no existan fugas y que las partes se encuentren en buenas condiciones.
- Delimite con estacas, una zona de prueba en el campo.
- Coloque una cantidad conocida (cm^3) de agua en el tanque del aspersor. Establezca el ancho de la aspersión (m).
- Entre al área de ensayo y efectúe la caminata de prueba asperjando el área a la presión y velocidad recomendadas.
- Después de asperjar el área de prueba, mida la longitud de la misma.
- Calcule la dosis de aplicación en dm^3 por hectárea (ha).

$$\text{Área asperjada (ha)} = \frac{\text{Ancho establecido (m)} \times \text{Distancia recorrida (m)}}{10.000}$$

$$\text{Tasa de aplicación} = \frac{\text{Volumen asperjado}}{\text{Área asperjada}}$$

Ejemplo: Ancho de la aspersión = 4 m
 Distancia recorrida = 40 m
 Volumen asperjado = 5 m^3

$$\text{Area asperjada (ha)} = \frac{4 \text{ m} \times 40 \text{ m}}{10.000 \text{ m}^2} = 0.016 \text{ ha}$$

$$\text{Tasa de aplicación} = \frac{5 \text{ dm}^3}{0.016 \text{ ha}} = 313 \text{ dm}^3/\text{ha}$$

- Calcule luego la cantidad necesaria del (10 litros), y quiere aplicar 313 dm³ de solución aspersora/ha; quiere aplicar 0,5 kg de ingrediente activo (ia) de insecticida/ha y el insecticida formulado es 25% CE (25% de concentrado emulsionable).

Ejemplo. Usted tiene un aspersor de 10 dm³

- a) Calcule primero el número de cargas de aspersión/ha.

$$\frac{\text{dm}^3 \text{ de solución de aspersión/ha}}{\text{capacidad del aspersor en dm}^3} = \frac{313}{10} = 31,3 \text{ cargas}$$

- b) Calcule luego la cantidad de la formulación comercial para aplicar/ha.

$$\frac{\text{Tasa en kg ia/ha}}{\text{ia en la formulación (\%)}} = \frac{0,5}{0,25} = 2 \text{ kg.}$$

- c) Divida la cantidad de la formulación comercial para aplicar/ha por el número de cargas de aspersión/ha.

$$\frac{2 \text{ kg.}}{31} = 0,065 \text{ kg de formulación comercial del insecticida.}$$

La calibración apropiada de aspersión asegurará que los insecticidas sean uniformemente distribuidos y el cultivo sea cubierto adecuadamente. Esto mejorará el control de las plagas y ahorrará dinero.

7. ALMACENAMIENTO Y ELIMINACION DE INSECTICIDAS

7.1 Almacenamiento

Almacene los insecticidas en sus recipientes originales en una zona segura, seca, con cerradura, y bien ventilada. Los recipientes deben estar cerrados, con la etiqueta correcta, y mantenidos fuera del alcance de niños y animales.

7.2 Eliminación

Enjuague todos los recipientes vacíos 3 a 4 veces con agua. Enjuague también los aspersores por dentro y por fuera. Separe los recipientes utilizados que serán quemados de aquellos que no lo serán. Cuando la incineración no está permitida, se pueden quemar

pequeñas cantidades de recipientes de cartón o papel en zonas alejadas de las personas y del ganado. No quemar recipientes vacíos que contengan mercurio, plomo, cadmio, arsénico o insecticidas. Rompa y quemar

los recipientes no quemables en una zona de terreno donde las personas, el ganado, y el agua del suelo no sean contaminados. Los recipientes deben ser enterrados, al menos, a medio metro de profundidad.

8. CALCULOS CON INSECTICIDAS

Cuando aplique insecticidas usted necesita conocer los siguientes factores simples de conversión:

Area:	1 hectárea (ha)	=	10.000 metros cuadrados (m ²)
Masa:	1 kilogramo (kg)	=	1.000 gramos (g)
Volumen:	1 litro (l)	=	1 dm ³ = 1.000 cm ³
	1 galón (gal)		
	(3,8 litros)	=	3,8 dm ³
	1 cucharada	=	10 cm ³

Para suministrar una cobertura adecuada, un aspersor de mochila debe ser calibrado correctamente.

Para determinar cuantas cargas son necesarias para lograr un cierto volumen de aspersión (dm³/ha), utilice la siguiente ecuación:

Número de cargas =

$$\frac{\text{Volumen deseado de aspersión (dm}^3\text{/ha)} \times \text{Area del terreno (ha)}}{\text{Volumen del aspersor (dm}^3\text{)}}$$

Ejemplo: Usted tiene un aspersor de 10 dm³ (10 litros) y desea aplicar una aspersión en dosis de 250 dm³/ha en una extensión de 0,4 ha. ¿Cuántas cargas necesita aplicar?

$$\text{Número de cargas} = \frac{250 \text{ dm}^3\text{/ha} \times 0,4 \text{ ha}}{10 \text{ dm}^3} = 10 \text{ cargas}$$

Para calcular las dosis requeridas para aspersiones foliares, convierta las dosis recomendadas, a las siguientes:

- Porcentaje de concentración en la solución.
- kg. ia/ha.

El porcentaje de concentración en la solución recomendada es calculado utilizando la siguiente ecuación:

Concentración (%) =

$$\frac{\text{Volumen (cm}^3\text{) (o peso -g-) de la formulación recomendada} \times \text{Ingrediente activo (\%)}}{\text{Volumen recomendado (cm}^3\text{) (o peso de agua -g-)}}$$

Ejemplo:

Producto	Recomendación en la etiqueta	Cálculos	Concentración de la solución (%)
50% CE	Agregue 20 ml de producto/ 20 litros de agua.	$\frac{20 \text{ cm}^3 \times 50\%}{20 \text{ litros} \times 1.000 \text{ cm}^3/\text{litro}}$	0,05
50% PM	Agregue 15 g de producto/5 galones de agua	$\frac{15 \text{ g} \times 50\%}{5 \text{ gal} \times 3.800 \text{ cm}^3/\text{gal.}}$	0,04
30% CE	Agregue 3 cucharadas/5 gal. de agua.	$\frac{3 \text{ cuch.} \times 10 \text{ g/cuch.} \times 30\%}{5 \text{ gal.} \times 3.800 \text{ cm}^3/\text{gal.}}$	0,05

Cálculo de la dosis cuando se conoce la concentración (%). La siguiente información es requerida para los cálculos.

- Tasa recomendada (% de concentración de ia)
- Volumen (dm^3 de aspersión deseado/área tratada)
- Porcentaje de ingrediente activo (ia) en la formulación comercial
- Área (ha) para tratarse.

Ejemplo: Usted desea aplicar 320 dm^3 de una solución aspersora/ha a un área de 0,5 ha. La concentración de aspersión recomendada del insecticida de 45% CE es de 0,04%. ¿Cuántos dm^3 de la formulación comercial se requieren para el tratamiento?

- Volumen requerido de aspersión para el área tratada = $320 \text{ litros} \times 0,5 \text{ ha} = 160 \text{ dm}^3$
- Volumen (dm^3) de formulación comercial =

$$\frac{\text{Volumen requerido de aspersión} \times \text{Concentración (\%)} \text{ recomendada de aspersión}}{\text{Ingrediente activo en la formulación}} = \frac{160 \times 0,04}{45}$$

$$= \frac{160 \times 0,04}{45} = 0,142 \text{ dm}^3$$

- Cantidad de material comercial por carga de aspersión =

$$\frac{\text{Litros de formulación comercial} \times \text{capacidad del aspersor} (\text{dm}^3)}{\text{Cantidad requerida de aspersión} (\text{dm}^3)}$$

Si usted tiene un aspersor de 8 dm^3 (8 litros):

Cantidad de material comercial por carga de aspersión (kg) =

$$\frac{0,142 \times 8}{160} = 0,007 \text{ kg.}$$

Cálculo de la tasa o dosis cuando las recomendaciones se basan en kg. de ingrediente activo (ia/ha).

Información necesaria:

- Tasa recomendada (kg. ia/ha)
- Porcentaje de ia en la formulación.
- Area (ha) para tratar.

Ejemplo: Usted desea aplicar 320 dm³/ha de solución aspersora a 0,5 ha. La tasa recomendada de un insecticida de 70% PM es 0,75 kg ia/ha. ¿Cuántos kilogramos de la formulación comercial se requieren para tratar 0,5 ha?

-- Formulación comercial (kg) =

$$\frac{\text{Tasa recomendada (kg. ia/ha)} \times \text{Area para tratar (ha)}}{\% \text{ ia en la formulación comercial}} \times 100 =$$
$$\frac{0,75 \times 0,5}{70} \times 100 = 0,536$$

-- Volumen necesario de aspersión para el área tratada =

$$320 \text{ dm}^3/\text{ha} \times 0,5 \text{ ha} = 160 \text{ dm}^3$$

-- Cantidad de materiales/carga de aspersión (kg) =

$$\frac{\text{Formulación comercial (kg)} \times \text{Capacidad del aspersor (dm}^3\text{)}}{\text{Cantidad requerida de aspersión (dm}^3\text{)}} =$$

Si usted tiene un aspersor de 8 dm³ (8 litros):

$$\frac{0,536 \times 8}{160} = 0,027 \text{ kg} = 27 \text{ g/carga de aspersión}$$

La misma ecuación se utiliza para formulaciones líquidas. Las cantidades estarán en dm³ y en cm³

Aplicación de insecticidas granulados

Información necesaria:

- Tasa o dosis recomendada kg ia/ha
- Area para tratar
- % ia en la formulación granulada.

Ejemplo: Usted desea aplicar el insecticida granulado en una dosis de 0,6 kg ia/ha a un campo de 2 hectáreas. El producto contiene 3% de ingrediente activo. ¿Cuántos kilogramos de formulación comercial se necesitan para tratar esta área?

Formulación comercial (kg) =

$$\frac{\text{Dosis recomendada (ia/ha)} \times \text{Area para tratar (ha)}}{\text{ia en la formulación comercial}} \times 100 =$$

$$\frac{0,6 \text{ kg/ha} \times 2 \text{ ha}}{3} \times 100 = \frac{1,2}{3} \times 100 = 40 \text{ kg}$$

9. CONTROL QUIMICO DE PLAGAS EN PAPA

Los científicos sociales del CIP, en colaboración con los científicos en biología, se encuentra en el proceso de desarrollar un banco de datos de información sobre pesticidas. En la fase inicial de este proyecto, los investigadores sociales del CIP, P. Ewell, y Hugo Fano, entrevistaron 114 productores peruanos de papa. Los insecticidas comerciales utilizados están listados en orden de frecuencia encontrada en esta pequeña muestra (Tabla 1).

9.1 Pruebas de laboratorio

Seis piretroides sintéticos (permethrín, cypermethrín, flucythrinate, fenvalerate, gylfluthrín y decamethrín) fueron probados contra machos y hembras de polilla de la papa recolectados de La Molina y San Ramón, en el Perú. Los resultados de la mortalidad, a las concentraciones utilizadas en el campo, en el Perú, se presentan en la Tabla 2. Ninguno de los seis piretroides sintéticos fue efectivo, pues las mortalidades variaron por debajo de 50% para las polillas recolectadas en ambas localidades.

9.2 Pruebas de campo

Los insecticidas aplicados al suelo al momento de la siembra incluyeron aldicarb (10% G) aplicado a razón de 2,7 kg ia/ha, carbofurán (5% G) 2,25 kg ia/ha, y carbaryl (20% P) 3,6 kg ia/ha. Los insecticidas aplicados al follaje

incluyeron fenvalerate (30% CE) 0,24 kg ia/ha; chlorfenvinphos (24% CE) 0,38 kg ia/ha; methomyl (90% PM) 1,08 kg ia/ha y aceite mineral (triona) (5% CE) en dosis de 0,3 dm³ CE/ha. Las aplicaciones foliares fueron efectuadas 35 días después de la siembra y posteriormente cada dos semanas, con un total de cuatro aplicaciones. Los tratamientos fueron evaluados 48, 68 y 75 días después de la siembra para daños causados por la polilla. Se seleccionaron al azar tres plantas por parcela y se contó visualmente el número de minas en las hojas y en el tallo producidas por las larvas de la polilla. A la cosecha, se determinaron los rendimientos en el surco central.

Los tubérculos dañados y no dañados fueron pesados por separado. Los resultados se dan en la Tabla 3. Los insecticidas aplicados al suelo, aldicarb, carbofurán y carbaryl no protegieron adecuadamente contra los daños causados por la polilla. De los insecticidas foliares probados, tanto el methomyl como el chlorfenvinphos dieron buen control. En estos tratamientos, los porcentajes por peso de tubérculos dañados, al momento de la cosecha, fueron significativamente menores (P = 0,05).

9.3 Mosca minadora de la hoja

Para el control de *Liriomyza huidobrensis*, se evaluaron cinco tratamientos. Estos in-

cluyeron decametrín (2,5% C \bar{E}) en dosis de 0,2% + oxamyl (24% PM) en dosis de 0,1%; arseniato de plomo (32% PM) en dosis de 0,6% , y proteína hidrolizada (46.6% líquido soluble) en dosis de 0,4% . Con un aspersor de mochila, fueron efectuadas en total 10 aspersiones, a intervalos semanales, empezando un mes después de la emergencia de las plantas. Antes de cada aplicación se evaluaron 10 plantas del surco central pa-

ra determinar el número de adultos de la mosca minadora y los daños que causaron.

9.4 Afido verde del melocotonero

Tres poblaciones del áfido verde del melocotonero *Myzus persicae*, obtenidos de Nueva York, Puerto Rico, y Minnesota, fueron mantenidas sobre un híbrido de papa resistente, D888-4, y un cultivar susceptible, Red Pontiac. El áfido verde del melocotonero

TABLA 1
INSECTICIDAS UTILIZADOS EN PAPA, POR UNA MUESTRA DE
114 AGRICULTORES EN EL PERU

Nombre de fábrica	Nombre común	Fabricante
Aldrín	Aldrín	Shell
Aldrex-2	Aldrín	Shell
Furadán	Carbofuran	FMC
Aldrex-2 Folidol-2	Aldrín + Parathion	
Parathion-E	Parathion	
Folidol E605	Parathion	Bayer
Folidol M	Methyl parathion	Bayer
Tamarón	Methamidophos	Bayer
Pericthion	Dimethoate	BASF
Evisect	Thiocyclam-Hydrogen	Sandoz
Curater 5G	Carbofuran	Bayer
Trigard	Cyromazine	CIBA-GEIGY
Lead arsenate	Lead arsenate	Bayer
Vydate	Oxamyl	Du Pont
Ripcord	Cypermethrin	Shell
Polytrín-200	Cypermethrin	
Cymbush	Cypermethrin	
Metasystox-R	Oxydemeton-methyl	Bayer
Decis	Deltamethrin	Roussel UCLAF
Baythroid	Cyfluthrin	Bayer
Temik	Aldicarb	Unión Carbide
Endrithion	Endrin + Parathion	
Ambush	Permethrin	ICI
Pounce	Permethrin	FMC
Sherpa	Permethrin	
Volaton	Baythion	Bayer
Endrin	Endrin	Shell
Monitor	Methamidophos	Mobay
Monofos	Methamidophos	
Azodrin	Monocrotophos	Shell
BHC	BHC	
Gamexán	BHC	Shell
Arrivo		
Dipterex	Trichlorfon	Mobay
Alsystin	Triflururón	Mobay
Dimethoate	Dimethoate	Amer. Cyanamid
Ekatin	Thiometon	Sandoz
DDT	DDT	
Thimet Phorate	Phorate	Amer. Cyanamid
Gusathion	Azinphos-ethyl	

Fuente: Ewell, Peter. C.I.P., Lima

procedente de Minnesota, era una variante resistente al azinphosmethyl. Los cuatro insecticidas probados incluyeron methamidophós 4% CE, 840 g ia/ha; pirimicarb 50% PM, 140 g ia/ha; azinphosmethyl 2% CE, 560 g ia/ha, y permethrín 2% CE, 56 g ia/ha. Cada población de áfidos tuvo tasa diferente de mortalidad. Se observaron mortalidades significativamente menores ($P = 0,05$) para los áfidos provenientes de Minnesota cuando fueron mantenidos sobre cultivares de papa susceptibles y resistentes, para los insecticidas pirimicarb, azinphosmethyl, y permethrín. Fueron observadas mortalidades signi-

ficativamente mayores con methamidophós en los áfidos de Minnesota cuando se les mantuvo sobre la papa híbrida resistente D888-4. Se resumen los resultados en la Tabla 5.

9.5 Eficacia de los insecticidas en los climas cálidos del Perú

Los insecticidas incorporados al suelo y aplicados al follaje, solos o en combinación, fueron probados en dos lugares de clima diferentes tropical en el Perú. En San Ramón (800 m de altitud) las principales plagas durante la estación de lluvias fueron *Diabrotica*

TABLA 2
MORTALIDAD DE LAS POLILLAS DE LA PAPA *Phthorimaea*
operculella DEBIDA A SEIS PIRETROIDES SINTETICOS
APLICADOS EN CONCENTRACIONES DE CAMPO,
EN LIMA, PERU, 1984

Insecticida	Concentración	Sexo de Polilla	Localidad*	Mortalidad de Polilla (%)
Permethrín	0.05	M	1	44,9
		M	2	43,6
		F	1	42,3
		F	2	44,9
Cypermethrín	0.20	M	1	44,9
		M	2	33,4
		F	1	40,7
		F	2	37,2
Flucythrinate	0.40	M	1	28,3
		M	2	35,1
		F	1	21,7
		F	2	32,8
Fenvalerate	0.20	M	1	16,9
		M	2	13,5
		F	1	13,3
		F	2	10,2
Cyfluthrín	0.50	M	1	32,8
		M	2	30,5
		F	1	31,7
		F	2	27,1
Decamethrín	0.20	M	1	20,0
		M	2	15,3
		F	1	18,3
		F	2	15,3

* Localidad 1: Polillas recolectadas en La Molina, Lima, Perú.

Localidad 2: Polillas recolectadas en San Ramón, Perú.

Fuente: Cellantes, L. G.; K. V. Raman, y J. H. Cisneros. 1986. Effect of six synthetic pyrethroids on two populations of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Peru. I. Crop Protection. en imprenta.

spp. y *Myzus persicae*. Los insecticidas incorporados al suelo dieron protección contra *Diabrotica* spp., pero no contra *M. persicae*, y los rendimientos fueron significativamente más bajos con estos insecticidas en comparación con el insecticida carbofurán aplicado al follaje. El rendimiento promedio resultó negativa y significativamente correlacionado con el número promedio de individuos de *Diabrotica* por planta ($r = -0,989$; $0,01 < P < 0,02$). Durante la estación seca, las principales plagas fueron *Phthorimaea operculella*, *M. persicae*, y *Feltia* spp. El rendimiento promedio estuvo negativamente correlacionado con el número promedio de minas causadas por las larvas de *P. operculella* en el follaje ($r = 0,976$; $0,02 < P < 0,05$). El insecti-

cida methomyl, aplicado al follaje, redujo los daños causados por la plaga e incrementó los rendimientos significativamente. Las plagas principales durante la estación seca en Yurimaguas (180 m de altitud) fueron las especies de *Diabrotica*. La aplicación foliar de carbaryl solo, o en combinación con insecticidas incorporados al suelo, fue igualmente efectiva en reducir los daños y pérdidas en el rendimiento. Se observó una correlación significativa y negativa ($r = 0,985$; $0,01 < P < 0,02$) para el rendimiento por daños de *Diabrotica* spp. Para resultados detallados vea Raman, K. V. y D. J. Midmore. 1983. "Efficacy of insecticides against major insect pest of potatoes in hot climates of Peru". J. Crop Protection 2: 483-489.

TABLE 3
CONTROL QUIMICO DE LA POLILLA DE LA PAPA*

Tratamiento	Aplicado al follaje (F) y al suelo (S)	No. promedio de minas/hojas/planta	No. promedio de minas/hojas/planta	Rendimiento (g/planta)	Peso de tubérculos dañados(%)
Siembra más profunda + Methomyl	F	1,17	1,06	449	6,3
Chlorfenylnphos + Carbaryl	F S	1,17	1,07	432	9,1
Chlorfenylnphos	F	1,25	1,07	391	10,3
Methomyl	F	1,07	1,15	482	14,8
Fenvalerate	F	1,47	1,35	440	20,3
Carbaryl	S	1,70	1,37	413	24,9
Aceite Mineral	F	1,45	1,35	377	26,2
Carbofurán	S	1,90	1,35	346	31,8
Fenvalerate + Carbaryl	F	1,50	1,32	473	32,4
Aceite Mineral + Carbaryl	F	1,55	1,37	387	36,0
Aldicarb	S	1,55	1,40	304	33,6
Testigo	—	1,72	1,37	338	28,3
DMS (P = 0,05)	—	0,46	0,21	NS	20,6
EED (36 grados de libertad)	—	0,22	0,11	89,5	10,1

* Fuente: Raman, K. V., y M. Palacios. 1986. "Tests of agrochemicals and cultivars No. 7. Annals of Applied Biology 107, supplement". En imprenta.

TABLA 4
CONTROL QUIMICO DE LA MOSCA MINADORA
Liriomyza huidobrensis, EN PAPA**

Tratamiento	No. promedio* de adultos/planta	No. promedio* de puntos de alimentación de planta	No. promedio* de larvas foliolo	Parasitismo (%)	Rendimiento g/planta	Aumento o disminución del rendimiento sobre el testigo (%)
Decameclirín + Oxamyl	2,65a	3,67a	1,51a	23,3a	1109d	47
Trifluralinon	2,73b	5,49b	2,05b	29,2ab	502a	-17
Arseniato de plomo	2,87b	4,68b	2,05b	41,9c	862c	32
Arseniato de plomo + proteína hidrolizada	2,78b	4,72b	2,06b	40,2c	791bc	26
Testigo	2,79b	5,70d	2,30c	35,5bc	589ab	-
ESD (45 grados de libertad)	0,24	0,58	0,25	1,09	96,20	

* Los datos originales fueron transformados a $\sqrt{X+1}$ antes del análisis. Los promedios seguidos por letras diferentes, difieren significativamente ($P = 0,005$) por la Prueba de Series Múltiples de Duncan, para comparaciones dentro de las columnas.

** Fuente: Raman, K. V. and M. Palacios. 1986. "Chemical control of leafminer fly, *Liriomyza huidobrensis*, in potato. Tests of agrochemicals and cultivars No. 7. *Annals of Applied Biology* 107, supplement". En imprenta.

TABLA 5
CONTROL DE TRES BIOTIPOS DEL AFIDO VERDE DEL
MELOCOTONERO MANTENIDOS SOBRE UN HIBRIDO
RESISTENTE DE PAPA D888-4, Y UNA VARIEDAD
SUSCEPTIBLE (RED PONTIAC), UTILIZANDO
CUATRO INSECTICIDAS, ST. PAUL, MINNESOTA, 1985

Insecticida	kg/ha (g)	Mortalidad* del Afido (%)					
		Nueva York		Puerto Rico		Minnesota	
		R**	S	R	S	R	S
Methamidophos 4% CE	840	100a	100a	100a	100a	100a	92,5bc
Pirimicarb 50% PM	140	97,14ab	100a	96,77ab	93,93ab	87,17cd	77,50de
Azinphosmethyl 2% CE	560	17,12gf	29,72f	16,87g	0,09g	0,9h	0,0h
Permethrin 2% CE	56	100a	100a	100a	100a	66,66e	65,0e

* Los datos fueron transformados antes del análisis. Los promedios seguidos por letras diferentes, difieren significativamente ($F = 0,05$) por la Prueba de Series Múltiples de Duncan.

** R = Afido mantenido sobre un híbrido resistente de papa (D888-4)

S = Afido mantenido sobre una variedad susceptible (Red. Pontiac)

Fuente: Raman, K. V. 1986. "Effect of four insecticides on three biotypes of green peach aphid reared on a resistant and susceptible potato variety. Submitted to *J. Crop Protection*". En imprenta.

REFERENCIAS

- BEUKEMA, H. P. and D. E. VANDER ZAG, (1979) Potato Improvement, some factors and facts. International Agric Centre, Wageningen. The Netherlands. p. 149-151.
- COLLANTES, L. G., K. V. RAMAN and F. H. CISNEROS, (1986). Effect of six synthetic pyrethroids on two populations of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Perú. J. Crop Protection (In Press).
- MATHENY, Jr. and D. R. MINNICK, (1981) Principles of Entomology text: Vol. II. p. 182-196
- RAMAN, K. V. and M. PALACIOS (1986). Chemical Control of Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella*). Tests of Agrochemicals and cultivars No. 7 Annal of Applied Biology 108, supplement. p. 20-21.
- RAMAN, K. V. and M. PALACIOS, (1986). Chemical Control of Leafminer Fly *Liriomyza huidobrensis* in potato. Tests of Agrochemicals and cultivars No. 7. Annals of Applied Biology 108, supplement. p. 22-23.
- RAMAN, K. V., (1986). Effect of four insecticides on three biotypes of green peach aphid reared on a resistant and susceptible potato variety. J. Crop Protection (submitted).
- RAMAN, K. V. and D. J. MIDMORE, (1983). Efficacy of insecticides against major insect pests of potatoes in hot climates of Peru. J. Crop Protection 2: 483-489.
- REISSIG, W. H., E. A. HEINRICHS, J. A. LITSINGER, K. MOODY, L. FIEDLER, T. W. MEW and A. T. BARRION (1985). Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical asia. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines, p. 373-392.
- WARE, G. W., (1983). Pesticides theory and application. W. H. Freeman and Co., San Francisco, USA. pp. 308.

**CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS CON ESPECIAL REFERENCIA
AL CULTIVO DE LA PAPA**

Fausto H. Cisneros

1. GENERALIDADES

El control biológico es la represión de las plagas, potenciales o reales, mediante sus enemigos naturales; es decir, por acción de parasitoides, predadores y patógenos.

En los campos agrícolas suelen existir, independientemente de la intervención del hombre, controladores biológicos que producen en forma más o menos continua cierta mortalidad en las plagas. A esto se llama CONTROL BIOLÓGICO NATURAL. Con frecuencia la no ocurrencia de plagas en determinados lugares se debe en mayor o menor grado a la existencia de un control biológico natural eficiente que mantiene a los insectos fitófagos en niveles sub-económicos.

Cuando la situación antes descrita se altera, por cambios de ocurrencia natural o por intervención del hombre; digamos cambios climáticos, introducción de nuevas plagas, cambios de variedades o prácticas culturales, destrucción de enemigos naturales por pesticidas, etc., se hace necesaria la intervención en favor de los controladores biológicos. Esto puede hacerse a través de la manipulación de los enemigos naturales, de las poblaciones de las plagas, o de los componentes del medio ambiente. En todo caso viene a constituir el llamado CONTROL BIOLÓGICO ARTIFICIAL O APLICADO. Este tiene diversas modalidades según el tipo de problema que se pretenda corregir. Las principales son:

- Introducción de enemigos naturales.
- Incremento de las poblaciones de enemigos naturales.
- Conservación y protección de enemigos naturales.

INTRODUCCION DE ENEMIGOS NATURALES. Un problema serio, en gran parte favorecido por las actuales facilidades de transporte, es la introducción de nuevas plagas. En los nuevos lugares, si las condiciones ambientales resultan favorables, la plaga se desarrolla con toda facilidad. Estando libre de la acción de sus enemigos, sus daños pue-

den llegar a ser más severos que en su lugar de origen. En estos casos es necesario restituir la interacción entre la plaga y su control biológico nativo, introduciendo el o los enemigos naturales pertinentes, generalmente desde su lugar de origen. A esta técnica de INTRODUCCION DE ENEMIGOS NATURALES se le suele llamar también CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO porque los primeros casos de éxitos notorios se lograron con este sistema entre fines del siglo pasado y comienzos del presente siglo. Por entonces se introdujo el predador *Novius cardinalis* de Australia para combatir exitosamente a la escama blanca de los cítricos, *Icerya purchasi* en California. No sólo es necesario que el controlador biológico se establezca, sino que se incremente y produzca la reducción de la población de la plaga.

En cuanto a plagas de la papa, la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella*, es de origen sudamericano pero ha sido introducida en la mayoría de las regiones subtropicales donde se cultiva este tubérculo; y en algunos lugares suele causar daños muy severos tanto en el campo como en el almacén.

INCREMENTO DE LAS POBLACIONES DE ENEMIGOS NATURALES. Otro tipo de problema se produce debido a un desequilibrio temporal entre la tasa de crecimiento de la plaga y la de sus enemigos naturales; como resultado, la plaga se incrementa rápidamente. No siendo posible esperar el aumento natural de los enemigos biológicos sin que se produzcan pérdidas en el cultivo, es necesario restituir en forma artificial la proporcionalidad oportuna y adecuada entre enemigos biológicos y las plagas.

Para ello deben hacerse periódicamente liberaciones de controladores biológicos en el campo. Estos agentes normalmente provienen de crianzas masivas y, ocasionalmente, de recuperaciones de campo. La cantidad relativa y frecuencia de liberaciones varía ampliamente según una serie de factores; desde una introducción INOCULATIVA

hasta masivas liberaciones INUNDATIVAS, con situaciones intermedias de liberaciones de INCREMENTO.

CONSERVACION Y PROTECCION DE ENEMIGOS NATURALES. Un tercer problema se genera cuando, existiendo en forma natural una incidencia satisfactoria de controladores biológicos, se adoptan ciertas prácticas que destruyen el equilibrio que se ha establecido entre ellos y las plagas. En algunos casos puede tratarse de la adopción de un cultivar o variedad notoriamente susceptible que favorece la multiplicación de la

plaga o la manifestación de sus daños. En otros casos, más frecuentes aún, se trata de la destrucción directa de los controladores biológicos. En este último aspecto, el uso indiscriminado y masivo de insecticidas tiene un efecto catastrófico. En estos casos se requiere adoptar medidas de CONSERVACION o PROTECCION de los controladores biológicos.

El uso selectivo de insecticidas, la provisión de refugios y fuentes de alimento para adultos, la disponibilidad de hospederos alternantes, etc. son algunas de las prácticas orientadas a proteger a los enemigos naturales.

2. AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO

El control biológico es ejercido por tres tipos de agentes: los predadores, los parasitoides y los patógenos, que en conjunto son llamados controladores biológicos o enemigos naturales. Los predadores son animales que viven libremente y matan a sus "presas" (el insecto plaga) para alimentarse de ellas. Entre los ejemplos pueden citarse a las aves insectívoras, arañas y, sobretudo, otros insectos. Los parasitoides llevan una vida parásita durante su desarrollo viviendo a expensas de su "hospedero" (el insecto plaga) al que irremediablemente matan. Los adultos, en cambio, llevan vida libre. Muchas especies de avispas y moscas son parasitoides. Los patógenos causan enfermedades en los insectos pudiendo provocar grandes epizootias; los agentes causales principales son bacterias, hongos y virus.

LOS PREDADORES. Los insectos predadores comúnmente actúan como tales en forma larval y adulta, como los escarabajos coccinélidos o maniquitas, cuyas larvas y adultos devoran áfidos y otros insectos pequeños y blandos; en algunos casos los predadores sólo actúan en forma larval como en ciertas especies de crisopidos; y raramente sólo en forma adulta como las moscas Asilidae. Muchos predadores, como los escarabajos coccinélidos y carábidos, son masticadores y exclusivamente carnívoros. Otros en cambio, como ciertas chinche míridas, antocóridas o pen-

tatomides, son picadores-succionadores de jugos y pueden tener un régimen alimenticio mixto; es decir, pueden alimentarse tanto del jugo de las plantas como del fluido de los insectos.

En general, los predadores son algo polífagos y suelen atacar diversas especies de plagas y diferentes estados de desarrollo que se pongan a su alcance. En algunos casos hay cierta tendencia a la monofagia como el caso del *Novius cardinalis* que predata casi exclusivamente a *Icerya* spp.

LOS PARASITOIDES. La mayoría de los parasitoides atacan a los huevos o larvas de las plagas, en menor proporción a las pupas y muy raramente a los adultos. Según el caso se les llama parasitoide de huevos, de larvas, de pupas o de adultos ya que en ese estado en particular se realiza la oviposición y el desarrollo larval. En algunos casos, sin embargo, la oviposición puede ocurrir en un estado y el desarrollo larval se produce en el siguiente teniéndose entonces parasitoides huevo-larvales o larvo-pupales. Las larvas de los parasitoides pueden vivir dentro del cuerpo del hospedero ("endoparasitoides") o externamente ("ectoparasitoides"). Cuando sólo una larva parasitoide puede completar su desarrollo dentro del cuerpo del hospedero se le llama "parasitoide solitario", (muchas avispas ichneumonidas y moscas tachi-

nidas), si son dos o más, son "parasitoides gregarios" (avispa braconídea y chalcidídea). Si de un solo huevo se forman muchas larvas se trata de "parasitoides poliembriónicos" (algunas avispas encirtidas). Muchas hembras parasitoides suelen distinguir cuando el hospedero potencial ya ha sido parasitado por la misma especie o por otra. Aquellos parasitoides que no pueden hacerlo (moscas) causan "superparasitismo" en el primer caso y "multiparasitismo" en el segundo. En ambos casos el desarrollo de los parasitoides no es normal, a menos que sobreviva un solo individuo (parasitoide solitario). Los parasitoides, a su vez, pueden ser atacados por otros parasitoides ("hiperparasitoides"). Por otro lado, el hospedero puede desarrollar un mecanismo de "encapsulamiento" rodeando los huevos o larvas del parasitoide con tejidos que le producen la muerte por asfixia.

En general, los parasitoides tienden a ser más especializados que los predadores en escoger sus víctimas. Esta tendencia a la especificidad restringe su acción a unas pocas especies de plagas y dificulta el uso de hospederos alternantes, pero al mismo tiempo favorece su respuesta a la dinámica de la plaga.

LOS ENTOMOPATOGENOS. De los diversos microorganismos que causan enfermedades en los insectos, los virus, bacterias y hongos son los más importantes; en segundo lugar las rickettsias y protozoarios. Los virus y bacterias son menos susceptibles a las condiciones ambientales que los hongos; aun así,

la gran limitación general del uso de patógenos es su notoria dependencia de las condiciones ambientales y fisiológicas del insecto hospedero.

Las larvas atacadas por virus se vuelven lentas, dejan de alimentarse, se paralizan y mueren, quedando con frecuencia, colgadas cabeza abajo; el cuerpo se vuelve blanco, lleno de líquido y entra en putrefacción. No siempre una larva con virus llega a morir; el patógeno puede existir en forma latente y hasta transmitirse por varias generaciones antes de que se produzca la epizootia. De los diversos virus (poliedrosis nucleares, poliedrosis ectoplásmicas, granulosis, inclusiones polimórficas y virus sin envoltura) los más comunes son las poliedrosis nucleares. Hay varios productos comerciales de ellos.

Las larvas atacadas por bacterias se vuelven lentas, dejan de alimentarse, expulsan una sustancia líquida por la boca y el ano; al morir se vuelven oscuras, blandas, con una masa viscosa en el interior. Sólo las bacterias que forman esporas pueden resistir condiciones adversas. La bacteria más estudiada y de utilización comercial contra diversas orugas es *Bacillus thuringiensis* Berliner.

Los hongos suelen requerir especiales condiciones de humedad para producir epizootias; estas condiciones suelen darse más frecuentemente en ambientes tropicales y subtropicales. Entre los géneros de hongos que atacan insectos están *Entomophthora*, *Aschersonia*, *Beauveria*, y *Metarhizium*.

3. CONSIDERACIONES EMPIRICAS SOBRE EL CONTROL BIOLÓGICO

Diversas conjeturas tratan de explicar el éxito o el fracaso de las experiencias en el uso de controladores biológicos. Dentro del empirismo que aún prevalece en esta tecnología, se pueden diferenciar factores relacionados con el clima, el cultivo, tipos de plagas, y características de los enemigos naturales. Casi siempre las referencias corresponden a la introducción de enemigos naturales y muy poco a su aumento y protección, aspectos que han sido menos estudiados.

CONDICIONES CLIMATICAS. La mayoría de los éxitos con la técnica de introducción de controladores biológicos se ha obtenido en climas suaves, subtropicales. La severidad del invierno en las regiones templadas parece representar condiciones que muchos enemigos naturales no pueden superar fácilmente. Es posible que las condiciones subtropicales y tropicales además de representar menores exigencias climáticas de adaptación para los insectos introducidos, favorezcan la pre-

serencia de hospederos o presas durante mayor tiempo. Es posible que los períodos de sequía prolongados puedan determinar cierta tendencia estacional en los medios subtropicales y tropicales.

CONDICIONES DEL CULTIVO. El valor económico, su condición de anual o perenne, y la magnitud de daño que puede tolerar el cultivo son factores importantes.

El control biológico suele ser el único método viable para cultivos de reducido valor económico por área ya que en esas condiciones cualquier otra medida tiende a resultar económicamente prohibitiva. En otros cultivos de mayor valor económico es deseable que la planta tenga capacidad de tolerar cierto margen de daño.

El órgano de la planta que es dañado y el patrón de calidad que es estable para la comercialización del producto cosechado son factores importantes. En el caso de la papa, por ejemplo, se puede tolerar una mayor infestación de la polilla de la papa en el follaje que en el tubérculo; en el primer caso el efecto de la plaga sobre el rendimiento es indirecto; en cambio en el segundo caso todo tubérculo infestado constituye una pérdida directa en el producto cosechado. Tratándose de infestaciones en el tubérculo, seguramente queda un menor margen de tolerancia para la papa de consumo directo que para la de uso industrial, digamos extracción de almidón. Esto puede constituir una notoria restricción del uso de parasitoides en condiciones de almacenamiento. En cambio, aquellas plantas con capacidad para recuperarse de daños indirectos y aún de daños directos tempranos ofrecen mejores condiciones para el uso de los enemigos naturales.

La mayoría de los éxitos notorios con la introducción de controladores biológicos se ha logrado en cultivos perennes, como los frutales. En el otro extremo, las hortalizas

presentan ciclos demasiado cortos, no compatibles con la estabilidad que los enemigos naturales requieren; y sus niveles de calidad son demasiado altos como para tolerar la presencia de poblaciones moderadas de insectos fitófagos. En estas condiciones los predadores y parasitoides tienen pocas probabilidades de utilización práctica.

TIPOS DE PLAGA. Muchos éxitos se han logrado contra plagas que tienden a presentar una condición susceptible al ataque del enemigo natural por un período relativamente prolongado; tal es el caso de las escamas o cochinillas y pulgones; le siguen las larvas comedoras del follaje, y en última instancia los insectos perforadores de frutos y tubérculos.

Puede ocurrir que en ciertas plagas, aunque permanentemente expuestas y atacadas por ciertas especies de controladores biológicos, el nivel de control que se logra es muy bajo. Entre las especies que carecen de enemigos naturales eficientes, están las chinches manchadoras de la fibra de algodón (*Dysdercus* sp.).

LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ENEMIGOS NATURALES. Hay enemigos naturales eficientes e ineficientes. La abundancia de una especie no es necesariamente una muestra de su bondad, como controlador efectivo, si es evidente su presencia simultánea con poblaciones altas de la plaga. La única medida real de eficacia práctica es la reducción de la población plaga. Los enemigos naturales deben reunir una serie de características que favorecen su eficiencia; entre ellas, un amplio rango de adaptación a condiciones climáticas, coincidencia cronológica entre su ciclo biológico y el de la plaga incluyendo su ocurrencia estacional oportuna; gran capacidad de búsqueda de sus presas u hospederos; y una tasa de incremento alta, que sea varias veces superior al de la plaga.

4. CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS DE PAPA

La papa es oriunda de la zona andina y todas sus plagas en esta región son igualmente nativas; no existe el escarabajo de Colorado,

Leptinotarsa decemlineata, que es una plaga seria de origen norteamericano. Siendo las plagas nativas, sus complejos enemigos bio-

lógicos, que han co-evolucionado con ellas, se encuentran normalmente en los campos en forma natural. Poco se ha estudiado la eficiencia de estos agentes de control pero es posible que el incremento de plagas en los últimos tiempos se deba en gran parte a su destrucción por el uso de insecticidas conjuntamente con la introducción de nuevos cultivares.

En el Perú se han registrado alrededor de cincuenta especies de insectos que se alimentan de plantas de papa. Sólo algunas de ellas tienen importancia económica permanente u ocasional, pero sus daños pueden llegar a ser muy severos. Las plagas claves son:

- El complejo de la polilla de la papa en la costa, sierra y selva alta;
- El complejo del gorgojo de los Andes en la sierra;
- Y la mosca minadora, considerada plaga inducida, en la costa.

Los *Epitrix* y otras plagas pueden ser importantes en ciertas áreas o en ciertos años.

A continuación se dan algunas referencias sobre plagas y sus enemigos naturales:

4.1 COMPLEJO DE LA POLILLA DE LA PAPA

Tres especies están involucradas; *Phthorimaea operculella* (Zeller), distribuida en costa, sierra, selva alta y en muchos otros países; sus larvas dañan el follaje y los tubérculos en el campo y en el almacén; *Scrobipalpa absoluta* (Meyrick), en la costa, dañando sólo el follaje; y *Symmetrichema plaesiosema* (Turner) en la sierra, dañando tubérculos en almacén. En Centroamérica y Venezuela, existe una cuarta especie, *Scrobipalopsis solani-vora* (Povolny).

Se han registrado varias especies de parasitoides.

Avispas parasitoides

- *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (Braconidae), y

- *A. scutellaris*

Endoparasitoides solitarios, parasitan a larvas I y II en las minas; la reproducción partenogénica de solamente machos; duración del ciclo de 20 a 30 días en la costa; ataca a *P. operculella* y *S. absoluta* (Redolfi y Vargas, 1983).

- *Dineulophus phthorimaeae* de Santis (Eulophidae) ataca a *P. operculella* y *S. absoluta* (De Santis, 1983).

- *Cremastus* sp. (Ichneumonidae)

- *Pristomerus* sp. (Ichneumonidae)

- *Temulucha* spp. (Ichneumonidae)

- *Copidosoma koehleri* Blanchard (Encyrtidae) parasitoides poliembriónico, huevo-larval, ampliamente difundido en la región neotropical. Algunos autores le asignan al género *Arrenoclavus*. Fue criada masalmente en La Estación Experimental Agrícola del Valle del Cañete, Perú, para liberaciones periódicas.

- *Litomastix* sp. (Encyrtidae), parasitoides poliembriónico.

- *Dibrachys cavus* (Walker) (Pteromalidae). Ectoparasitoides pre-pupal de *S. plaesiosema*, y de otras especies como la polilla de los cereales *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Planders, 1953).

Moscas

- *Incamiya cuzcensis* (Tachinidae) en *P. operculella*
- *Schizactia* sp. (Tachinidae).

4.2 MOSCA MINADORA, *Liriomyza huidobrensis* BLANCHARD

La mosca minadora en la costa de Perú ha incrementado su importancia en forma progresiva en los últimos 20 años hasta convertirse en la plaga más dañina. Se considera que, en gran parte, este fenómeno es el resultado de la destrucción de sus enemigos naturales por las aplicaciones de insecticidas que originalmente se orientaron a controlar la polilla de la papa.

Parasitoides registrados

- *Halticoptera* sp., y
- *Halticoptera patellana* (Dalm) (Pteromalidae).

El más importante parasitoide de la mosca minadora; los adultos emergen de los puparios de la mosca; es particularmente abundante en primavera, favorecida por temperaturas moderadamente calurosas. En estas condiciones se han registrado parasitismos de más de 80%.

— *Chrysocharis ainsliei* Crawford (Eulophidae) y

— *Chrysocharis* sp.

Este parasitoide es relativamente abundante en los meses de otoño e invierno. (Raven, 1984).

— *Dyglyphus websteri* Crawford (*Solenotus websteri*) (Eulophidae).

Es un ectoparasitoide importante. Las hembras depositan a través de la hoja un huevo sobre la larva de mosca minadora; la larva es ectoparásita, el empupamiento es dentro de las galerías.

— *Closterocerus cinctipennis* Ashmead (Eulophidae).

Parasitoide de poca importancia.

— *Zagrammosoma multilineatum* (Ashmead) Parasitoide de poca importancia.

— *Euparacrias (Chrysocharis) phytomyzae* (Brethes) (Eulophidae)

Parasitoide larvo-pupal de cierta importancia.

— *Ganaspidium* sp. (Cynipidae)

Parasitoide larvo-pupal.

— *Heteroschema* sp. (Pteromalidae)

Parasitoide de escasa ocurrencia.

— *Agromyzophagus* sp. (Encyrtidae)

Parasitoide de escasa ocurrencia.

— *Opius* so. (Braconidae)

Parasitoide de escasa ocurrencia.

4.3 PULGONES O AFIDOS

Las plantas de papa hospedan varias especies de áfidos, principalmente *Myzus persicae* (Sulzer) y *Macrosiphum euphorbiae* Thomas. Estos insectos tienen numerosos enemigos naturales pero su importancia práctica está relacionada con el rol que desempeña el áfido, como plaga directa o como vector de enfermedades virósicas; y si se trata de un cultivo para producir papa de consumo o papa semilla. En los primeros casos el control biológico puede llegar a ser satisfactorio; pero es dudoso que esto se logre en los segundos

casos, pues una población de áfidos relativamente baja puede propagar una enfermedad virósica con facilidad y deteriorar la calidad de semilla. Entre los predadores más comunes están los escarabajos coccinelidos *Cycloneda sanguinea* L., *Hippodamia convergens* Guer., *Coleomegilla maculata*, *Eriopis connexa* Germ., *Scymnus* spp., *Coccinella* sp. La eficiencia de estos predadores es un poco dudosa pues generalmente se presentan después que las poblaciones de áfidos han alcanzado niveles altos.

Otros predadores son:

Chinches: *Parajalysus* sp. (Neididae); *Zelus* spp. (Reduviidae)

Crisópidos: *Chrysopa* spp.

Moscas: *Syrphus* sp., *Sphaerophora* sp., (*Syrphidae*).

Los parasitoides tienen la capacidad de destruir una población de áfidos en un tiempo relativamente corto. Las especies registradas son: *Aphidius matricariae*, *Lysiphlebus testaceipes*, y *Aphidius colemani*.

Bajo ciertas condiciones, notoriamente de alta humedad, se suelen presentar hongos patógenos del grupo de los Entomophtorales que producen enfermedades entre los áfidos.

4. LOS GORGOJOS DE LOS ANDES O GUSANOS BLANCOS

Diversas especies de gorgojos (curculionidae) conocidos como gorgojos de los Andes, gusanos blancos o gusanera, son serias plagas de la papa en las partes altas de los Andes. Las más comunes son especies del género *Premnotrypes*: *P. suturicallus* (Kuschel), *P. solani* Pierce, *P. latithorax* (Pierce), *P. vorax* (Hustache); pero también hay especies de otros géneros; *Rhigopsidius*, *Hyperodes*, *Scotoeborus*, y *Adioristus*.

Se conocen muy pocos enemigos naturales de estas plagas. En la sierra central (Valle del Mantaro) se han registrado como predadores a diversos carábidos y sapos. (J. Alcazar, información personal).

Recientemente se han detectado casos de larvas y gorgojos adultos infectados con el hongo *Beauveria bassiana*. Se está estudiando

la posible utilización del hongo en forma práctica contra esta plaga.

5. BIBLIOGRAFIA

REDOLFI, INES y G. VARGAS, 1983.

Apanteles gelechiidivoris Marsh. (Hym.: Braconidae). Parasitoide de las polillas de la papa (Lep.: Gelechiidae) en el Perú. Rev. Peruana Ent. 26: 5-7.

DE SANTIS, LUIS, 1983. Un nuevo género y dos nuevas especies de Eulófidos Neotropicales (Insecta, Hymenoptera). Rev. Peruana Ent. 26: 1-4.

RAMAN K. V. e INES REDOLFI, 1984.

Progress in biological control of major potato pests. En Report of the XXVII Planning Conference "Integrated Pest Management. CIP. Lima, Perú.

RAVEN, KLAUS, 1984. Superfamilia Chalcidoidea. Curso de taxonomía de insectos. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. VII-95 p.

**NOTAS ACERCA DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS
DE PAPA EN COLOMBIA Y COMENTARIOS ADICIONALES**

L. Valencia

INTRODUCCION

Durante la etapa preparatoria del Curso Internacional de Control Integrado de Plagas de Papa, se condujo una parcela experimental en el lote No. 5 del Centro Nacional de Investigaciones del ICA en Tibaitatá. En esta parcela experimental, en donde no se realizó ninguna aplicación de insecticidas, se obtuvo información básica acerca de las

plagas más importantes del cultivo y también se consiguió información acerca de sus enemigos naturales.

A continuación se mencionan las especies registradas durante este período, junto con algunas observaciones generales acerca de su eficiencia y potencialidad.



Figura 1. - a) Larvas de *D. cavus* parasitando sobre la larva de *P. operculella*. b) Pupas de *D. cavus*. c) Hembras adultas de *D. cavus* parasitando sobre una pieza de papel facial en la que previamente se había triturado una larva de *P. operculella*. (Fotos publicadas con la autorización de la Sra. Gabriela Pitta y del Doctor K. V. Raman).

OBSERVACIONES GENERALES

Incamyia cuzcensis Townsend, 1912. Esta mosca parásita de la familia Tachinidae es una de los controladores biológicos que se recupera con cierta frecuencia de las crías de gusanos trozadores (complejo de la familia Noctuidae). Se pueden observar durante el día volando sobre la hojarasca del suelo buscando sus hospederas. Las hembras inyectan sus embriones a través de un ovipositor especializado el cual es fuertemente esclerosado (Lámina 33).

Meteorus spp. Esta es la especie de parásito que se recupera con mayor frecuencia de las crías de gusanos trozadores y del muque de la papa *Copitarsia consueta* (Walker). De las identificaciones hechas por el Dr. P. N. Marsh del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, parecería que hay dos especies diferentes y que para efectuar identificaciones más precisas se necesita conocer el hospedero (Láminas 29 y 30).

Apanteles spp. Este complejo fue recuperado de crías de larvas del muque de la papa y de la palomilla de tubérculo *Phthorimaea operculella* (Zeller). Las especies de este complejo pueden verse con frecuencia volando en el tercio superior de las plantas de papa, que es la zona preferencial de ataque tanto del muque como de la palomilla del tubérculo (Láminas 27 y 31).

Compoletis sp. y *Enytus* sp. Estas especies pertenecientes a la familia Ichneumonidae fueron obtenidos también del muque de la

papa. Un adulto de *Compoletis* sp. puede verse en la lámina 28.

Dibrachys cavus (Walker). Esta especie de Pteromalidae puede actuar como parásito primario y también como un hiperparásito. En el Perú fue registrado como un ectoparásito del estado prepupal de la "palomilla gigante" *Symmetrischema plaesiosema* (Turner) por Raman y Redolfi (1984). Sweetman (1963) lo menciona como un hiperparásito "que ataca prácticamente cualquier cosa que se asemeje a los cocones de parásitos primarios del orden Hymenoptera". La biología de esta especie fue estudiada en Perú por Pitta y Raman (1984) (Com. personal). Fotos de las larvas, pupas y adultos se presentan en la figura 1. La facultad de actuar como hiperparásito anula el potencial de esta especie para ser introducida en áreas donde no ocurre naturalmente. La experiencia ha demostrado (ver Pimentel et al, 1984) que cuando se introducen parásitos (que pueden actuar con o hiperparásitos) en áreas nuevas con fines de control biológico para plagas específicas, se produce una competencia involuntaria hacia los parásitos nativos. Resultando muchas veces situaciones más graves que las producidas por la plaga que se quiere controlar sin la introducción del hiperparásito. La lección de este tipo de experiencia es que antes de proceder a introducir controladores biológicos a nuevas áreas, estas introducciones deberían estar sustentadas por estudios básicos que descarten el peligro de introducción de hiperparásitos.

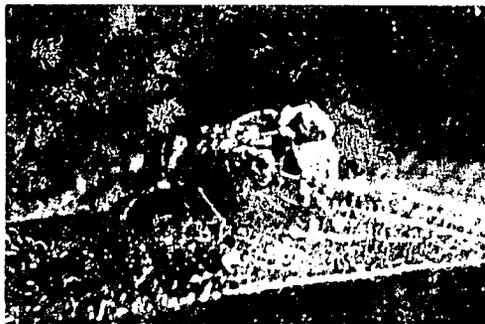
LITERATURA CONSULTADA

PIMENTEL, D., C. GLENISTER, S. FAST, and D. GALLAHAN, 1984. Environmental risks of biological pest controls. OIKOS 42: 283-290.

POSADA, L. y F. GARCIA R., Lista de predadores, parásitos y patógenos de insectos registrados en Colombia. Boletín técnico No. 41. Ministerio de Agricultura, ICA, División de Agronomía, Programa de Entomología.

RAMAN, K. V., y I. REDOLFI, 1984. Progress in biological control of major potato pests. In Integrated Pest Management, Report of the XXII Planning conference on Integrated Pest Management, held at the International Potato Center in June 1984.

SWEETMAN, M. L., 1983. The principles of biological control. interrelation of hosts and pests and utilization in regulation of animal and plant population. W. M. C. Brown Company.



Lamina No. 1 Adultos de gusano blanco en cópula



Lamina No. 2 Daño de *P. vorax* en hojas bajas de una planta de papa.



Lamina No. 3 Larva de Gusano blanco de último estado abandonando el tubérculo para empupar en el suelo



Lamina No. 4 Adulto de la palomilla de la papa, *P. operculella*.



Lamina No. 5 Daño de la palomilla *P. operculella* en el follaje de una planta de papa.



Lamina No. 6 Larva de la palomilla *P. operculella* en tubérculo de papa.



Lamina No. 7 Larva de la palomilla *E. melanocampta* en hojas de papa.



Lamina No. 8 Comparativo de pupas pertenecientes a 2 especies diferentes de palomillas. Las 3 pupas del lado izquierdo son de *P. operculella* y las restantes de *E. melanocampta*.



Lámina No. 9 Daño y hábito de protección de la palomilla *E. melanocampta*.

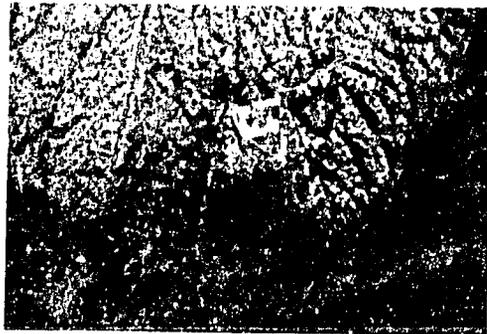


Lámina No. 10 Adulto del muque *C. consueta* en hojas de papa.



Lámina No. 11 Último estadio larval de *C. consueta* en hojas de papa.



Lámina No. 12 Daño de la larva de *C. consueta* en brote apical de planta de papa.



Lámina No. 13 Colonia de *M. persicae* en hoja de papa.

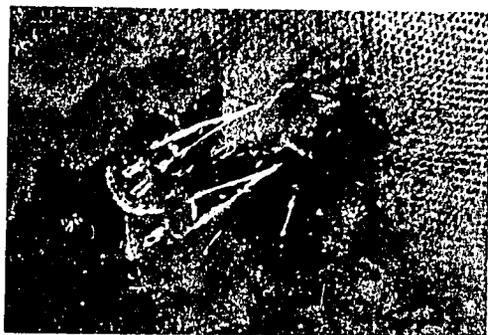


Lámina No. 14 Adulto de *P. includens* en hoja de papa.



Lámina No. 15 Adulto de la pulgilla *Epitrix* sp. en hojas de papa.



Lámina No. 16 Adulto de *A. epsilon* en hoja de papa.



Lámina No. 17 Larva de trozador de la papa.



Lámina No. 18 Adulto del minador del tubérculo *L. ecuadorensis*.

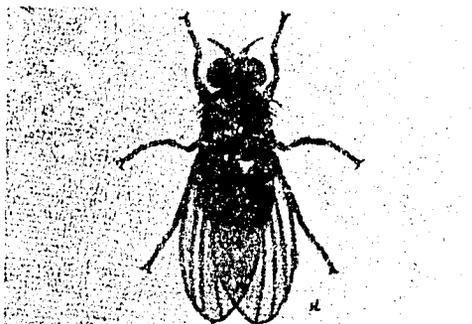


Lámina No. 19 Adulto de la mosca minadora de la papa, *L. huidobrensis*.

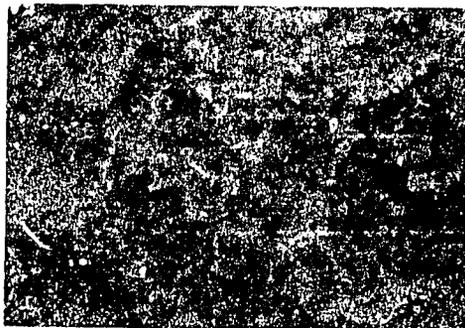


Lámina No. 20 Daño de la mosca minadora en planta de papa.



Lámina No. 21 Colonia de *M. euphorbiae* en brote de planta de papa.



Lámina No. 22 Enrollamiento apical de plantas de papa producida por *M. euphorbiae*.



Lámina No. 23 Planta de papa con síntomas de enrollamiento producido por virus.



Lámina No. 24 Adulto de un cucaroncito del tollae de papa.

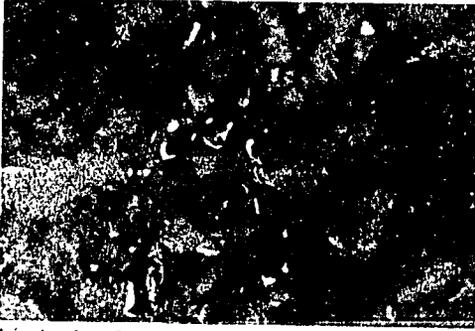


Lámina No. 25 Adultos de *E. connexa* en colonia de *M. persicae*.



Lámina No. 26 Adulto de *Nabís* sp.

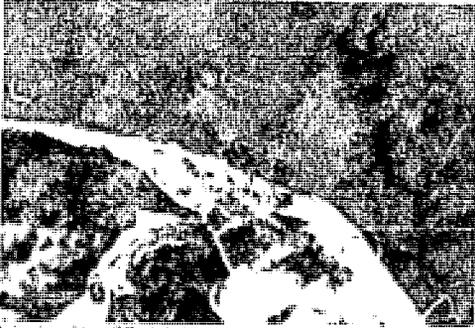


Lámina No. 27 Adulto de *Apanteles* sp. en hojas de papa.

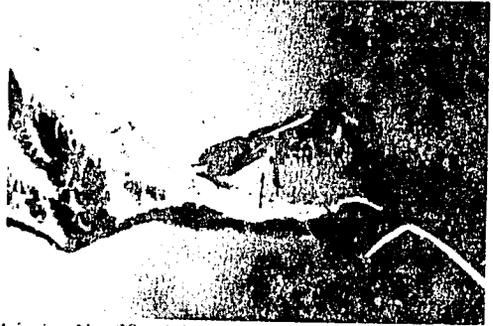


Lámina No. 28 Adulto de *Campoletis* sp.



Lámina No. 29 Adulto de *Meteorus* sp.



Lámina No. 30 Cocones de *Meteorus* sp.



Lámina No. 31 Adulto de *Apanteles* sp. intentando parasitar en larva de *C. consuetata*.



Lámina No. 32 Adultos apteros de *M. persicae* parasitados por micro-himenoptera



Lamina No. 33 Adulto de *I. cuzcensis* intentando parasitar en larva de *C. consueta*.



Lamina No. 34 Evolución de micosis y esporulación de *M. anisopliae* en larvas de gusano blanco.



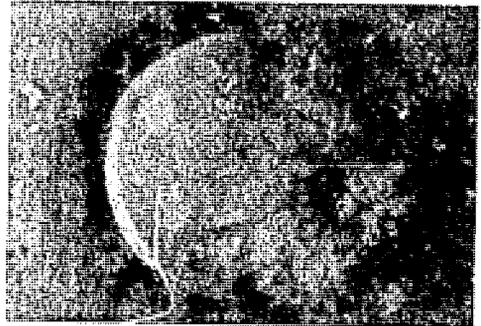
Lamina No. 35 Larva de gusano blanco afectada por *P. fumoso-roseus*.



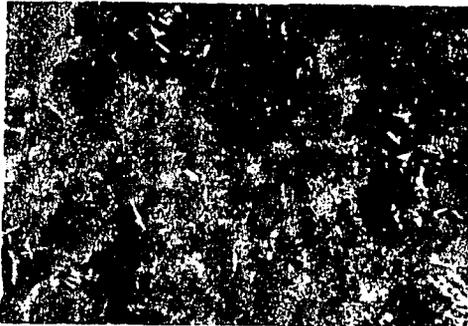
Lamina No. 36 Exudado de *P. fumoso-roseus* en colonia mantenida en medio artificial.



Lamina No. 37 Pupa de gusano blanco atacada por *B. bassiana*.



Lamina No. 38 Colonia de *B. bassiana* en medio artificial.



Lamina No. 39 Planta de papa dañada por beetlea.



Lamina No. 40 Adulto de *M. euphorbiae* mostrando los tarsos ennegrecidos debido a la goma de los tricomas glandulares de tipo A, en planta de *S. berthaultii*.

CONTROL DE PLAGAS DE PAPA CON PLANTAS RESISTENTES

Luis Valencia
Nelson Estrada

INTRODUCCION

La resistencia genética es considerada como la piedra angular para cualquier programa de control integrado de plagas.

En los últimos 40 años la resistencia genética en el género *Solanum* a las plagas de la papa de mayor importancia económica, ha sido investigada en algunos aspectos. En la actualidad, por la investigación que se ha publica-

do, parecería que algunos programas nacionales de papa están bastante cerca de producir los primeros cultivares con resistencia genética a algunas plagas en particular.

En este artículo, se hace una revisión actualizada de las áreas que se están investigando a nivel mundial en lo que respecta a resistencia genética de las especies de *Solanum* tuberosas a las plagas más importantes de la papa.

INSECTOS QUE AFECTAN A LA PAPA EN SURAMERICA

Sin lugar a dudas la plaga más importante del cultivo de papa en Suramérica es el áfido *Myzus persicae* (Sulzer). Su importancia radica en que es el vector más eficiente de las enfermedades producidas por virus que a su vez constituyen el factor reductor de las cosechas más graves que afectan el cultivo. Algunas veces, cuando las poblaciones son muy altas el daño directo por debilitamiento de las plantas puede también alcanzar importancia.

En el área Andina de Suramérica, desde Bolivia hasta Venezuela, el problema local más serio lo forman el complejo del "gorgojo de los Andes" o "gusano blanco". El daño es producido por las larvas las que se alimentan de los tubérculos bajo condiciones de campo. El problema de no contar con un sistema de detección eficiente de las poblaciones de campo de este insecto, complica directamente cualquier procedimiento de control.

La "pulguilla" de la papa *Epirix* spp. es otro problema serio de las partes altas de los Andes. El daño es causado tanto por el adulto como por las larvas. Los adultos se alimentan del follaje de las plantas, especialmente de las hojas nuevas del brote apical, produciendo agujeros irregulares que reducen la eficiencia fotosintética de las hojas y, las larvas se alimentan de las raíces en donde pueden llegar a producir lesiones superficiales en los tubérculos.

El trip negro de la papa *Frankliniella tuberosi* Moulton, es una plaga seria en el Ecuador

y la parte sur de Colombia. Los daños producidos por este insecto son en la forma de raspaduras en las hojas lo que causa un debilitamiento en la planta.

En las partes bajas de Suramérica en donde se cultiva papa, como es el caso de la costa central Peruana y partes de Venezuela y Brasil, en los últimos años el problema más importante lo constituye la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). Los daños que causa este insecto son en la forma de minas serpenteantes en el mesófilo de las hojas lo cual debilita las plantas y en ataques severos pueden llegar a matarlas.

Las palomillas de la papa que también son un complejo de especies pertenecientes a la familia *Gelechiidae*, de las cuales *Phthorimaea operculella* (Zeller) es la más importante, son problemas para el cultivo de la papa tanto en partes altas como en partes bajas de Suramérica. Las larvas pueden atacar tanto el follaje como los tubérculos de la papa bajo condiciones de campo y de almacén. Los daños más importantes son hechos en los tubérculos en la forma de galerías superficiales o profundas las cuales anulan el valor comercial de la cosecha.

En resumen se puede afirmar que en Suramérica existen dos plagas de papa de importancia global (*M. persicae* y *P. operculella*) y otras varias especies de insectos que constituyen problemas entomológicos regionales (gorgojo de los Andes, pulguillas, mosca minadora, y el trip negro de la papa).

RESISTENCIA GENETICA A INSECTOS EN ESPECIES DE SOLANUM S?P.

En la búsqueda de resistencia genética a insectos en el género *Solanum*, la mayoría de investigadores que trabajan en esta área se han concentrado en especies de *Solanum* tuberíferos. Esta preferencia es debida por un lado a que existe una variabilidad muy grande en las especies de *Solanum* de este grupo, por una gama amplia de características deseables en la papa cultivada, y por otro lado, debido a que con esta selección se favorece la formación de tubérculos.

Dentro del grupo de *Solanum* tuberíferos,

investigadores americanos y europeos han tamizado, en los últimos 40 años, una gran cantidad de clones buscando por características de resistencia hacia algunos insectos plagas de importancia tales como el escarabajo de la papa de Colorado, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), el áfido verde del durazno y de la papa, *M. persicae*, el salta hojas de la papa, *Empoasca fabae* (Harris), la pulguilla de la papa, *Epitrix cucumeris* (Harris), etc. En este material de *Solanum*, las características de resistencia que más se han investigado son la de los tricomas y la de los glicoalcaloides.

TRICOMAS

Una de las características físicas frecuentemente citadas como mecanismos de defensa de las plantas contra insectos la constituyen los tricomas. La presencia de tricomas simples y glandulares es una característica de la familia *Solanaceae* (Metcalf & Chalk, 1950). En la planta de papa existen dos tipos de tricomas glandulares, uno de ellos con una cabeza globular que es más abundante en el envés de los folíolos y el otro, con una cabeza en forma de mazo, que es más abundante en el haz de los folíolos. Ninguno de estos tricomas glandulares ha sido mencionado como responsable de algún tipo de resistencia a insectos.

Sin embargo, en especies silvestres de papa tales como *Solanum berthaultii* Hawkes, *S. polyadenium* Green, y *S. tarijense* Hawkes, existen tricomas glandulares cuyas funciones defensivas contra insectos está bien documentada (Gibson, 1971; Gibson, 1976 a y b; Gibson y Turner, 1977; Lapointe y Tingey, 1984; Wright et al., 1985; Tingey y Laubengayer, 1981; Tingey et al., 1982; Casagrande,

1982). De las dos clases de tricomas glandulares existentes en las especies silvestre, el tipo A tiene una cabeza formada por 4 lobulos y está presente en las hojas y tallos de las 3 especies silvestres ya citadas. Cuando la cabeza de este tipo de tricoma es tocada, ya sea por un áfido al caminar o una hembra alada que esté aterrizando en la hoja, de inmediato se libera del interior de la cabeza del tricoma un líquido que se solidifica muy rápidamente y pega el áfido en la planta (Lámina No. 40). En las especies *S. berthaultii* y *S. tarijense* además del tricoma de tipo A existe otro tricoma denominado tipo B. Este tricoma es más largo que el tipo A y tiene una gota de líquido en la punta. Este tricoma proporciona resistencia a plagas de tamaño muy pequeño como *Tetranychus urticae* (Gibson y Turner 1977). Si algunas plagas de papa que no son directamente atrapadas por estos dos tipos de tricomas llegasen a colonizar la planta se reducirían su movilidad y su alimentación y esto afectará su supervivencia y su reproducción (Gibson, 1979; Gibson y Turner, 1977).

COMO OPERA LA DEFENSA PROPORCIONADA POR LOS TRICOMAS GLANDULARES?

No obstante que la principal función de defensa proporcionada por las tricomas glandulares es física, no se debe olvidar que su

principal efecto es función de su composición química (Tingey, 1981). Gibson (1971) fue el primero en sugerir que la típica "reac-

ción de oscurecimiento" que se produce después del contacto entre un áfido y los tricomas de tipo A, involucra la producción de un ferol polimérico por la acción de polifenol oxidasa.

Posteriormente, Ryan et al., (1982) demostraron la presencia de oxidasas fenólicas en secreciones de tricomas de *S. berthaultii*, bajo condiciones de laboratorio. También se han reportado a los áfidos protochatechuico y gálico, y catecol como componentes de las secreciones de tricomas de *S. berthaultii* (Tingey, 1981). Con relación a los glicoalcaloides de estas especies silvestres, Gregory et al., (1981) reportaron en *S. berthaultii* la presencia de solamargina y solasonina, mientras que en *S. polyadenium*, ellos encontraron un compuesto no identificado que en pruebas de cromatografía de capa fina se comportó como la tomatina pero el análisis por espectrografía de masa demostró carecer de nitrógeno en su composición por lo que ellos sugirieron que el compuesto no es un alcaloide. De cualquier manera, los glicoalcaloides de papa sólo han sido involucrados como responsables en la resistencia a insectos en el caso del escarabajo de la papa de Colorado, *L. decemlineata* (Kuhn y Low, 1955) y para el saltahoja de la papa *E. fabae* (Tingey et al., 1978; Ramon et al., 1979).

Otro hallazgo importante en las investigaciones acerca de los tricomas la proporcionaron Gibson y Pickett (1983) quienes reportaron la presencia de (E)- β -farnesene, que es la feromona de alarma de *M. persicae* y otras especies de áfidos, como un componente de los tricomas de tipo B de *S. berthaultii*.

Por los resultados obtenidos hasta la fecha, la resistencia observada tanto en la especie silvestre *S. berthaultii* como en progenies de cruces entre esta especie y la papa cultivada, parece depender de la interacción de varios factores químicos y físicos. Investigaciones realizadas por Mehlenbacher et al., (1984) en donde se estudiaron tres características de los tricomas: tamaño de la gota de tricomas del tipo B; densidad de tricomas del tipo B; y, densidad de tricomas del tipo A, por su relación con la resistencia al áfido *M. persicae*. Ninguna de las tres características mencionadas fue significativamente correlacionada con reducciones en las poblaciones de *M. persicae*, cuando fueron estudiadas independientemente. Este hecho demuestra claramente que la resistencia a *M. persicae* por parte de *S. berthaultii* es bastante compleja y que los factores estudiados hasta ahora actúan de manera sinérgica, aportando cada uno un poco de la resistencia total.

TRICOMAS SIMPLES (no glandulares)

Los tricomas simples han sido mencionados como mecanismos activos en varias asociaciones de insectos y plantas. Así por ejemplo en el maíz Mc Colloch (1920) observó que *Heliothis zea* (Boddie) dejó más huevos en maíces con hojas de superficie pilosa que en maíces de superficie lisa. Callahan (1957) propuso que esto se debía a que en maíces con hojas pilosas la mariposa puede agarrarse mejor al momento de la oviposición.

También se han citado casos contrarios en donde una abundante pilosidad puede obstaculizar un comportamiento determinado del insecto. Así en el caso del perforador de la hoja de algodón *Bucculatrix thurberella* Busk, se ha demostrado que una alta densidad de pelos en las hojas interfirió la ovipo-

sición de esta especie, ya que en este caso los huevos deben ser pegados directamente a la superficie de la hoja (Rejesus, 1968). Este tipo de resistencia fue calificada por Wilson & Wilson (1975) como de no preferencia para la oviposición.

En el caso de la asociación de la planta de papa con sus insectos plagas, Valencia y Campos (1978) reportaron que el cultivar de papa Tomasa Condemayta fue resistente a la mosca minadora *L. huidobrensis*, en experimentos realizados en el campo y en el laboratorio. Ellos realizaron dos experimentos de campo en dos localidades distintas en la Costa Peruana. Uno fue sembrado en La Molina-Lima, y el otro fue sembrado en el Valle de Cañete. No obstante que la semilla (tu-

bérculos) utilizada en los dos campos experimentales fue del mismo origen, las plantas obtenidas en estos dos medio ambientes diferentes mostraron diferente densidad de tricomas simples.

En el campo experimental de Cañete, en donde la expresión de resistencia de este cultivar fue muy alta, las plantas mostraron una densidad de tricomas simples mayor que las plantas cultivadas en La Molina. Resultados similares han sido reportados por Fagoonee & Toory (1983) para la mosca minadora

Liriomyza trifolii Burgess, en experimentos realizados con frijol *Phaseolus vulgaris* y con papa *Solanum tuberosum*. Ellos encontraron que la distribución y la densidad de los tricomas, también como el nivel nutricional de la planta hospedera, fueron muy importantes en el mecanismo de selección de la planta hospedera por esta mosca. Por otra parte, Delgado y Aguilar (1980) mencionan observaciones de campo en el cultivar Tomasa Condemayta como resistente a la mosca minadora en la costa central Peruana.

POTENCIAL DE LOS TRICOMAS COMO MECANISMOS DE DEFENSA A PLAGAS DE PAPA

Como ya se ha mencionado previamente en esta revisión, las especies silvestres de papa que poseen tricomas han sido reportadas como resistentes a plagas tales como *M. persicae*, *M. euphorbiae*, *Epitrix harilana rubia* Bech. & Bech., *L. decemlineata*, *E. fabae*, y *L. huidobrensis*. Desde el punto de vista teórico, este material de papa silvestre sería la mejor alternativa para iniciar un programa de mejoramiento genético a insectos en la papa cultivada. Pero, todavía se necesita más información básica que permita conocer el comportamiento de los posibles híbridos en interacción con diferentes condiciones ambientales, para poderlas evaluar en su real magnitud.

En la actualidad, se están publicando frecuentemente artículos científicos que tratan precisamente de este tipo de información. Para el caso de la planta de tomate, en donde se han descrito siete tipos diferentes de tricomas de los cuales tricomas IV, V y VI, han sido relacionados con ciertos aspectos de la resistencia de esta planta a plagas. El tricoma tipo IV es glandular, corto, y posee una célula en la punta. El tricoma de tipo V es no-glandular y corto, mientras que el tricoma de tipo VI es glandular, corto y tiene una punta multicelular. Snyder y Hyatt (1984) encontraron que la longitud del día influenció la densidad de los tricomas. Hubo mayor densidad de tricomas de tipo IV bajo condiciones de días cortos (8 horas de luz); tricomas

de tipo VI fueron más densos bajo condiciones de días largos (8 horas de luz, más una interrupción del período de oscuridad por 4 horas, de las 22:00 hasta las 02:00); y la densidad del tricoma V no fue influenciado por los cambios en la longitud del día.

También es interesante mencionar en esta parte que en el siglo pasado se estableció una correlación en las plantas superiores entre la presencia de tricomas y la aridez del medio ambiente en el cual crecen. Recientemente Ehleringer (1984) publicó un excelente artículo de sus investigaciones en plantas de los desiertos de Sonora y Mohave en Norteamérica. El encontró que el aumento de la densidad de los tricomas (glandulares y no glandulares) a lo largo de un gradiente de aridez creciente no está restringido a unas pocas especies sino que está ampliamente distribuido entre muchos géneros y familias diferentes de plantas. A medida que aumenta la densidad de tricomas en estas plantas, el porcentaje de luz reflejada por la hoja también aumenta, resultando por consiguiente en una reducción de absorción de luz. Ehleringer (1984) también encontró que la pilosidad de las hojas tiene poco efecto en la resistencia total de la hoja a la pérdida de agua, pero que tiene un efecto significativo en la temperatura de la hoja, fotosíntesis y la pérdida de agua a través de un aumento de la reflexión de la luz. Resumiendo, hasta ahora hay por lo menos dos factores ambienta-

les que influyen directamente en la expresión de la densidad de los tricomas, éstos son la longitud del día y la aridez medio ambiental. En el caso de la papa, es bastante elocuente el ejemplo del cultivar Tomasa Condemayta con relación a los daños de la mosca minadora en la costa central del Perú. Cuando se cultivó en dos medio ambientes diferentes, mostró diferentes densidades de tricomas simples y por consiguiente, la resistencia a mosca minadora también varió. Poniendo en perspectiva lo que se ha tratado hasta ahora, parecería que a pesar de que el carácter tricomas está bajo control genético,

su expresión está fuertemente influenciada por el medio ambiente, tal como sugirió Radcliffe (1982). Esta característica reduciría grandemente sus posibilidades de éxito como una estrategia general de defensa en el cultivo de la papa. Lo haría de aplicación local, en áreas en donde el medio ambiente favorezca la expresión del carácter, por supuesto que con cierto riesgo ya que las condiciones ambientales también varían de año a año. En términos generales su mayor aporte sería como un componente importante en la estrategia de control integrado de plagas.

GLICOALCALOIDES

La familia *Solanaceae*, a la que pertenece la papa, es caracterizada por poseer compuestos nitrogenados tóxicos denominados glicoalcaloides. Este tipo de metabolito secundario ha sido mencionado como responsable de la resistencia de ciertas especies de *Solanum*, a insectos plagas tales como *L. decemlineata* (Kuhn y Low, 1955); *E. fabae* (Dahlman y Hibbs, 1967; Tingey et al., 1978; Raman et al., 1979). Pero así como los glicoalcaloides son tóxicos para algunos insectos, también lo son para los humanos. Renwick (1972) en su hipótesis acerca del origen de dos enfermedades congénitas (anencefalía y espina bífida cística), menciona que los responsables de estas malformaciones pueden estar en tubérculos de papa infectados con el hongo causante del tizón tardío ("ranchar", o "gota"), *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. No obstante que Kuc (1975) concluyó que no existe evidencia experimental para relacionar a los principales glicoalcaloides de la papa, α solanina y α chaconina,

y las fitoalexinas rishitina y fituberina a estas malformaciones congénitas, recientemente, Morris y Lee (1984) demostraron que los glicoalcaloides de la papa son muchos más tóxicos para los humanos que para otros animales que fueron estudiados. El nivel de toxicidad de los glicoalcaloides de la papa es parecido al de la estricnina, siendo letales a concentraciones de 3 - 6 mg/kg de peso. Morris y Lee mencionan también que, no obstante la teoría de Renwick es incorrecta, experimentos en los cuales se les suministró concentraciones altas de glicoalcaloides a animales en estado de preñez, dió como resultado una mortalidad alta y reabsorciones de los fetos. Por estas razones ellos sugirieron que señoras en estado de embarazo o que desean conseguir el embarazo, deben de evitar comer tubérculos de papa ligeramente verdeados o dañados. Frente a estas consideraciones, el uso de los glicoalcaloides como mecanismos de defensa contra insectos, no parecen ofrecer una solución viable.

CONCLUSIONES

Las especies de *Solanum* tubérferas, poseen una gran variedad de características deseables que pueden ser incorporados en la papa cultivada destacando entre ellos la resistencia a insectos. Los mecanismos de defensa de algunas de estas especies han comenzado a ser investigados muy recientemente. De los dos principales mecanismos de resistencia más investigados, la resistencia a insectos proporcionada por los tricomas parecería

ofrecer la mejor alternativa para un programa de mejoramiento genético. Es interesante mencionar que fuera de estos dos mecanismos de resistencia, deben de haber otros que en la fecha no son bien conocidos. También es interesante destacar una vez más que este tipo de investigación debe ser acompañada por alguna investigación básica que pueda proporcionar información acerca del probable mecanismo que da la resistencia.

LITERATURA CONSULTADA

- DAHLMAN, D. L., and E. T. HIBBS, 1967. Responses of *Empoasca fabae* (Cicadellidae: Homoptera) to tomatine, solanine, leptine I, tomatidine, solanidine and demissine. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 60: 732-740.
- CALLAHAN, P. S., 1957. Oviposition response of the corn earworm to differences in surface texture. *J. Kans. Entomol. Soc.* 30: 59-63.
- CASAGRANDE, R., 1982. Colorado potato beetle resistance in a wild potato, *Solanum berthaultii*. *J. Econ. Entomol.* 75: 368-372.
- DELGADO, M. y P. AGUILAR, 1980. El cultivo de la papa. En *Apuntes sobre el control biológico y el control integrado de las plagas agrícolas en el Perú*. Separata de la *Rev. Per. Ent.* 23(1): 83-110.
- EHLERINGER, J., 1984. Ecology and eco-physiology of leaf pubescence in north america desert plants. In *Biology and Chemistry of Plant Trichomes*, edited by E. Rodríguez, P. L. Healey and I. Mehta. Plenum Press, New York and London.
- FAGOONEE, I., and V. TOORY, 1983. Preliminary investigations of host selection mechanisms by the leafminer *Liriomyza trifolii*. *Insect Sci. Application* 4: 337-341.
- GIBSON, R., 1971. Glandular hairs providing resistance to aphids in certain wild potato species. *Ann. Appl. Biol.* 68: 113-119.
- _____, 1976a. Glandular hairs of *Solanum polyadenium* lessen damage by the Colorado beetle. *Ann. Appl. Biol.* 82: 147-150.
- _____, 1976b. Glandular hairs are a possible means of limiting aphid damage to the potato crop. *Ann. Appl. Biol.* 82: 143-146.
- _____, 1978. Resistente in glandular-haired wild potatoes to flea beetles. *Am. Potato J.*, 55: 595-599.
- _____, 1979. The geographical distribution, inheritance and pest-resisting properties of sticky-tipped foliar hairs on potato species. *Potato Res.* 22:223-236.
- _____, and R. M. Turner, 1977. Insect-trapping hairs on potato plants. *PANS* 22: 272-277.
- _____, and J. A. PICKETT, 1983. Wild potato repels aphids by release of aphid alarm pheromone. *Nature (London)* 302: 608-609.
- GREGORY, P., S. L. SINDEN, S. F. OSMAN, W. M. TINGEY, and D. A. CHES- SIN, 1981. Glycoalkaloids of wild, tuber-bearing *Solanum* species. *J. Agric. Food Chem.* 29: 1212-1215.
- KUC, J., 1975. Terotogenic constituents of potatoes. In *Recent advances in Phytochemistry*, vol. 19. Edited by V. C. Runeckles. Plenum Press, New York.
- KUHN, R. and R. LOW, 1955. Resistance factors against *Leptinotarsa decemlineata* Say, isolated from the leaves of wild *Solanum* species. In *Origin of resistance to toxic agents*, edited by M. G. Sevag, R. D. Reid, and O. E. Reynolds. Academic Press, New York.
- LAPOINTE, S. L. and W. M. TINGEY, 1984. Feeding response of the green peach aphid (Homoptera: Aphididae) to potato glandular trichomes. *J. Econ. Entomol.* 77: 386-389.
- McCOLLOCH, J. W. W., 1920. A study of the oviposition of the corn earworm with relation to certain phases of the life economy and measures of control. *J. Econ. Entomol.* 13: 242-255.
- MEHLENBACHER, S. A., R. L. PLAISTED,

- and W. M. TINGEY, 1984. Heritability of trichome density and droplet size in interspecific potato hybrids and droplet size in interspecific potato hybrids and relationship to aphid resistance. *Crop Science* 24: 320-322.
- METCALFE, C. R. and L. CHALK, 1950. *The anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford.
- MORRIS, S. C. and T. H. LEE, 1984. The toxicity and teratogenicity of Solanaceae glycoalkaloids, particularly those of the potato (*Solanum tuberosum*): a review. *Food Technology in Australia*, 36(3): 118-124.
- RADCLIFFE, E. B., 1982. Insect pests of potato. *Ann. Rev. Entomol.* 27: 173-204.
- RAMAN, K. V., W. M. TINGEY, and P. GREGORY, 1979. Potato glycoalkaloids: Effect on survival and feeding behavior of the potato leafhopper. *J. Econ. Entomol.* 72: 337-341.
- REJESUS, R. S., 1968. Bio-ecological studies on the cotton leaf perforator, *Bucculatrix thurberiella* Busk (Lepidoptera: Lyonetiidae). Ph. D. dissertation, Univ. California, Riverside.
- RENWICK, J., 1972. Hypothesis: anencephaly and spina bifida are usually preventable by avoidance of a specific but unidentified substance present in certain potato tubers. *Br. H. Prev. Soc. Med.* 26: 67-88.
- RYAN, J. D., P. GREGORY, and W. M. TINGEY, 1982. Phenolic oxidase activities in glandular trichomes of *Solanum berthaultii*. *Phytochemistry* 21: 1885-1887.
- SMITH, R. F. and R. VAN DEN BOSCH, 1967. Integrated control. In *Pest control: biological, physical and selected chemical methods*. Editado por W. W. Kilgore y R. L. Doutt. Academic Press, New York and London.
- SNYDER, J. C. and J. P. HYATT, 1984. Influence of daylength on trichome densities and leaf volatiles of *Lycopersicon* species. *Pl. Sci. Letters*. 37: 177-181.
- TINGEY, W. M. 1981. Potential for plant resistance in management of arthropod pests. In *Advances in Potato Pest Management*. Edited by J. Lashombe and R. Casagrande. Hurchinson Ross Publishing Company Pennsylvania.
- TINGEY, W. M., J. D. MACKENZIE, and P. GREGORY, 1978. Total foliar glycoalkaloids and resistance of potato species to *Empoasca fabae* (Harris). *Am. Potato J.* 55: 577-585.
- TINGEY, W. M., and J. E. LAUBENGAYER, 1981. Defense against the green peach aphid and potato leafhopper by glandular trichomes of *Solanum berthaultii*. *J. Econ. Entomol.* 74: 721-725.
- TINGEY, W. M., R. L. PLAISTED, J. E. LAUBENGAYER, y S. A. MEHLENBACHER, 1982. Green peach aphid resistance by glandular trichomes in *Solanum Tuberosum* x *S. berthaultii* hybrids. *Am. Potato J.* 59: 241-251.
- VALENCIA, L. y R. CAMPOS, 1979. Detección de resistencia a los daños de la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis* B.) y del acaró blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) en variedades comerciales de papa. *Rev. Per. Ent.* 22 (1): 21-23.
- WILSON, E. L. and F. D. WILSON, 1975. Effects of pilose, pubescent, and smooth cottons on the cotton leaf perforator. *Crop. Sci.* 15: 807-809.
- WRIGHT, R. J., M. B. DIMOCK, W. M. TINGEY, and R. L. PLAISTED, 1985. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Expression of resistance in *Solanum berthaultii* and interspecific potato hybrids. *J. Econ. Entomol.* 78: 576-582.

**MECANISMOS DE TRANSMISION DE VIRUS DE PAPA POR
Myzus persicae**

Clemencia Avila de Moreno

TRANSMISION DE VIRUS DE PAPA POR AFIDOS

El cultivo de la papa es uno de los más susceptibles a las enfermedades virales, las cuales en condiciones de campo, pueden presentarse en forma simultánea y manifestarse con diferentes grados de severidad (Ramírez, 1977).

Más del 80% de especies de insectos vectores de virus de plantas son del orden Homóptera

y dentro de este orden la familia Aphididae es la de mayor importancia como vectora por sus hábitos alimenticios.

Para entender el mecanismo de transmisión de los virus por áfidos es conveniente estudiar algunos tópicos sobre morfología del aparato bucal de estos insectos y de su canal alimenticio.

GLOSARIO

Adquisición:

Toma de los virus por áfidos al alimentarse sobre plantas infectadas.

Alimentación:

Proceso mediante el cual el estilete del áfido penetra hasta el mesófilo y se produce el fenómeno de salivación-ingestión.

Periodo de latencia o periodo de incubación:

Espacio de tiempo transcurrido entre la adquisición y transmisión.

Persistencia:

Tiempo durante el cual los áfidos retienen la infectividad, después de haber dejado de alimentarse sobre plantas infectadas.

Prueba:

Proceso mediante el cual el extremo del estilete del áfido penetra en el tejido epidermal de las plantas para determinar si el hospedero es o no de su agrado.

Transmisión:

Proceso mediante el cual el áfido infecta plantas sanas.

APARATO BUCAL PICADOR-CHUPADOR DE AFIDOS

Se describe el aparato bucal de *Myzus persicae* porque esta especie transmite dos de los virus que más pérdidas causan en papa como son el virus Y (PVY) y el virus del enrollamiento (PRLV) y es probablemente la plaga más importante en papa (Salazar, 1982; Parker et al., 1983).

El aparato bucal de los áfidos es altamente especializado. Consiste en un pico delgado, dentro del cual hay tres o cuatro segmentos los cuales forman una especie de estiletes agudos y unidos de tal forma que a veces parece un simple pelo; estos estiletes corresponden a las mandíbulas y maxilas.

El pico no es un cilindro completo sino que tiene un surco en su parte media dentro del

cual están los estiletes, esta estructura corresponde al labio (Leach, 1940) (Figura 1).

Las maxilas en su superficie más interna presentan dos surcos que van de extremo a extremo y que juntas forman dos tubos. El tubo dorsal generalmente es el más grande de los dos; es el tubo de succión por donde suben los jugos de la planta extraídos por el insecto. El más pequeño o tubo ventral es el tubo salival a través del cual se inyecta la saliva dentro de la planta. Las dos mandíbulas se colocan estrechamente a lado y lado de las maxilas pero permitiendo un libre deslizamiento de las maxilas dentro de ellas (Leach, 1940) (Figura 2).

Cerca de la base del labio sobre la apertura

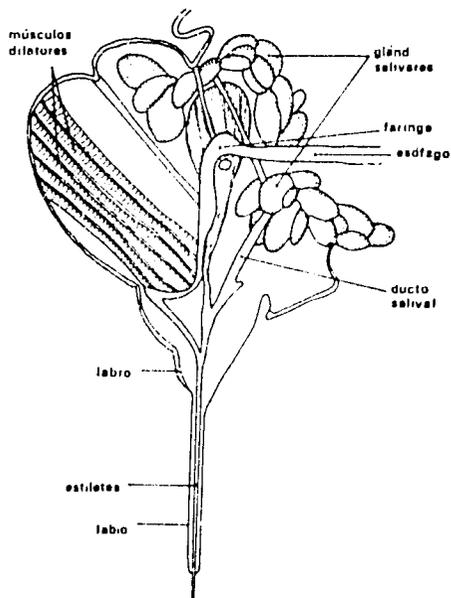


Figura 1 - Aparato bucal picador-chupador (Homoptera-Hemiptera). Adaptado de LEACH, J. G. Insect transmission of plant diseases. New York. 1940. p. 445.

o lado dorsal el surco está cubierto por una pequeña formación: es el labro. La hipofaringe se encuentra entre las bases de las maxilas. Es penetrada por el ducto salival que se abre dentro del tubo salival.

Los estiletes del átido pueden penetrar los tejidos de la planta en forma intra o intercelular y el proceso de succión empieza tan pronto como la penetración se ha efectua-

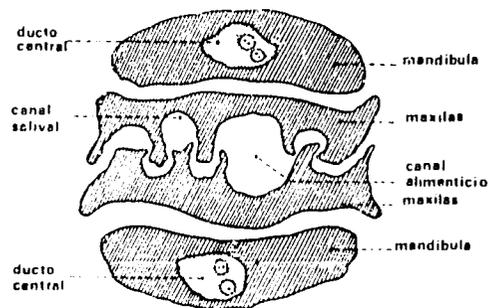


Figura 2 - Corte transversal del aparato bucal picador chupador de *Myzus persicae*. Adaptado de MARAMOROSCH, K. Viruses, Vectors, and Vegetation. New York. 1969. p. 215.

do. Esto involucra un flujo de saliva hacia afuera (del insecto) a través del canal salival y dentro del tejido, y un flujo de los jugos de la planta hacia adentro a través del canal alimenticio (Leach, 1940; Dylvester, 1980).

La saliva es impelida a través del canal salival por la bomba salival que es un saco muscular conectado con el ducto salival.

La fuerza requerida para que fluya el jugo de la planta es provista por capilaridad, por fuerza de presión positiva de la savia de la planta y por la succión producida por la dilatación de la faringe. durante el proceso de alimentación, se mantienen dos flujos: uno hacia afuera, el flujo de saliva y otro hacia adentro, el flujo de una mezcla de savia y saliva (Leach, 1940).

CANAL ALIMENTICIO DE *Myzus persicae*

Está formado por:

-- Estomodeo o intestino anterior, es de origen ectodermal, por tanto es renovado cada vez que el insecto muda. Consiste en una faringe muy corta y un esófago largo. El esófago es invaginado dentro del estómago formando la válvula esofageal.

-- Mesenteron o intestino medio, es la parte media del canal alimenticio y es el principal órgano de la digestión del insecto. El estómago o primera sección del intestino medio es grande y tiene forma de saco, ésta se conecta con una segunda sección que es tubular y se pliega sobre sí misma varias veces antes de expandirse un poco

para unirse con el intestino posterior.

• Proctodeo o intestino posterior, es tam-

bién de origen *extodermal* y se renueva en cada muda, es un tubo que conecta el mesenteron con el ano (Figura 3).

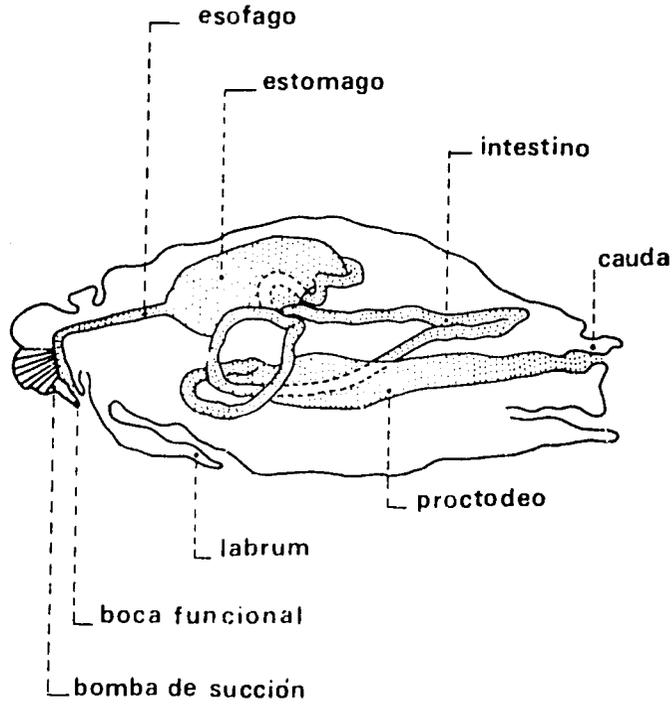


Figura 3 - Esquema del aparato digestivo de un adulto áptero de *Myzus persicae*. Adaptado de MARAMOROSCH, K. Viruses, Vectors, and Vegetation. New York. 1969. p. 222.

RELACION DE VIRUS-VECTOR

Los virus transmitidos por áfidos pueden ser clasificados en no persistentes y persistentes (Matthews, 1970; Pirone, 1969; Zitter, 1977; Harris, 1977; Lambers, 1972).

Se denominan virus no persistentes aquellos virus que son retenidos por el vector por períodos cortos de tiempo (Forbes y McCarthy, 1969; Maramorosch, 1967; Matthews, 1970).

Al grupo de virus no persistentes se les llama "llevados en el estilete" por ser transportados en la superficie externa del estilete de los áfidos como los virus PVY, PVA, PVS, PVM (Forbes y McCarthy, 1969; Maramorosch, 1967; Prione, 1971).

Virus persistentes son aquellos que pueden ser transmitidos por el áfido en forma per-

manente sin que el insecto tenga acceso adicional a las fuentes del virus (Sylvester, 1980).

Cuando un áfido muda, los estiletes, el estomodeo y proctodeo quedan en la exuvia. Así cualquier virus que permanezca después de la muda debió estar en el intestino medio dentro del cuerpo del insecto y será un virus circulativo o propagativo (Pirone, 1969, Harris, 1977).

Con la mayoría de los virus circulativos hay un período de latencia comprendido entre la adquisición del virus por el vector y la infección de las plantas sanas; este período puede ser de horas, días y aún semanas, en papa (éste es el caso del PLRV).

El proceso de inoculación del virus por áfi-

dos no es una simple transmisión pasiva. Existe especificidad entre el vector y el virus que éste transmite. La especificidad en la transmisión está relacionada ampliamente con el rango de hospederos (Lambers, 1972; Harris, 1977).

Las diferentes condiciones que requieren los virus persistentes y los virus llevados en el estilete para su transmisión pueden deberse en parte a las diferencias en concentración del respectivo virus en la planta y a las diferentes tasas de inactividad de los virus en el vector (Kirpatrick, 1948).

VIRUS NO PERSISTENTES

Virus Y de la papa

El virus Y de la papa ha sido uno de los más estudiados por su fácil diseminación y porque puede depreciar los cultivos en donde se presente hasta en 80% (Beemster y Rozandal, 1972).

Sintomatología

El PVY en papa causa necrosis de las nervaduras en el envés de las hojas jóvenes en el primer año de infección.

En combinaciones con otros virus de la papa causa severos daños, llegando algunas veces a destruir el cultivo (Beemster y Rozandal, 1972). Cuando se presenta con PLRV y con el virus A de la papa (PVA), puede causar pérdidas hasta de 90%, con PVX causa una enfermedad llamada mosaico rugoso, uno de los más destructivos en Estados Unidos (Guerrero, 1978; Reestman, 1972).

Los síntomas de PVY en papa varían ampliamente con la raza del virus y la variedad de papa. Una misma variedad reacciona en distinta forma con diferentes razas del virus. Las variedades susceptibles reaccionan con necrosis, la cual puede afectar solamente algunas venas de la superficie inferior de las hojas o puede formar necrosis severas en hojas y tallos; por último, las hojas mueren pudiendo caer o permanecer colgando unidas al tallo. La necrosis generalmente es más severa después de la primera infección que después de la segunda. En esta última las plantas infectadas son menos necróticas, pero desarrollan enanismo, se vuelven quebradizas y las hojas se presentan arracimadas y con surcos (Beemster y Rozandal, 1972).

Entre las especies de áfidos transmisores de PVY, Beemster y Rozandal (1972) mencionan las siguientes:

Myzus persicae, es el vector más eficiente y numeroso, *M. ornatus*, *M. certus*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aulacorthum circumflexum*, *Aphis nasturtii*, *A. gossypii*, *A. fabae*, *A. frangulae*, *Cavariella pastinacae*.

Adquisición de PVY por *M. persicae*

El áfido *M. persicae* adquiere el PVY en pruebas que oscilan entre 11 y 60 segundos. Cuando la prueba excede de cinco minutos el virus no es adquirido en forma eficiente por el áfido. Esto puede ser debido a que durante el proceso de salivación-ingestión se liberan enzimas que pueden hacer al virus no infectivo (Bradley 1954; Proesler et al., 1977).

Bawden, et al., (1954) sugiere que la razón por la cual los virus llevados en el estilete son adquiridos más rápidamente después de pruebas cortas, puede deberse a que tales virus ocurren en concentraciones altas en la epidermis, sin embargo, evidencias posteriores no demuestran claramente que la distribución del virus dentro del tejido sea en forma desigual (Matthews 1970).

Retención de PVY

Para los virus llevados en el estilete no hay período de latencia en el áfido y pueden ser transmitidos inmediatamente después de la adquisición. Estos virus son retenidos solamente unas pocas horas por los áfidos que

no están alimentándose. (Avila de Moreno, 1983; Pirone, 1969 y 1971).

Transmisión de PVY por *Myzus persicae*

La transmisión de PVY es semejante en muchos aspectos al proceso de adquisición.

La transmisión ocurre después de pruebas cortas de 30 a 60 segundos (Sánchez de Luque, 1974).

Probablemente el PVY es llevado cerca al extremo de las maxilas de *M. persicae* (Matthews, 1970) y al efectuar las pruebas el áfido deja los virus en las paredes transversales de las células epidermales o intracelularmente, dentro de las células del mesófilo.

Someter a los áfidos a un período de ayuno de dos a siete horas antes de la adquisición, ayuda a la transmisión (Harris, 1977; Naggaigh, 1970; Pollard, 1971; Sánchez de Luque, 1975).

La eficiencia de la transmisión de PVY por *M. persicae* está influenciada por la concentración del virus (Pollard, 1973).

Bagnál y Bradley, citados por Avila (1983), comprobaron mediante ensayos de invernadero que áfidos virulíferos colocados en hojas jóvenes de la parte apical, transmiten el virus PVY a más plantas que cuando son colocados en las hojas medias o inferiores, y también que las hojas jóvenes de la zona apical son las mejores fuentes de virus para los áfidos.

Virus persistentes

Virus del enrollamiento de las hojas de papa.

El PLRV se presenta en todas las zonas paperas del mundo ocasionando grandes reducciones en la producción (Beemster, 1972). La magnitud de las pérdidas depende de factores tales como condiciones ambientales, susceptibilidad de la variedad, estado nutricional de las plantas y la raza del virus (Matthews, 1970; Beemster, 1972; Reestman, 1972).

Guerrero (1978) afirma que el PLRV actuando solo causa pérdidas de importancia económica, ya que puede reducir la producción hasta un 46.8%.

No se ha confirmado plenamente si este es un virus circulativo o propagativo.

Eskandi et al., (1978) y Kirpatrick y Ross (1950), trabajando independientemente, no encontraron evidencia de la multiplicación del virus dentro del vector, por lo cual concluyeron que el PLRV es un virus circulativo.

Tamada, citado por Avila (1983), afirma que el virus PLRV no se multiplica dentro del vector *M. persicae* y que el contenido de virus en el áfido se incrementa con el aumento del período de adquisición y decrece después de que los áfidos han sido removidos de la fuente de virus. Las partículas de PLRV se pierden rápidamente cuando los áfidos son trasladados de plantas con PLRV a plantas libres de virus.

Stegwee y Ponsen, citados por Sylvester (1980), inoculando hemolinfa de un áfido con PLRV a un áfido libre de virus y luego con la hemolinfa de ese último inoculando otro áfido libre de virus y así consecutivamente por 15 veces; encontraron que los áfidos no perdían infectividad y concluyeron que PLRV es un virus propagativo. Esto no pudo ser confirmado por otros investigadores (Eskandi, et al., 1978).

Sin embargo, con ayuda del microscopio electrónico, en las células del cuerpo graso de *M. persicae* infectivos se han encontrado partículas de 23 μm semejantes a la del virus del enrollamiento (Ponsen, citado por Sylvester, 1980).

Una interpretación liberal de la evidencia de la multiplicación del virus PLRV en el áfido *M. persicae*, podría ser que existiesen diferentes variedades del virus del enrollamiento de las hojas de la papa, algunos de los cuales podrían ser propagativos (Sylvester, 1980).

Sintomatología del PLRV en papa

La sintomatología varía de acuerdo a la fase

en el ciclo de vida de la planta en la cual ocurrió la infección. Se llama infección primaria cuando ésta ocurre dentro del período de crecimiento vegetativo, y se llama infección secundaria cuando se obtienen plantas enfermas como resultado de usar semillas contaminadas (Espinosa, 1975).

En el primer caso la planta presenta una coloración pálida, en ocasiones con bordes rojizos y, una posición erecta de las hojas jóvenes. En el segundo caso los síntomas muestran mayor severidad en las hojas bajas y se caracterizan por enrollamiento, falta de desarrollo, acompañada de necrosis en los vasos del floema y acumulación de carbohidratos, que ocasionan pérdidas severas en el rendimiento (Beemster y Rozendal, 1972).

En *Solanum tuberosum* spp. *andigena* Hawkes, se presentan síntomas diferentes para las infecciones secundarias de PLRV, como son clorosis general de la planta, enanismo y disminución del tamaño de las hojas (Espinosa, 1975; Matthews, 1970).

Especies de áfidos transmisores de PLRV

Myzus persicae es el vector más eficiente y económicamente importante, *M. ascalonicus*, *Neomyzus circumflexus*, *Aulocorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*, y *Aphis nasturtii* (Beemster y Rozendal, 1972).

Adquisición del PLRV por *Myzus persicae*

Según Kirpatrick (1948) algunos áfidos fueron capaces de transmitir PLRV con períodos de adquisición de 30 minutos. Al incrementarse el tiempo de adquisición aumenta el porcentaje de infección.

Leonard y Holbrook (1978) usaron un sistema electrónico para examinar el tiempo requerido para la adquisición y transmisión del PLRV; por medio de este sistema se pueden diferenciar en áfidos individuales las actividades de prueba, contacto inicial, penetración intercelular de los estiletes y salivación-ingestión.

Una vez iniciado el período de salivación-ingestión, 1 a 6 minutos son suficientes para que

áfidos no virulentos puedan adquirir el PLRV.

Estos investigadores dicen que reportes previos no tenían en cuenta el período de salivación-ingestión, sino el tiempo total de la prueba, durante el cual el áfido puede caminar, probar o encontrar el floema, actividades que pueden ser separadas. Generalmente, la salivación-ingestión ocurre a los cinco minutos después de haber sido colocado el áfido sobre la planta.

Los resultados de los ensayos de Leonard y Holbrook (1978) muestran una relación directa entre la duración del período de adquisición y la infectividad del áfido, lo cual fue confirmado posteriormente por otros autores. De otra parte McCarthy (1954) menciona que PLRV puede ser adquirido en un período de dos horas.

Período de latencia de PLRV en *M. persicae*

El período de latencia es variable y depende de todos los factores que puedan influir en la transmisión, como son: duración del período de alimentación, cantidad de virus presente en la planta en donde el áfido adquiere el virus y susceptibilidad de las plantas inoculadas (Kassanis, 1952).

Según Leonard y Holbrook (1978), el período de latencia es de cuatro a seis días. Kirpatrick y Ross (1950) encontraron que este período era de 1 a 5 horas. Para McCarthy (1954) oscila entre 9.5 y 12 horas.

Retención de PLRV en *M. persicae*

La característica de los virus persistentes es la de presentar un largo período de retención en el áfido. El áfido puede permanecer infectivo toda su vida. El grado de infectividad de un áfido también está relacionado con el período de latencia o sea el tiempo que requiere el virus para circular o multiplicarse en el áfido (Leonard y Holbrook, 1978).

Transmisión

Según Loughnane, citado por Kassanis (1952), la transmisión de PLRV por áfidos puede ser

exitosa después de solo cinco minutos si los áfidos han estado en ayuno previo por cuatro horas.

McCarthy (1954) usó áfidos adultos los cuales se alimentaron por cinco días sobre plantas de papa infectadas con PLRV, con un período de transmisión de 12 horas, estos áfidos infectaron un 70% de plantas de *Physalis floridana*. Smith (1965) reporta que los áfidos que se han alimentado por seis horas sobre plantas de papa infectadas, fueron capaces de infectar plantas de papa sanas en ensayos de transmisión de 48 horas, pero no infectaron ninguna con pruebas de 24 horas.

Al aumentar el período de adquisición a siete días, el tiempo de transmisión se redujo a dos horas.

Holbrook (1978) encontró que la transmisión de PLRV sobre la planta indicadora *P. floridana* es proporcional a la duración del período de salivación-ingestión.

Para Leonard y Holbrook (1978) una transmisión eficiente de PLRV se efectúa en 2.5 minutos de salivación-ingestión sobre plantas sanas. Los datos encontrados por estos investigadores no indican un marcado incremento en el porcentaje de infección con el incremento en el tiempo de transmisión. Estos autores sugieren que la transmisión de las partículas de virus ocurre en la iniciación de la alimentación. Parece que el número de partículas de PLRV inyectadas no depende de la duración de la transmisión sino del tiempo que haya permanecido alimentándose sobre una planta enferma.

Según Kassanis (1952), los áfidos transmiten el PLRV más rápidamente si han estado alimentándose sobre plantas jóvenes infectadas.

Kirpatrick (1948) afirma que las hojas más viejas de papa fueron mejores fuentes de virus que las más jóvenes y que un áfido virulento alimentándose individualmente infecta más plantas que cuando está con otros áfidos no virulentos. Esto se interpreta como un indicativo de que la alimentación de los áfidos puede causar cambios en las plantas que la hacen resistentes a la infección sistémica.

Kirpatrick y Ress (1950), explican el hecho de que la transmisión se obtenga más rápidamente con un gran número de insectos porque los insectos pueden inyectar cantidades mínimas dentro de las plantas y que estas cantidades mínimas pueden combinarse dentro de ella y causar la infección.

Estos investigadores encontraron que el número óptimo para causar infección sobre plantas de *P. floridana* con dos hojas cotiledonales es de cinco áfidos por planta. Esta cantidad de áfidos también fue usado por Chuquillarqui y Jones (1980) y por McCarthy (1954).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, las variaciones que presentan los virus persistentes y no persistentes en cuanto a la adquisición, retención, latencia y transmisión son conceptos que necesariamente deben tenerse en cuenta en un programa de obtención de variedades libres de virus.

BIBLIOGRAFIA

- AVILA DE M. C., 1983. Comportamiento del áfido *Myzus persicae* (Sulzer) sobre siete variedades comerciales de papa. Bogotá, UNC-ICA. 1120 p. (Tesis Mag. Sci.).
- BAWDEN, F. C., B. M. G. HAMLYN, and M. A. WATSON, 1954. The distribution of viruses in the different leaf tissues and its influence on virus transmission by aphids. *Annals of Applied Biology*, 41(2): 229-239.
- BEEEMSTER, A. B. R., 1972. Virus translocation in potato plants and mature plants and mature plants resistance. In *Viruses of potatoes and seed potato production*. Edited by J. A. de BOKX. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation.

- _____ and A. ROZENDAL, 1972. Potato viruses; properties and symptoms. In *Viruses of potatoes and seed potato production*. Edited by J. A. de BOKX. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- BRADLEY, R. H. E., 1954. Studies on the mechanism of transmission of potato virus Y by the green peach aphid *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera: Aphididae). *Canadian Journal of Zoology*, 32(1): 64-67.
- CHUQUILLANQUI, C. and A. C. JONES, 1980. A rapid Technique for assessing the resistance of families of potato seedling to potato leafroll virus. *Potato Research*, 23(1): 121-128.
- ESKANDI, F., E. S. SYLVESTER, and J. RICHARDSON, 1978. Evidence for lack of propagation of potato leafroll virus in its aphid vector *Myzus persicae*. *Phytopathology* 69(1): 45-47.
- ESPINOSA, E. A. M., 1975. Utilización de métodos histológicos y de infectividad en el diagnóstico del virus del enrollamiento de las hojas de papa. San José, Costa Rica, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, 63 p. (Tesis Ing. Agr.).
- FORBES, A. R. and H. R. McCARTHY, 1969. Morphology of the Homoptera with emphasis on virus vectors. In *Viruses, Vectors and Vegetation*. Edited by K. MARAMOROSCH. John Wiley and Sons, New York.
- GUERRERO, O., 1978. Evaluación de pérdidas ocasionadas en la variedad de papa ICA-Puracé por los virus Potato virus X, Potato virus Y y Potato leafroll virus. Bogotá UNC-ICA, 82 p. (Tesis Mag. Sci.).
- HARRIS, R. F., 1977. An ingestion-egestion hypothesis of noncirculative virus transmission. New York, Academic Press.
- HOLBROOK, F. R., 1978. Transmission of potato leafroll virus by the green peach aphid. *Annals of the Entomological Society of America*, 71(6): 830-831.
- KASSANIS, B., 1952. Some factors affecting the transmission of leafroll virus by aphids. *Annals of Applied Biology* 39(2): 157-165.
- KIRPATRICK, H. C., 1948. Indicator plants for studies with the leafroll virus in potatoes. *American Potato Journal* 42(10): 540-546.
- _____ and A. F. ROSS, 1950. Aphid transmission of potato leafroll virus to solanaceous species. *Phytopathology* 42(10): 540-546.
- LAMBERS, D. H. E., 1972. Aphids: Their life cycle and their role as virus vectors. In *Viruses of potatoes and seed potato production*. Edited by J. A. de BOKX. Wageningen, Centre of Agricultural Publishing and Documentation.
- LEACH, J. C., 1940. *Insect transmission of plant diseases*. New York, McGraw Hill Book Company Inc.
- LEONARD, S. H., and F. R. HOLBROOK, 1978. Minimum acquisition and transmission times for potato leafroll viruses by the green peach aphid. *Annals of the Entomological Society of America*, 71(4): 493-495.
- MARAMOROSCH, K., 1967. Virus vectors relationships; vectors of circulative and propagative viruses. In *Plant Virology*, edited by M. K. CORBETT and A. D. SISLER, Paramount Press Inc. Yacksonville.
- McCARTHY, H. R., 1954. Aphid transmission of potato leafroll virus. *Phytopathology* 44(4): 167-174.
- MATTHEWS, R. E. P., 1970. *Plant Virology*. Academic Press, New York.
- NAGAIGH, B. B., 1970. Hereditary variation of *Myzus persicae* to transmit potato

- leafroll virus. Simla, Central Potato Research Institute.
- PARKER, B. L., R. H. BOOTH and J. BRYAN, 1983. *Myzus persicae* (Sulzer) in diffuse light and dark rustic storages and resultant PLRV transmission, American Potato Journal, 60: 65-70.
- PIRONE, T. F., 1969. Mechanism of transmission of style-borne viruses. In Viruses, vectors and vegetation. Edited by K. MARAMOROSCH. New York, Interscience.
- _____, 1971. Nonpersistent transmission for plant viruses by aphids. Annual Review of Phytopathology 15: 55-73.
- POLLARD, D. G., 1971. Some aspects of plant penetration by *Myzus persicae* (Sulz.) nymphs (Homoptera: Aphididae). Bulletin of Entomological Research 61(2): 315-324.
- _____, 1973. Plant penetration by feeding aphids (Homoptera: Aphididae): a review. Bulletin of Entomological Research, 62(4): 631-714.
- PROESELER, G., E. FRITZCHE and B. SCHIMANSKI, 1977. Laboratory trials with insecticides, mineral oil and combination of them for the reduction of aphid transmission of nonpersistent viruses. Review of Applied Entomology, 65: 1539.
- RAMIREZ DE S., G. L., 1977. Evaluación de variedades de papa de *Solanum phureja* Juz et Buk, por su resistencia al *Myzus persicae* (Sulz.) Bogotá, UNC-ICA. 94 p. (Tesis Mg. Sci.).
- REESTMAN, A. J., 1972. Incidence of infection in commercial crops and consequent losses. In Virus of potatoes and seed production, edited by J. A. de BOKX. Wageningen, Centre for Agricultura Publishing and Documentation.
- SALAZAR, L. F., 1982. Enfermedades virales de la papa. Lima, Centro Internacional de la papa.
- SANCHEZ DE L., C., 1974. Determinación del virus Y de la papa llevado en el estilete por *Myzus persicae* (Sulz.) Bogotá, ICA, 12 p. (Mecanografiado).
- _____, 1975. Virus llevados en el estilete por áfidos. Bogotá, ICA, 21 p. (Mecanografiado).
- SMITH, K. M., 1965. Studies on potato virus diseases, some further experiments on the insect transmission of potato leafroll. Annals of Applied Biology, 8(2): 141-157.
- SYLVESTER, E. S., 1980. Circulative and propagative virus transmission by aphids. Annual Review of Entomology, 25: 257-286.
- ZITTER, T. A., 1977. Epidemiology of aphid-borne viruses. In Aphid as virus vector. Edited by K. F. HARRIS, y K. MARAMOROSCH. Academic Press, New York.

INCREMENTO DE VIRUS EN GENERACIONES SUCESIVAS DE
CULTIVARES DE PAPA

*Pedro Corzo C, y
Concepción S. de Luque*

INTRODUCCION

El cultivo de la papa en Colombia ocupa una extensión de siembra de aproximadamente 160.000 hectáreas por año, siendo uno de los cultivos más importantes por la superficie cultivada, el volumen producido, el número de agricultores que participan en él y por ser el más importante producto básico en la alimentación de la población de clima frío.

Por su forma de propagación, este cultivo se encuentra afectado por un gran número de virus que pasan a la semilla vegetativa perpetuándose en los cultivares y haciéndolos improductivos (Salazar, 1982). Se ha considerado que los bajos rendimientos en el país con un promedio nacional de 15 toneladas por hectárea, son debidos principalmente a que el 90% de la papa utilizada para semilla, corresponde a papa de consumo de sanidad desconocida. Estudios realizados en el ICA, han determinado que la presencia de complejos virales en papa pueden llegar a reducir los rendimientos hasta en un 60% (Guerrero, 1978).

En estudios realizados en la India, se encontró que las infecciones causadas por los virus PVY y PLRV en diferentes cultivares de papa causaron una reducción en la cosecha que fue influenciada por el cultivar de papa y la estación de otoño en que se realizaron los

experimentos. Después de tres años de trabajo experimental, se encontró que la degeneración causada por el PVY en otoño varió entre 13.90 y 20.12% , y que en la primavera, la reducción estuvo entre 44.03 y 57.18%, mientras que la degeneración causada por PLRV causó una reducción en los rendimientos en otoño entre 7.45 y 15.74%, y en primavera la reducción estuvo entre 38.83 y 60.06% . También se observó que en algunos cultivares de papa las reducciones fueron mayores debido probablemente a diferencias en susceptibilidad a estos virus (Singh et al., 1982).

Debido a que en la zona Andina de Suramérica se desconocen aspectos básicos acerca de la interrelación entre virus de plantas y su influencia en los rendimientos, se inició esta investigación teniendo como objetivos principales: determinar el incremento de virus en generaciones sucesivas del cultivo y medir el efecto que los mismos ocasionan sobre la producción y vigor de la semilla sembrada en diferentes zonas ecológicas de producción en Colombia.

Los resultados que se reportan en este artículo corresponden a infecciones causadas por virus determinados por técnicas serológicas.

MATERIALES Y METODOS

Los estudios de laboratorio se realizaron en el laboratorio de Virología del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, dentro de un Proyecto Cooperativo entre las Secciones de Fitopatología y Papa del ICA, con la asesoría del Centro Internacional de la Papa, CIP, en Lima.

Para el estudio iniciado en 1983, se partió con semilla de alta sanidad en cuanto a virus, de las variedades Pata Pastusa, ICA-Puracé, ICA-Tequendama y Diacol Capiro, sembradas en tres zonas de producción representa-

das en Centros de Investigación del ICA: San Jorge (zona de páramo, 3000 msnm); Tibaitatá (zona media, 2600 msnm) y La Selva (zona baja, 2000 msnm); en esta última, la variedad Pata Pastusa se cambió por la Diacol Monserrate por problemas de adaptación. Los estudios se realizaron teniendo en cuenta los dos ciclos de siembra (Semestre A y B).

Los tubérculos de cada variedad procedente de cada semestre se sembraron durante el siguiente año en el mismo semestre (ciclo). Para ello se tomaron al azar 200 tubérculos de

cada variedad y se sembraron en parcelas al azar en cada localidad. Antes de la floración, se tomaron muestras de follaje de 60 plantas también al azar las que se evaluaron para determinar el porcentaje de virus presente. Las muestras fueron evaluadas por los métodos serológicos de aglutinación por latex para los virus PVX, PVY, PVS, APMV y APLV y por el método de conjugados enzimáticos ELISA para PLRV, siguiendo la metodología descrita por Clark y Adams 1977 y ajustadas por

Salazar (1982). Los datos obtenidos de las plantas infectadas fueron llevados a porcentaje del total de muestras analizadas y se presentan de esta manera en la Sección de resultados.

En la cosecha de cada ciclo, se midió el rendimiento por planta evaluada y se guardaron tres o cuatro tubérculos por planta de aproximadamente 60 gramos de cada uno para poder continuar el ensayo al año siguiente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos que se presentan aquí corresponden únicamente a resultados aún preliminares relacionados con el incremento de virus durante tres generaciones sucesivas, ya que los correspondientes a la evaluación de rendimiento y calidad de semilla están aún en proceso. A pesar de que en los resultados se muestra una tendencia general de incremento en la concentración de todos los virus, en algunos casos se observa una inconsistencia de esa tendencia. Por ser este un primer tra-

bajo de esta naturaleza hecho en Colombia, esta variabilidad podría deberse a la metodología de detección empleada que es muy sensitiva para algunos virus como es el caso de PLRV o también a factores desconocidos que puedan influir en este tipo de estudio.

Los datos tabulados hasta el momento, muestran una tendencia al aumento en la diseminación de virus con el tiempo, para las tres zonas evaluadas determinando un incre-

TABLA 1
PORCENTAJE DE PLANTAS DE PAPA INFECTADAS CON CUATRO VIRUS EN TRES ZONAS ECOLOGICAS DE COLOMBIA EN GENERACIONES SUCESIVAS*

AÑO	SEMESTRE A			
	ZONA	PVX	PVY	PVS
1983				
La Selva	3.7	0.4	0.6	5.0
San Jorge	1.0	0.6	1.4	2.0
Tibaitatá	0.3	0.8	2.7	8.9
1984				
La Selva	4.3	5.8	3.1	31.4
San Jorge	0.0	0.8	1.4	23.0
Tibaitatá	7.0	3.7	16.4	27.5
1985				
La Selva	9.0	46.0	15.0	37.0
San Jorge	19.0	4.0	9.0	6.0
Tibaitatá	15.0	10.5	13.0	6.5

*En cada año el número de muestras fue de 60 plantas al azar y la metodología de detección de los virus es mencionada en la Sección de metodología.

mento en la concentración de virus en la semilla a través de tres generaciones sucesivas (Tablas 1 y 2). En general, se observa una mayor tendencia de incremento de virus en los materiales procedentes de La Selva (zona baja), seguido por los de Tibaitatá y finalmente de San Jorge.

Los resultados que se presentan en la Tabla 1, correspondientes a las siembras de primer semestre, muestran una tendencia de incremento en la concentración de los cuatro virus en el Centro La Selva, con un aumento muy marcado en el porcentaje para los virus PVY y PLRV. En el caso de los virus PVX y PVS aún si hay aumento, esa tendencia no es tan marcada como para los virus anteriores. Para las otras localidades, aunque no hay consistencia en la tendencia, si se presenta un aumento en la concentración de virus en el tiempo con relación a la presencia de los mismos en el material inicial.

Los resultados que se presentan en la Tabla 2, corresponden a las siembras del segundo semestre, muestran en general la misma ten-

dencia que los resultados obtenidos para el primer semestre. Se observa también una marcada tendencia al aumento de los virus PVY y PLRV en el CRI La Selva, en tanto que para las otras localidades, aunque no hay mucha consistencia en los resultados siempre se observa cierta tendencia al aumento en el porcentaje de virus. En el caso de los virus PVX y PVS aunque también hay aumento en el porcentaje de virus en La Selva, esa tendencia no es tan marcada como en los otros virus.

Los resultados para los virus APMV y APLV, en ambos semestres no fueron ni significativos ni consistentes, por lo cual no se presentan aquí, pero si se deben tener en cuenta para el proceso degenerativo de la papa.

El promedio acumulado de virus determina que La Selva (Antioquia), sigue siendo la que presenta mayor presión de diseminación de virus. Ello concuerda con un estudio de reconocimiento que ubica esta zona como la de mayor incidencia de virus, a la vez que PLRV y PVY en su orden, siguen siendo los

TABLA 2
PORCENTAJE DE PLANTAS DE PAPA INFECTADAS CON CUATRO
VIRUS EN TRES ZONAS ECOLOGICAS DE COLOMBIA EN
GENERACIONES SUCESIVAS*

AÑO		SEMESTRE B			
ZONA	PVX	PVY	PVS	PLRV	
1983					
La Selva	1.6	6.9	12.5	5.3	
San Jorge	0.0	0.6	7.8	17.8	
Tibaitatá	0.4	2.9	5.8	8.0	
1984					
La Selva	8.0	28.0	24.0	42.0	
San Jorge	10.0	47.0	8.3	33.7	
Tibaitatá	22.0	0.7	15.9	31.3	
1985					
La Selva	12.0	46.0	27.0	47.0	
San Jorge	11.1	18.3	3.7	29.4	
Tibaitatá	24.0	24.5	9.1	6.2	

*En cada año el número de muestras fue de 60 plantas al azar y la metodología de detección de los virus es mencionada en la Sección de Metodología.

más prevalentes en esta zona (Corzo y Sánchez de Luque, 1984).

Es de interés mencionar que los virus PVY y PLRV son transmitidos por áfidos. En estudios cooperativos realizados por el ICA y el CIP (ver Valencia y Trillos en esta memoria), se ha encontrado que precisamente en La Selva se capturó un número mayor de áfidos alados que los que se capturaron en Tibaitatá y San Jorge, lo que indica una mayor actividad biológica de los áfidos en zonas bajas con el consiguiente aumento en la dis-

minación de los virus.

Estos datos también confirman el hecho de que el factor altura sobre el nivel del mar, en nuestro medio, es muy importante para tener en cuenta un programa de producción de semilla. Mientras a mayor altitud el mantenimiento de la sanidad de un cultivo de papa se facilita por la menor población de insectos vectores de virus lo que facilita su control, a menor altitud, la rata de degeneramiento es mucho más rápida.

BIBLIOGRAFIA

- CORZO, P. Y C. SANCHEZ DE LUQUE, 1984. Incidencia de virus en campo de producción de semilla en Colombia. In: Memorias XII reunión ALAP (editado por ICA), 20-25 Mayo. Bogotá, Colombia.
- GUERRERO, G. O., 1978. Evaluación de pérdidas ocasionadas en la variedad de papa ICA-Puracé por los virus "Potato Virus X", "Potato Virus Y" y "Potato Leafroll Virus". Tesis M. Sc. Bogotá, ICA-UN.
- SALAZAR, L. F., 1982. Enfermedades virales de la Papa. Manual CIP Lima.
- SINGH, M. N.; B. B. NAGAICH AND H. O. AGRAWAL. 1982. Potato yield depressions due to current year infection with viruses U and Leafroll. J. Indian Potato Assoc. 9(2,3 & 4): 128-135.

INVESTIGACION SOCIOECONOMICA PARA EL MANEJO
MEJORADO DE PLAGAS

P. T. Ewell y

H. Fano

INTRODUCCION

Cualquier innovación tecnológica para el control de plagas tiene que estar adaptada a las condiciones variadas de diferentes tipos de agricultores. La investigación socio-económica juega un rol importante en este proceso. Sondeos y encuestas en el campo forman la base del diagnóstico de los riesgos que enfrentan los agricultores y de la lógica

de sus estrategias para el control de plagas. El umbral económico es un concepto útil para analizar los factores biológicos que influyen sobre sus decisiones. El presupuesto parcial es un método sencillo y flexible para comparar costos y beneficios de innovaciones propuestas con las prácticas actuales.

1. FASES EN LA INVESTIGACION DEL MANEJO DE PLAGAS

Se dice con frecuencia que sólo los grandes agricultores con buenos suelos, adecuada precipitación o acceso a irrigación, y con capital o posibilidades de crédito para comprar fertilizantes, pesticidas, y otros insumos, han estado en posición para adoptar las innovaciones de la "Revolución Verde". En los casos en que ésto ha sido verdad, la difusión de la nueva tecnología ha contribuído a la estratificación de las zonas rurales y a la ampliación de la brecha entre los agricultores pobres y el resto de la sociedad (DeJaavry, 1983, Pearse, 1980). En otros casos, los campesinos han adaptado muchas innovaciones a las condiciones locales y han elevado su producción, tanto para alimentar a sus familias como para la venta y obtención de un ingreso económico. El aumento en los rendimientos también ha tenido efectos positivos significativos al incrementar la producción de alimentos para el beneficio de los consumidores urbanos y para cubrir los requerimientos de importación de alimentos de muchos países.

Equipos interdisciplinarios de científicos del CIP, en cooperación con los programas nacionales, han llevado a cabo investigaciones sobre diversos aspectos de la producción y utilización de las papas en muchas partes del mundo. De esta experiencia hemos aprendido que con las mejoras adicionales de los sistemas actuales, desarrolladas con la participación de los agricultores, será más probable obtener un impacto en los pequeños agricultores, que con los paquetes tecnológicos uniformes desarrollados bajo condi-

ciones controladas en las estaciones experimentales (Horton, 1984, Rhoades, 1984).

El éxito final de nuevas tecnologías depende de las preguntas que se hagan a través de todo su desarrollo. No es suficiente que reduzcan los daños causados por las plagas y que incrementen los rendimientos en una estación experimental — ¿Satisfacen las necesidades de los agricultores, y su aplicación será factible bajo sus condiciones?— ¿Cuánto costarán?— ¿Qué complicaciones pueden impedir que sean adoptadas por los pequeños agricultores?— ¿Qué tipos de ayuda institucional, tales como el crédito o la asistencia técnica mejorada, deben ser organizados para obtener el éxito?— La investigación socio-económica no puede garantizar buenas respuestas a todas estas preguntas. Sin embargo, técnicas relativamente simples, desarrolladas por especialistas en economía, antropología y otras disciplinas relacionadas, pueden ser de utilidad en las siguientes fases de la investigación que a continuación se señalan, estando este trabajo concentrado en las dos primeras.

1. Diagnóstico de los recursos de los agricultores, su percepción de las plagas y otros riesgos, y las razones y costos de sus actuales sistemas de control. Tendremos un ejercicio de campo para explorar varios métodos de obtención de datos sistemáticamente de los agricultores.
2. Análisis económico, para comparar los costos y beneficios de las innovaciones

propuestas con las prácticas actuales de los agricultores, utilizando los resultados experimentales y otros tipos de información. Obtendremos cierta experiencia con algunas técnicas simples, particularmente con la presupuestación parcial.

3. Organización de ensayos a nivel de finca y evaluación de los resultados.
4. Análisis de los "cuellos de botella" y de los obstáculos que puedan retardar la adopción de técnicas prometedoras, y cooperación en el planeamiento de programas de asistencia técnica para apoyar la implementación del manejo integrado de plagas a nivel de finca.
5. Evaluación de los costos y beneficios sociales de la tecnología del control de plagas a largo plazo. Los aspectos más importantes incluyen el desarrollo de resistencia a los insecticidas por parte de los in-

sectos, los efectos de la toxicidad de los productos químicos en la salud pública y en el ambiente, y el impacto potencial de la tecnología del control de plagas en la producción total, los precios, y la estructura agrícola de la región.

En términos generales, toda nueva tecnología debe ser:

1. Técnicamente efectiva. Debe funcionar;
2. Económicamente factible. Sus beneficios deben ser mayores que sus costos;
3. Aceptada por los agricultores. Debe ser compatible con el contexto total de sus sistemas de cultivos y debe contribuir al logro de sus propios objetivos; y
4. Social e institucionalmente factible. Los insumos, recursos, y ayuda institucional que se requieran deben estar disponibles.

2. INVESTIGACION DE CAMPO SOBRE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE PLAGAS DE LOS AGRICULTORES

En la mayoría de las zonas donde se cultiva la papa comercialmente ésta constituye un cultivo de gran valor, con altos costos de producción y sujeto a muchos riesgos que incluyen varias plagas y enfermedades. Los sistemas tradicionales de producción tienen muchas estrategias y sistemas para el control de plagas, pero los rendimientos promedio son bajos. La adopción de nuevas tecnologías y nuevas variedades, en respuesta a las oportunidades del mercado, han incrementado significativamente, en muchas regiones, el potencial de rendimiento. El uso de pesticidas también se ha incrementado, aún donde las nuevas variedades son más resistentes a las plagas, debido a que los agricultores necesitan rendimientos más altos para estar en condiciones de invertir más en semillas, fertilizantes, mano de obra asalariada y adquirir además otros insumos (Botrell, 1983).

La deficiente utilización de los productos químicos puede dar lugar al desarrollo de resistencia a los mismos por parte de los insectos,

resurgimiento de las plagas, y a la aparición de plagas secundarias, desde que los métodos naturales de control son desorganizados y los costos mayores por el uso de productos cada vez más sofisticados (Cisneros, 1984; Conway, 1982; Metcalf, 1980). Estos son problemas económicos que afectan a las familias individuales y a las comunidades, y que conducen a un "espiral" en los costos de los insecticidas. En una escala mayor, son problemas sociales debido a que las plagas resistentes y los efectos de los residuos de los pesticidas sobre la salud pública y el ambiente habrán de ser, a largo plazo, costos para la sociedad, y porque el éxito de los programas alternativos de control depende con frecuencia de la coordinación de los sistemas aplicados por grupos de productores.

A través de todo el mundo, el interés en los métodos para mejorar la protección de cultivos dentro de los sistemas agrícolas tradicionales está aumentando (Brown y Marten, 1984; Glass y Thurston, 1978). Mucho se ha

sugerido que puede ser posible desarrollar métodos de bajo costo de manejo integrado de plagas haciendo uso de los sistemas tradicionales y evitando así una fase costosa y peligrosa de excesiva dependencia en el control químico. Hay una gran necesidad de componentes tecnológicos que puedan ser adaptados por los agricultores a un amplio margen de condiciones locales (Brader, 1979; Odhiambo, 1984, Thurston, 1978).

2.1 Encuestas para Diagnósticos

En cualquier región, el primer paso de un programa de investigación debe ser el diagnóstico de los problemas existentes y de lo que los agricultores vienen haciendo en relación a ellos. Una revisión de informes, estudios previos, estadísticas oficiales, y otra literatura, proveerá la información básica tal como:

- Informes sobre plagas problema;
- Condiciones climatológicas favorables para el ataque por diferentes plagas;
- Estimados y tendencias de la superficie;
- Distribución de fincas por tamaño y tipo;
- Estaciones de siembra y cosecha; y
- Fluctuación estacional de precios en los principales mercados.

Entrevistas con investigadores, extensionistas, funcionarios, y otras personas conocedoras de la zona, pueden proporcionar valiosa información. Sin embargo, siempre es imprescindible salir al campo y a los almacenes para hablar con los agricultores.

Estudios en gran escala, diseñados para recolectar datos amplios sobre muestras de agri-

¹ Como una sugerencia práctica en el diseño y aplicación de los estudios vea "The Art of the Informal Survey", por Robert E. Rhoades y "Tips for Planning Formal Farm Surveys", por Douglas Horton (The International Potato Center -CIP-, Lima), 1982. Vea también el Capítulo 2 de "Economic Guidelines for Crop Pest Control", por K. H. Reicheiderfer, G. A. Calson, y G. A. Norton (FAO Plant Production and Protection Paper No. 58, Rome), 1984; el Capítulo 2 de "Farm Management Research for Small Farm Development" por J. I. Dillon y J. B. Hardaker (FAO Agricultural Services Bulletin No. 41, Rome), 1980, y "Pest Management Technologies for Peasants: a farming systems approach", por M. A. Altieri (Crop Protection, 3,1), 1984, pp. 87-94.

cultores estadísticamente representativas, son costosas, y toman mucho tiempo. La mayor parte de los aspectos de la producción de cultivos afectan de una u otra forma los problemas de plagas potenciales, de modo que siempre es una tentación tratar de cubrir demasiado y acumular tanta información que se vuelve imposible clarificar los puntos básicos. Generalmente, son suficientes métodos simples para acoplar información esencial rápida y eficientemente¹. Frecuentemente es muy útil utilizar un procedimiento en dos etapas. Un estudio informal o *sondeo*, el cual idealmente deberá ser llevado a cabo por un equipo interdisciplinario que puede visitar suficientes fincas en unos cuantos días, para reunir un perfil de los aspectos generales e identificar las variables claves. El siguiente paso es regresar y recolectar información de suficientes casos para analizar la variación de las estrategias de manejo entre los diferentes tipos de agricultores. Cuantos casos pueden ser "suficientes" dependerá de cuán variables sean las plagas problema y los sistemas de manejo de las mismas —entre 25 y 40 agricultores serán suficientes en la mayoría de las veces.

2.2 Sugerencias para el Registro de la Información

La recolección y organización de la información precisa es uno de los mayores retos de la investigación de campo. Es muy fácil caer en la trampa de precipitarse al campo con un cuestionario muy extenso y apresuradamente preparado que intenta cubrir cada aspecto posible de la producción del cultivo. Esto inevitablemente conduce a una gran confusión cuando llega el momento de analizar los datos e informar sobre los resultados. Durante el primer estudio informal o *sondeo*, no se debe usar un cuestionario formal. Es una buena idea preparar una lista de temas a cubrir, de modo a no olvidar nada, pero no es necesario hacer todas las preguntas a cada agricultor. Este es un momento muy crítico; cuando las preguntas de la investigación son aclaradas y formuladas con los términos utilizados en el área de estudio. Conversaciones informales, en las cuales uno expresa un honesto interés en lo que el agricultor y su familia conocen y la lógica de sus sistemas, da los mejores resultados.

Es importante no actuar como un maestro tratando de enseñarles lo que ellos "deberían de hacer" o haciendo preguntas como: "Ud. no ve ningún daño de la polilla del tubérculo de la papa en sus siembras tempranas, ¿no es cierto?".

Un cuestionario cuidadosamente escrito es una valiosa herramienta de obtener información consistente para comparaciones y representaciones gráficas. El cuestionario debe mantenerse tan corto como sea posible. Es una buena idea preparar un borrador y discutirlo cuidadosamente con todos los miembros del equipo de investigación, en términos de la información que habrá de producir y para la cual ha sido diseñado. Los propios investigadores deberán sacarlo al campo para probarlo con algunos agricultores y encontrar las preguntas que no fluyen lógicamente así como identificar las brechas existentes.

Los encuestadores deberán ser capacitados con la versión revisada hasta que ellos la comprendan por completo. El investigador deberá examinar el trabajo con ellos cada cierto número de días, mientras aún haya tiempo para retroceder y eliminar ambigüedades. Cada cuestionario deberá ser escrito, probado y vuelto a escribir para cada proyecto de investigación. Los ejemplos de formularios para la recolección de datos sobre el uso de insumos son presentados en las Tablas 1 y 2 y se incluyen tan sólo para ilustrar un último punto. Preguntas muy generales tales como "¿Cuánto insecticida usa Ud.?" no darán resultados muy precisos, desde que nadie recuerda información completa de manera resumida. Es necesario preguntar en detalle acerca de qué puso en cada aplicación, en el orden en que éstas son llevadas a cabo.

TABLA 1

* 1 bolsa de Guano de corral = 40 - 50 kg. ** 1 arroba = 11.5 kg. *** 1 bolsa de fertiliz. quim. = 50 kg.

Insumos aplicados al suelo:

PRODUCTO	Cantidad aplicada	Momento de aplicación	Manera de aplicación
Fumigante de la semilla			
Protante			
Aplicaciones a la siembra:			
Guano de Corral	40 bolsas*	Mezcla antes de la siembra	Esparcido
Cal	2 arrobas**		
Fertilizantes químicos:			
Guano de Isla			
Urea	1 bolsa***	Mezcla en siembra	En banda
Nitrato de amonio	1 bolsa***		
Insecticidas:			
Aldrin	12,5 kg.		En banda
Aplicaciones después de la siembra:			
Herbicidas:			
Fertilizantes:			
Urea	1 bolsa	Cultivo	En banda
Insecticidas:			

TABLA 2

Notas: son cucharas soperas (cuch.).
hay que medir cada producto

Insumos aplicados a las plantas

Aplicación foliar No. 1 Fecha diciembre
 Unidad de mezcla mochila
 Unidades para cubrir la chacra 10
 Tipo de equipo mochila de 12 lts.
 Costo de equipo Propio
 No. de jornales 2 Costo 20.000,= x 1
 Insecticidas: Para qué plagas? lorito

	Cantidad/unidad
Metasistox	2 cuch.
_____	_____
_____	_____
Fungicidas:	
_____	_____
Antracol	2 cuch.
Abono, foliar, adherente y otros:	
_____	_____
Bayfolán	2 cuch.
_____	_____
_____	_____

Aplicación foliar No. 2 Fecha Enero
 Unidad de mezcla mochila
 Unidades para cubrir la chacra 15
 Tipo de equipo mochila de 12 lts.
 Costo de equipo 1 alquilado (?) y 2 propios
 No. de jornales 3 Costo S/. 20.000 x 2
 Insecticidas: Para qué plagas? polilla y gusano

	Cantidad/unidad
<u>alambre</u>	
Metasistox	2 cuch.
_____	_____
_____	_____
Fungicidas:	
_____	_____
Antracol	2 cuch.
Abono, foliar, adherente y otros:	
_____	_____
Bayfolán	2 cuch.
_____	_____
_____	_____

Aplicación foliar No. 3 Fecha Febrero
 Unidad de mezcla mochila
 Unidades para cubrir la chacra 18
 Tipo de equipo mochila de 15 lts.
 Costo de equipo 3
 No. de jornales 3 Costo S/. 22.000 x 3
 Insecticidas: Para qué plagas? prevención

	Cantidad/unidad
Parathion	4 cuch.
_____	_____
_____	_____
Fungicidas:	
_____	_____
Dithane	3 cuch.
Abono, foliar, adherente y otros:	
_____	_____
Nitrofoska	4 cuch.
_____	_____
_____	_____

Aplicación foliar No. _____ Fecha _____
 Unidad de mezcla _____
 Unidades para cubrir la chacra _____
 Tipo de equipo _____
 Costo de equipo _____
 No. de jornales _____ Costo _____
 Insecticidas: Para qué plagas? _____

	Cantidad/unidad
_____	_____
_____	_____
_____	_____
Fungicidas:	
_____	_____
_____	_____
Abono, foliar, adherente y otros:	
_____	_____
_____	_____
_____	_____

2.3 Determinación de la Percepción de plagas y otros riesgos por parte de los agricultores

Las percepciones de los agricultores, a pesar de ser subjetivas y cualitativas, proveen frecuentemente los mejores estimados iniciales disponibles de la distribución, importancia relativa, y variaciones de año a año de varias plagas. Esta información puede ser obtenida y tabulada rápidamente como parte de un sondeo, como guía para saber donde deben establecerse los sistemas directos de monitoreo, para recolectar información cuantitativa.

Una caja de especímenes de insectos, tanto con adultos en alfileres como con larvas en alcohol, resultó ser una herramienta efectiva para obtener información de los agricultores en nuestro trabajo en el Perú. La llevamos al campo y tratamos de hablar con tantos miembros de la familia como era posible. A menudo son las mujeres y los niños los más perspicaces observadores de insectos, y los últimos están siempre dispuestos a ayudar en la recolección. Especímenes preparados de secciones de plantas y tubérculos dañados ayudan a los campesinos a distinguir, por los daños que causan, insectos morfológicamente similares.

El beneficio más inmediato de este trabajo es un glosario de nombres locales de las plagas. Los términos, en cortas distancias, son muy variados, particularmente en regiones como los Andes peruanos donde se hablan los idiomas nativos (Fano, Palacios, y Alcázar, 1985). Oímos con frecuencia a los técnicos criticar a los campesinos por confundir las plagas, pero ellos no han tomado un tiempo para aprender el vocabulario con el cual las diferencias son expresadas. A pesar de ello, el rol de los insectos como vectores de enfermedades, y la importancia de predadores y parásitos como enemigos naturales, no parece formar parte del conocimiento tradicional común. Esto también ha sido observado entre los agricultores arroceros en Asia (Litsinger et al, 1980).

Una vez que estamos seguros de que hablamos sobre la misma plaga, pediremos a los

agricultores clasificar a los insectos y otros problemas que hayan afectado sus cultivos en la campaña de cultivo presente o más reciente de acuerdo a la siguiente escala subjetiva, a la cual se asignan valores numéricos:

Nulo:	0
Poco:	1
Regular:	2
Serio:	3

Como preguntas separadas se solicita a los agricultores que comenten sobre la frecuencia y condiciones bajo las cuales ciertas plagas en particular son un problema. Los resultados de un estudio de esta clase, en dos regiones del Perú, se resumen en la Tabla 3. Casi todos los agricultores reconocieron las plagas que comúnmente atacan a los tubérculos en estas regiones: el gorgojo de los Andes, (*Premnotrypes* spp.), la polilla del tubérculo de la papa (*Phthorimaea operculella*), al igual que insectos muy característicos tales como los gusanos del suelo y *Epicauta*. Plagas poco importantes que causan daños indirectos, tales como las cigarritas, los trips, y los nematodos, fueron menos reconocidas. En promedio, daños climáticos debidos a heladas y granizo fueron considerados como problemas más serios que la mayoría de los insectos, y las enfermedades fungosas como más críticas en zonas y años más lluviosos.

Estos datos, sobre la percepción subjetiva de diferentes riesgos por parte de los agricultores, son muy valiosos para entender sus sistemas de manejo de plagas. Idealmente, los resultados de las entrevistas deben ser comparados sistemáticamente con evaluaciones objetivas de las poblaciones de las plagas y de los niveles de daños por ellas producidos. Estas evaluaciones deben hacerse en forma simultánea a las entrevistas, debiendo el trabajo ser repetido en varias campañas o estaciones de cultivo. Estudios de este tipo han sido llevados a cabo con varios cultivos, en diferentes partes del mundo (Atteh, 1984; Goodell, et al, 1982; Richards, 1980).

2.4 Manejo de los riesgos por los campesinos y agricultores comerciales

Se ha dicho muy frecuentemente que los campesinos son "contrarios al riesgo", pero

TABLA 3
MUESTRA DE AGRICULTORES EN EL VALLE DEL MANTARO,
Y EN EL CUZCO, PERU. DETERMINACION DE LOS
PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO, POR LOS
AGRICULTORES

Problema afectando el cultivo de papa	Índice de severidad relativa (Escala de 0 a 3)	Porcentaje de agricultores que reconocieron un problema potencial (N = 4)
Plagas en el campo		
1. Gorgojo de los Andes (<i>Premnotrypes</i> spp.) (larvas)	2,4	100
2. Gusanos de tierra (principalmente de la familia Noctuidae).	2,4	100
3. Polilla del tubérculo de la papa (<i>Phthorimaea</i> sp.)	2,0 ¹	91
4. Escarabajo-pulga de la papa (<i>Epitrix</i> sp.) (adultos)	1,9	100
5. Perforadores del tallo (<i>Symmetrischema</i> sp. y <i>Stenoptycha</i> sp.)	1,9 ¹	100
6. Escarabajo negro de la hoja (<i>Epicauta</i> spp.)	1,7	100
7. Escarabajo-pulga (<i>Epitrix</i> sp.) (larvas)	1,7	78
8. Cortadores de hojas (<i>Acordulecera</i> sp. y <i>Agrotis</i> sp.)	1,5 ¹	90
9. Gorgojo de los Andes (<i>Premnotrypes</i> spp.) (adultos)	1,4	68
10. Diabrotica (<i>Diabrotica</i> spp.)	1,1	57
11. Afidos (<i>Myzus</i> spp.)	1,0	75
12. Rabosas (<i>Helix</i> spp.)	0,9	75
13. Cigarritas verdes (<i>Empoasca</i> spp.)	0,6	85
14. Trips (<i>Frankliniella</i> spp.)	0,6	45
Enfermedades fúngicas ²	2,3	100
Factores climáticos	2,2	100
Heladas	2,2	100
Granizo	---	---
Sequías e Inundaciones ³	---	---
Enfermedades viróticas	1,4	87
Nematodos	1,3	60
Plagas en almacenamiento		
1. Gorgojo de los Andes (<i>Premnotrypes</i> spp.)	1,1	100
2. Polilla del tubérculo de la papa (<i>Phthorimaea</i> spp.)	0,7	70
Incertidumbre sobre precios⁴		

¹ Unos pocos agricultores podrían distinguir claramente entre las larvas de lepidópteros o relacionarlas con precisión con las formas adultas, pero la mayoría estaban en conocimiento de los diferentes tipos de daños.

² "Rancho es el nombre común para las enfermedades causadas por hongos en la mayoría de localidades de las tierras altas, no se hizo ningún intento para distinguir entre el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), el mildío polvoso (*Erysiphe cichoracearum*), y otras enfermedades que generalmente se presentan como un complejo".

³ Los agricultores enfrentan condiciones de humedad inferiores al óptimo en la mayoría de los años; este factor crítico no fue analizado con la misma escala.

⁴ La importancia de la incertidumbre económica es una función de la importancia relativa de la producción comercializada, y del uso de los insumos adquiridos; no se analizó en la misma escala.

ese concepto requiere una definición muy cuidadosa. Ellos deben pensar muy bien antes de comprometerse con una tecnología que nunca han visto probada bajo sus condiciones. A pesar de ello, a través del mundo muchas familias campesinas enfrentan riesgos mucho mayores, y de año en año sufren fluctuaciones en sus ingresos que son mucho más fuertes que para la mayoría de los investigadores agrícolas². Ellos tienen terrenos de extensión limitada, y pocos recursos más que la mano de obra de sus propias familias. Un ataque de plaga, un período de sequía, o una baja en el precio de venta puede tener devastadores efectos en el abastecimiento de sus alimentos y en sus ingresos en efectivo.

Enfrentados a estos riesgos, los campesinos están frecuentemente más interesados en asegurar la obtención de alimentos para su familia que en procurar maximizar los rendimientos a las utilidades en dinero. Ellos tienden a aplicar estrategias de diversificación: cultivando simultáneamente un mosaico diverso de productos para consumo doméstico, produciendo productos agrícolas para la venta, criando animales, y trabajando por temporadas fuera de su finca. Los ingresos por algunas de estas actividades pueden ser bajos, pero al menos algunos probablemente pro-

²Un estudio reciente de pequeños agricultores en tres pueblos de la India, en un período de tres años, dió a conocer que el coeficiente promedio de la variación del ingreso familiar neto per capita era de 35%, y que fluctuaba entre 15 y 85% (Walker y Jodha, 1986).

veen alimento y/o ingresos en efectivo. Los agricultores campesinos rara vez consideran el tiempo de trabajo de su familia, pero son muy conscientes del dinero gastado en efectivo, que es su recurso más escaso (Barlett, 1980). Para la mayoría de los productores de papa, éste es su cultivo más productivo por unidad de superficie, donde ellos concentran sus inversiones en insumos, incluyendo a los pesticidas. Sin embargo, ellos tienden a economizar tanto como sea posible, aplicando bajas dosis de las formulaciones menos costosas. Los campesinos se recobran de las pérdidas que ocurren, vendiendo sus animales u otros bienes que han sido acumulados en años mejores, entrando en acuerdos de cultivos compartidos, para adquirir semillas y otros insumos para la campaña siguiente, y a través de otros mecanismos vinculados a sus relaciones sociales.

Los agricultores comerciales que venden la mayor parte de su producción y pagan en efectivo por una gran proporción de sus costos de producción, trabajan bajo una lógica estrictamente económica. Ellos gustarían encontrar la combinación de factores —tierra, mano de obra, e insumos adquiridos— que les permitiera obtener los mayores ingresos. Dentro de ciertos límites ellos pueden substituir un insumo por otro, buscando el óptimo. Conforme aumentan sus costos de producción aumentan también sus riesgos financieros y ellos tienden a incrementar el uso de pesticidas para proteger el dinero invertido en otros insumos.

3. EL UMBRAL ECONOMICO: UN MARCO DE REFERENCIA PARA ANALISIS

El umbral económico es un concepto teórico, desarrollado por primera vez por entomólogos, como la base para el establecimiento de normas de decisión formales de "aplicar o no aplicar" para el control de insectos (Cisneros, 1980; Luckman y Metcalf, 1975; Stern, 1973). Se le define como "el nivel de población de una plaga, que si se deja de tratar, causará daños o una reducción del rendimiento igual en valor al costo del mejor método de control disponible". Ha sido tam-

bién aplicado a problemas de enfermedades y al control de malas hierbas y se ha convertido en punto principal de la filosofía del manejo integrado de plagas: los ingresos netos serán mayores y se podrán evitar los efectos adversos si los agricultores toleran daños por debajo del nivel crítico.

El concepto es ilustrado en el Diagrama 1, el cual compara tres plagas que al dañar la planta reducen los rendimientos. En cada caso, el

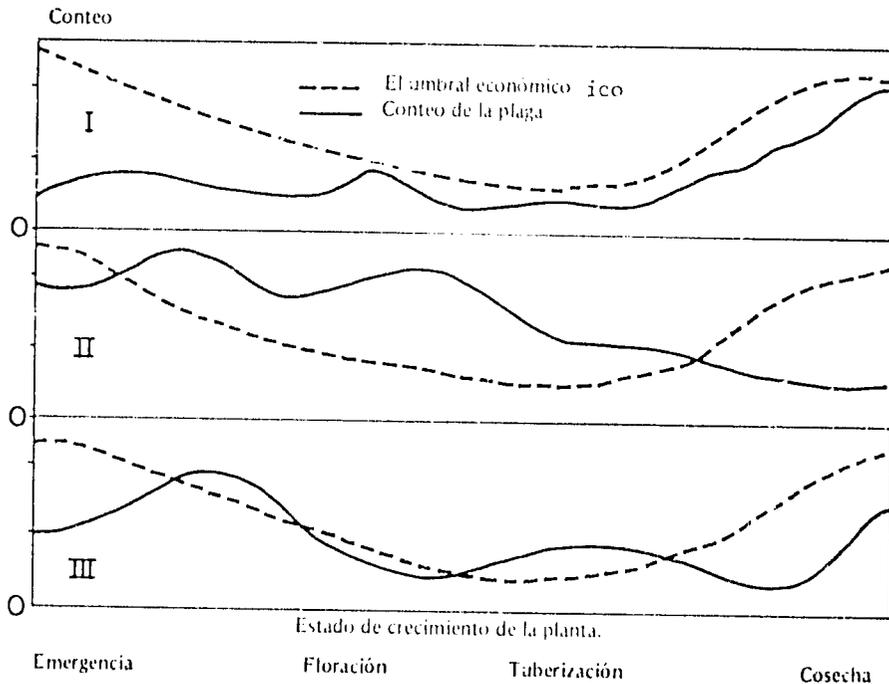


Diagrama 1 - El umbral económico: Tres casos ilustrativos.

el eje vertical indica el número de insectos/planta/por pase de red, o alguna otra medida relativa de su abundancia. El eje horizontal indica el tiempo a través de la estación o campaña de cultivo. Las líneas punteadas muestran el nivel del umbral económico del valor de la pérdida potencial en el rendimiento, debido al daño a las plantas a diferentes estados del crecimiento. Al comienzo de la estación, el daño debe ser muy serio para justificar la aplicación de insecticidas, porque el cultivo tendrá tiempo y capacidad para recuperar la mayor parte de su rendimiento potencial. Los rendimientos son más sensibles al daño en la planta durante la tuberización y son menos sensibles conforme el follaje empieza a marchitarse (Cranshaw y Radcliffe, 1980). Las poblaciones de las plagas, indicadas por las líneas sólidas, fluctúan en respuesta a las variaciones de temperatura, humedad, la población de sus enemigos naturales y otros factores.

Aunque cause algún daño al cultivo, la población de la plaga I nunca alcanza el punto donde la reducción del valor de la cosecha justificaría el costo del control. La plaga II

es seria: su población está por encima del umbral económico a través de la mayor parte del ciclo. Al menos que algún método alternativo de control esté disponible, un agricultor enfrentado con este problema casi de seguro que aplicará pesticidas como medida preventiva. La población de la plaga III alcanza sólo ocasionalmente el nivel crítico.

Es muy difícil aplicar programas coordinados basados en umbrales económicos confiables al manejo de plagas de la mayoría de los cultivos alimenticios en el Tercer Mundo. Las papas son cultivadas por diversos tipos de agricultores bajo condiciones muy variadas, las cuales son casi imposibles de estandarizar. A pesar de ello, el concepto de umbral económico provee un marco de referencia muy útil dentro del cual analizar los complejos factores que afectan las decisiones de los agricultores referentes al manejo de plagas.

3.1 Factores Agroclimáticos y Agronómicos que afectan a las plagas

Los factores agroclimáticos y agronómicos que influyen sobre la densidad de la plaga,

de los cuales muchos son difíciles de predecir y medir, son de gran importancia.

3.2 Efectos de la plaga sobre el cultivo

El daño al cultivo de papa, a diferentes estados de crecimiento de la misma, puede ser de varias formas:

- a) Daño directo a los mismos tubérculos que afectan la calidad y por lo tanto el precio; y
- b) Daño indirecto, a otras partes de la planta, que reduce los rendimientos y afecta el tamaño y la calidad de los tubérculos.

3.3 Usos y valor potencial de la cosecha

Los usos y el valor potencial de la cosecha dependen del contexto socio-económico. El beneficio es directamente favorable para los agricultores comerciales que venden prácticamente toda su producción. A ellos les preocupa principalmente el precio, el cual depende de:

- a) La variedad, tipo y calidad del producto ofrecido en venta;
- b) La estación del año;
- c) El volumen de la cosecha en la misma región o regiones competidoras, dependiendo del área sembrada, del clima, y de otros factores no predecibles, el igual que de las plagas y enfermedades. Como todo agricultor sabe, uno puede ganar más con una pequeña cosecha a un buen precio, que con una buena cosecha a un bajo precio;
- d) La política de precios del gobierno, al igual que los aranceles y restricciones comerciales si el producto es exportado; y
- e) La ubicación de un productor con relación a los mercados y a la red de transporte, así como su capacidad para negociar con los intermediarios.

Los pequeños agricultores campesinos cultivan típicamente una variedad de cultivos para diferentes usos, cada uno de los cuales tiene un valor diferente dentro de la economía del hogar. En las serranías del Perú, los agricultores toleran diferentes niveles de da-

ños por las plagas, para cada uno de los siguientes usos de las papas (Werge, 1980):

- a) Los tubérculos más grandes y más seleccionados para su venta en el mercado o son cambiados por otros productos;
- b) Las papas más pequeñas son seleccionadas como semillas. Se tolera algún daño causado por insectos;
- c) Los tubérculos que se seleccionan para ser almacenados para el consumo familiar pueden mostrar más daño;
- d) Los tubérculos pequeños y aquellos que están tan dañados que se deteriorarán rápidamente en el almacén, son procesados utilizando varias técnicas nativas, de las cuales la más conocida es el congelamiento y secado para producir chuño;
- e) Los tubérculos muy seriamente afectados son dados como alimento al ganado; y
- f) Un residuo es tan seriamente afectado que es descartado. Este residuo, que constituye "pérdida total", es una proporción muy pequeña de la parte de la cosecha afectada por las plagas.

Se han desarrollado varios métodos, particularmente por la FAO, para estimar las pérdidas en los cultivos debidas a plagas y enfermedades (Chiarappa, 1971; Welch y Croft, 1979). Las fórmulas simples no son muy útiles, excepto para cultivos que crecen bajo condiciones uniformes. Los estimados obtenidos multiplicando un porcentaje de un supuesto rendimiento potencial por un precio promedio, pueden llevar a conclusiones equivocadas.

3.4 Efectividad y costo de los métodos disponibles de control

Los métodos para proteger a los cultivos contra plagas y otros riesgos, pueden dividirse en cinco categorías principales:

- a) En sociedades tradicionales, los ritos y ceremonias;
- b) Prácticas relacionadas a la organización de la producción tales como períodos de descanso de la tierra, rotaciones, siembras escalonadas y cultivos múltiples, entre otras

- muchas operaciones, que distribuyen los riesgos y rompen los ciclos de las plagas;
- c) Prácticas específicamente llevadas a cabo para el control de las plagas tales como el uso de repelentes o plantas insecticidas, cenizas, etc.;
 - d) Prácticas culturales que reducen los problemas causados por las plagas en el campo, tales como la selección de variedades resistentes, siembras oportunas, riegos frecuentes, aporques altos, exposición de los tubérculos al sol antes de ser almacenados, etc.; y
 - e) El uso de pesticidas químicos.

El primero es un área interesante de la investigación etnográfica, normalmente fuera del campo de estudios prácticos de manejo de plagas. Los períodos de descanso de la tierra, las rotaciones, las combinaciones de cultivos y factores similares, pueden tener efectos muy importantes sobre las plagas (Glass y Thurston, 1978; Perrin, 1980). Desde que las prácticas tienen objetivos múltiples y están enclavadas en tradiciones complejas, sus roles en la reducción de daños por las plagas con frecuencia son poco entendidos por los agricultores. Ellos son difíciles de modificar, al menos en el corto plazo. El tercer tipo — las prácticas explícitamente destinadas al control de plagas — es un área muy importante. Los agricultores están constantemente adaptando las técnicas tradicionales de control de plagas a las condiciones cambiantes del medio. Observaciones y preguntas revelan con frecuencia la existencia de técnicas efectivas, que pueden ser probadas y perfeccionadas por los científicos para una aplicación más amplia³. Los últimos dos tipos — prácticas culturales y aplicación de pesticidas — son las que más varían de una finca a otra.

3.5 Uso de pesticidas

El tipo y costo de los pesticidas que se aplican a la papa son extremadamente varia-

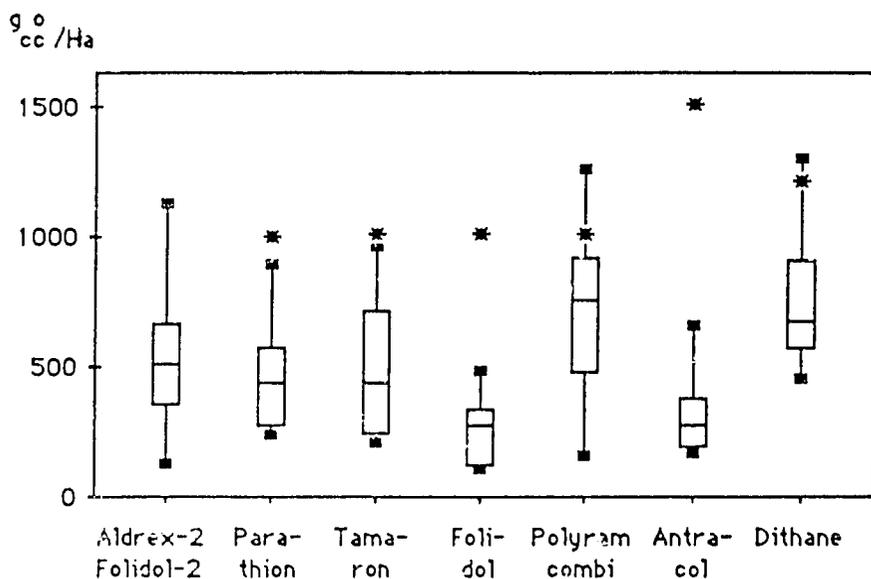
bles. Un estudio de 114 agricultores en diferentes regiones del Perú en 1985, dió a conocer el uso de 41 insecticidas diferentes, 17 fungicidas, y 17 otros tipos de productos químicos. El costo por hectárea varió de US\$18,00 por hectárea por una sola aplicación de Aldrin en una zona aislada de las tierras altas, hasta más de US\$1.300,00 por hectárea por una aplicación al suelo de carbofurán y luego herbicida, y 10 aspersiones foliares con varias mezclas de productos químicos.

Los países del Tercer Mundo son mercados residuales para los pesticidas químicos desarrollados para diferentes condiciones naturales y sociales en el norte. Una sorprendente variedad de productos son agresivamente promovidos, incluyendo un número significativo que ha sido prohibido o severamente restringido en sus países de origen. Los agricultores utilizan los productos disponibles en sus mercados locales, los cuales frecuentemente no son los más apropiados para sus condiciones. En nuestros estudios en Perú, los agricultores informaron que la única fuente más importante de obtención de datos sobre pesticidas era la propaganda radial, hecha por las compañías de productos químicos, siguiendo en orden de importancia las recomendaciones de los vendedores de pesticidas.

El costo de los productos químicos para los agricultores ha aumentado más rápidamente que los precios de venta de la mayoría de los productos alimenticios (Metcalf, 1980). La mayoría de los pequeños agricultores economizan aplicando significativamente menos de lo indicado o recomendado por los fabricantes. El diagrama 2 ilustra las dosis aplicadas por hectárea de algunos productos comúnmente utilizados en papa, en el Perú; un modelo similar ha sido reportado entre los productores de arroz en las Filipinas (Nerdt, et al, 1984). En algunos casos ésto es un desperdicio y una peligrosa práctica que da por resultado un control inefectivo o, aún peor, la estimulación de poblaciones incrementadas de plagas. En otros casos, los agricultores están aplicando pesticidas solamente a las partes afectadas del campo, o en dosis pequeñas concentradas

³Un ejemplo es la investigación llevada a cabo en el CIP sobre el uso de plantas tales como la muña (*Mintostachys* sp.) y las hojas de *Eucalyptus* para controlar plagas en los almacenes de papa de los agricultores peruanos, y sobre las formas en que puede extenderse el principio al uso de otras plantas, en otras regiones (Raman y Booth, 1984).

Diagrama 2 - Muestra de agricultores en el Valle del Mantaro, y Cuzco, Perú: Tasas de aplicación de pesticidas seleccionados.



*Dosis recomendada por el fabricante.

Nota: Estos "diagramas" (box-and-whisker) fueron desarrollados en los Laboratorios Bell y están contruidos de la siguiente manera. La línea horizontal es la mediana; el "cajón" incluye la mitad de los puntos correspondientes a los datos del cuarto más bajo al más alto. Las líneas verticales se extienden hasta los valores extremos y marcan el rango.

cerca de las plantas, y pueden estar logrando un control adecuado a bajo costo.

El acatamiento de las disposiciones que rigen el empaquetado y etiquetado es cuando mucho irregular. Rara vez se encuentra disponible una asistencia técnica adecuada sobre las complejidades de manejo, mezcla, cálculo de las dosis, y de la aplicación de los productos químicos (Goodell et al., 1982; Matteson et al., 1984). El uso de los pesticidas es muy complicado y variado en la producción de un cultivo. Los extensionistas, por falta de información de métodos alternativos probados localmente, recomiendan frecuentemente programas estándares de aspersión. La industria química ha promovido exitosamente sus productos, aún en zonas apartadas. El sector público, en la mayoría de los países, ha quedado atrás en el desarrollo de sistemas de manejo de plagas dentro de los cuales los

productos químicos podrían ser utilizados en forma más segura y efectiva.

Sería muy difícil reunir toda la información de las observaciones y experimentos de campo, y toda la información sobre costos y precios necesaria para establecer un umbral económico aún para una sola plaga. El problema se complica aún más por el hecho de que varias plagas están casi siempre presentes al mismo tiempo y los agricultores están manejando simultáneamente una serie de cultivos. La complejidad de los problemas que tienen que enfrentar los agricultores es ilustrada en el Diagrama 3. El desarrollo de nuevas tecnologías se debe concentrar en unas cuantas plagas claves y sobre alternativas que permitan reducir las pérdidas e incrementar los ingresos de la finca. Sin embargo, no será nunca posible aplicarlas a las situaciones de diversas fincas, sin el desarrollo de programas flexibles de asistencia técnica.

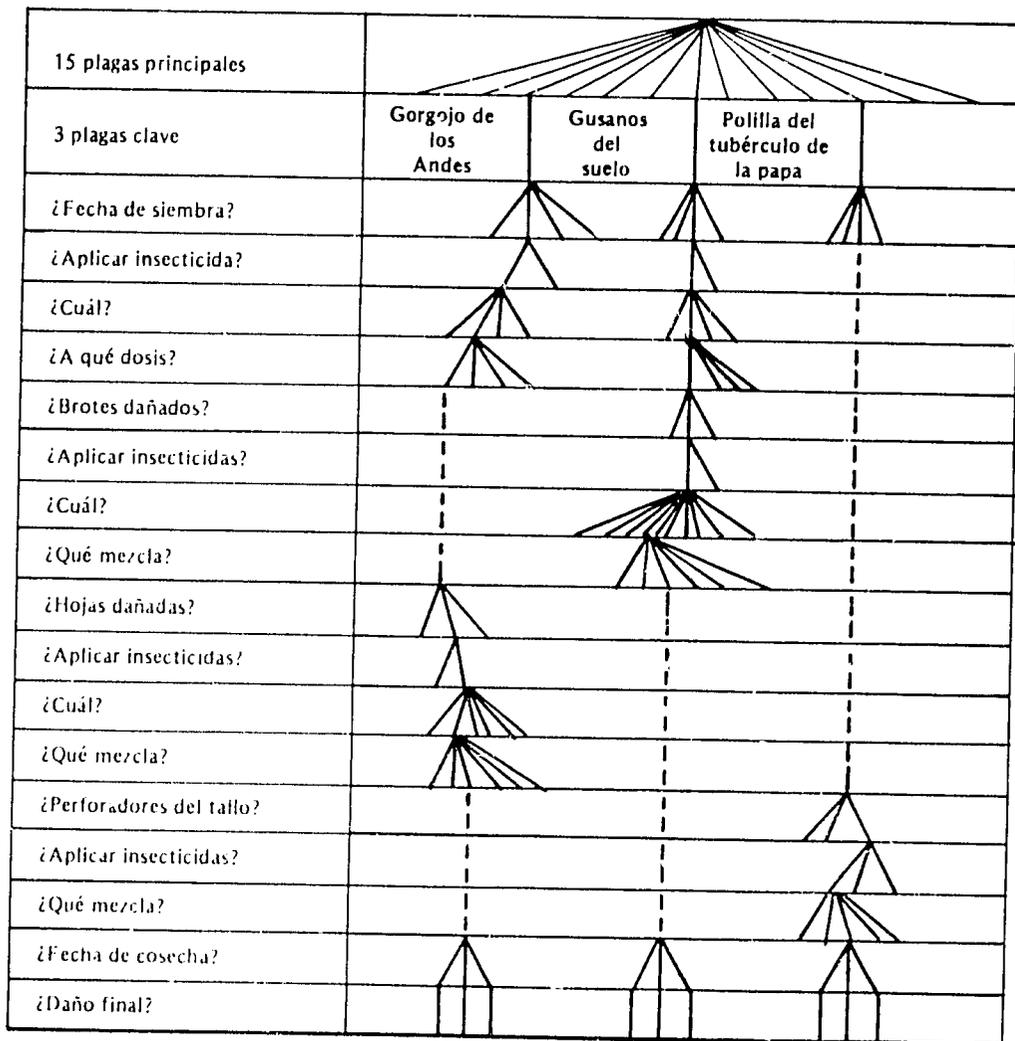


Diagrama 3 - Decisiones a enfrentar por parte de los agricultores, en el manejo de plagas.

4. ANALISIS ECONOMICO PARA COMPARAR LOS SISTEMAS ACTUALES CON LAS ALTERNATIVAS QUE PROMETAN

Las decisiones en el manejo de plagas incluyen muchos aspectos de la producción de cultivos: la elección de variedades, la fecha de siembra, y una proyección de cuál será el precio en el mercado. Cuando se analice cuál habrá de ser el impacto de una innovación propuesta, es conveniente concentrarse tan sólo en aquellas variables que están directamente relacionadas al cambio. Una herramienta muy simple, pero poderosa, para evaluar los costos y beneficios de esta clase de decisiones es el análisis de presupuesto

parcial (Dillon y Hardaker, 1980, Capítulo Cinco, Horton, 1982).

Tomaremos un ejemplo simplificado, basado en el problema de la mosca minadora de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*) en la costa del Perú. Este insecto se ha convertido en la plaga principal de la papa en los últimos treinta años, debido mayormente al uso excesivo de pesticidas (Herrera, 1963). Su población es controlada por enemigos naturales en los meses calurosos del verano. Tal

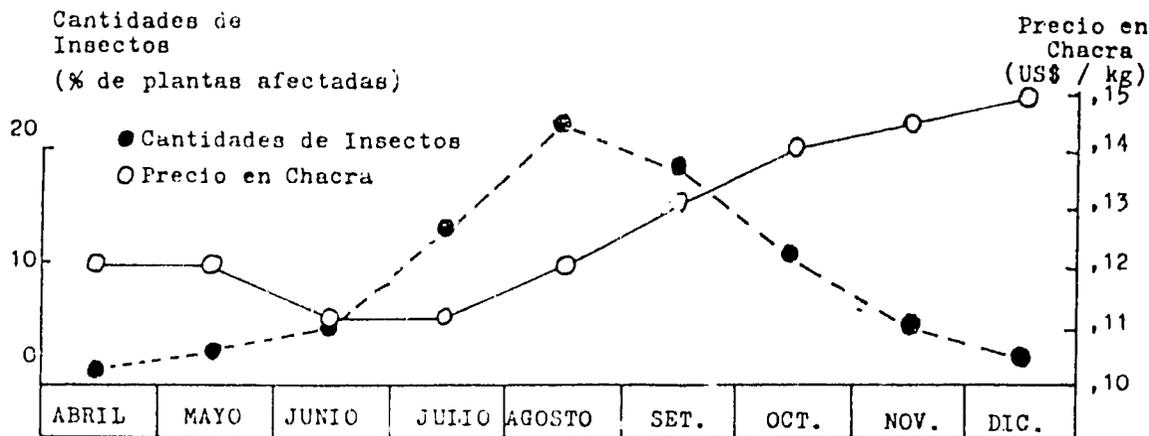


Diagrama 4 - Valle de Cañete, Perú. Modelos estacionales de infestación por la mosca minadora de la hoja, y precios de las papas.

como el Diagrama 4 lo ilustra, la plaga crece durante la estación fría comprendida entre mayo y octubre, pero es imposible predecir la forma exacta de esta curva. Siembras tempranas, en abril o a comienzos de mayo, normalmente evitan lo peor del problema. Los ataques por la plaga, y el costo de su control, tienden a aumentar dramáticamente en siembras hechas en junio y julio, aunque la variabilidad de un año para el otro es alta. Muchos agricultores están dispuestos a asumir el riesgo de mayores costos de control de la plaga, porque los precios también tienden a subir ya que la oferta de papa disminuye en los mercados de otras regiones.

Un presupuesto parcial del impacto del cambio en la fecha de siembra, se muestra en la Tabla 4 de un agricultor que cultiva papas bajo riego en rotación con algodón. El siembra ahora al comienzo de julio, programando su cosecha para el 15 de octubre, cuando los precios son relativamente altos. Fumigarán nueve veces con una combinación de insecticidas y fungicidas contra *Phytophthora infestans*. Tanto la información experimental como la experiencia de los agricultores en otros años, sugieren que si él cambia su fecha de siembra a finales de abril, el cultivo habrá pasado su estado más susceptible antes de que la población de la plaga empiece a crecer dramáticamente. Las probables implicaciones económicas de este cambio, si él puede lograr mayores rendimientos con sólo cuatro

aplicaciones de pesticidas, se presentan en la Tabla 4.

Este es un presupuesto parcial, debido a que solamente se presentan aquellos aspectos del sistema de producción que se espera cambien significativamente con el cambio en la fecha de siembra. Un presupuesto completo, que detalle todos los costos e ingresos del sistema de producción, sería más preciso, pero ello requeriría mucho más tiempo e información para prepararse y las variaciones en los otros costos distraerían la atención fuera del análisis de la fecha de siembra. Otra ventaja de la simplicidad de este método es que es fácil construir varias versiones de un presupuesto para comparar varias alternativas. Es una buena idea anotar el presupuesto bajo revisión para no olvidar de incluir todos los cambios importantes en costos que puedan estar implicados. En este caso, se ven que existe falta de mano de obra a fines de abril, cuando la cosecha de algodón está en plena operación. Frecuentemente existe competencia por la mano de obra y los salarios promedio suben de US\$1,00 a US\$1,40 por día, lo que significa un incremento en los costos de la mano de obra para la siembra, de US\$28,00 por hectárea.

Particularmente en la agricultura campesina, donde la mano de obra familiar y muchos otros costos de producción no se pagan realmente en efectivo, es muy importante colo-

TABLA 4
PRESUPUESTO PARCIAL DEL IMPACTO ECONOMICO DE UN
CAMBIO PROPUESTO EN LA FECHA DE SIEMBRA

Cambio bajo revisión: Cambiar la fecha de siembra de julio 1 a abril 20, para evitar el período de peor infestación por la mosca minadora de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*).

	Práctica actual del agricultor	Práctica propuesta	Cambio en el costo/ha	Cambio en el ingreso/ha
1. Fecha de siembra	Julio 1	Abril 20		
2. Tasa salarial al momento de la siembra (US\$/día)	1,00	1,40		
3. Mano de obra requerida para sembrar (hombre-día/ha)	20	20		
4. Costo de la mano de obra para la siembra (2x3) (US\$/ha)	20	28	+ 8	
5. Número de aplicaciones de pesticidas	9	4		
6. Costo por aplicación (materiales y mano de obra) (US\$/ha)	40,00	40,00		
7. Costo del control de plagas (5x6) (US\$/ha)	360,00	160,00	- 200,00	
8. Fecha de cosecha	Octubre 15	Agosto 15		
9. Rendimiento (t/ha)	15	20		
10. Precio de venta (US\$/t)	150,00	122,00		
11. Gastos de la venta (Cosecha y transporte) (US\$/t)	10,00	10,00		
12. Precio neto de venta (US\$/t)	140,00	112,00		
13. Ingreso bruto por hectárea (9x12) (US\$/t)	2.100,00	2.240,00		+ 140,00
14. CAMBIO NETO			- 192,00	+ 140,00
Beneficio neto	= Cambio neto en el ingreso	=	= Cambio neto en el costo	=
	= (+ 140) - (- 192)		= US\$332/hectárea	
Precio neto de venta sin pérdidas ni ganancias ("a la par")	Ingreso bruto actual	%	Cambio neto en el costo	
	Rendimiento con el cambio propuesto			
	(2.100)	+	(- 192)	
	(20)			
	= <u>US\$95,40/ton</u>			

car algún valor monetario para ellos en los ejercicios de presupuesto parcial. En términos económicos, el "costo de oportunidad" de una persona, una yunta, o cualquier otro

recurso es definido como "lo que el (o ella) podría ganar en la alternativa de más alto valor que se encuentre disponible en la localidad". Para la mano de obra generalmente se

TABLA 5
MATRIZ ESPECIALMENTE PREPARADA PARA EL CAMBIO EN LA
FECHA DE SIEMBRA, A COMBINACIONES HIPOTETICAS DEL
ATAQUE DE LA PLAGA Y EL PRECIO DE VENTA

Fecha de siembra	Situación del ataque de la plaga	No. de aspersiones	Cambio en el costo (US\$)	Rendimiento (t)	Precio a la cosecha (US\$)	Beneficio neto por hectárea (US\$)
Abril 20	Ligero	4	-192	20	90,00 112,00	-308,00 + 332,00 ¹
	Fuerte	7	- 72	17	90,00 122,00	-668,00 -124,00
Julio 1	Ligero	6	-120	18	125,00 150,00	+ 90,00 +540,00
	Fuerte	9	0 ²	15	125,00 150,00	-375,00 ---

¹ Resultados de la práctica alternativa propuesta, de acuerdo al análisis en la Tabla 4.

² Práctica actual utilizada como base de comparación.

utiliza al nivel de los salarios pagados en la región, por el mismo tipo de trabajo. Si este costo no se incluye, uno implícitamente está diciendo que la mano de obra familiar no representa gasto alguno. Actividades que incrementan el requerimiento de mano de obra aparecerán como teniendo ingresos netos altos, lo que a menudo no es realista. Las exigencias de las alternativas, relativos a dinero en efectivo, es otra pregunta que debe ser analizada por separado.

La reducción en el número de aplicaciones reduce el costo del control de plagas en más de 50%, de US\$360 a US\$160, y los rendimientos aumentan en un respetable 33%, de 15 a 20 toneladas por hectárea. El precio neto de venta se espera sea 20% menor en agosto que en octubre, US\$122 en vez de US\$140, de manera que los ingresos totales sólo suben alrededor de 7%, de US\$2.100 a US\$2.240.

Los cambios en el costo y el ingreso se llevan en columnas separadas, para mantenerlos en observación. En este caso los costos netos

disminuyen y el ingreso aumenta, de modo que ambos cambios están a favor del agricultor. El beneficio neto es el cambio neto en el ingreso, menos el cambio neto en el costo: 140 menos (-192) o sea 140 más 192, lo que hace un total de US\$332,00 por hectárea.

Esto puede aparecer como una mejora significativa, pero aspectos muy importantes deben ser analizados muy cuidadosamente antes de salir y tratar de convencer a todos los agricultores de la región para que siembren en abril. Primero debemos observar la variabilidad de los factores que hemos utilizado en el análisis.

Los precios de los productos perecibles tales como la papa, fluctúan significativamente de un año para el otro. Una pregunta obvia en este caso es ¿cuán bajos podrán ser los precios antes de que el cambio propuesto deje de ser rentable? El precio "a la par" es el precio al cual el beneficio neto del cambio propuesto sería 0: Esto sucederá si:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Ingreso bruto después} & = & \text{Ingreso bruto} \\
 \text{del cambio} & & \text{actual} \\
 & & + \\
 & & \text{Cambio neto en el} \\
 & & \text{costo} \\
 & & 0; \\
 \\
 \text{Precio "a la par"} \times & \text{Rendimiento después} & = \\
 & \text{del cambio} & \\
 & & \text{Ingreso} \\
 & & \text{actual} \\
 & & + \\
 & & \text{Cambio neto} \\
 & & \text{en costo} \\
 & & 0; \\
 \\
 \text{Precio neto de} & & \text{Ingreso bruto} \\
 \text{venta "a la par"} & & \text{actual} \\
 & & + \\
 & & \text{Cambio} \\
 & & \text{en costo} \\
 & & = \\
 & & \text{Rendimiento con el cambio propuesto}
 \end{array}$$

En el ejemplo, esto es igual a US\$95/ t⁻¹, de manera que el agricultor tendría que recibir US\$105,00 por tonelada para recuperar los US\$10.00 por tonelada en los costos de venta y terminar sin ganar ni perder ("a la par"). Una revisión de precios del mes de agosto en años anteriores mostraría muy rápidamente si ellos han bajado frecuentemente por debajo de este nivel, aunque uno debe también tomar en cuenta la inflación. Si el riesgo de bajos precios al momento de la cosecha es alto, un agricultor inteligente rechazará la innovación, aún en el caso que ella aumente los rendimientos y reduzca significativamente los gastos en pesticidas. Las poblaciones de las plagas también están sujetas a fluctuaciones de modo que una misma clase de análisis deberá ser aplicada a la probabilidad de que el número de fumigaciones sería en realidad reducido significativamente. Los resultados de un cierto número de análisis de presupuesto parcial han sido introducidos en una matriz presentados en l. Tabla 5, la que permite examinar simultáneamente el impacto de varios factores. En este caso, tanto el nivel del ataque de la plaga como el precio de venta, son críticos. La matriz podría

ser ampliada para incluir otras variables. Con frecuencia es muy útil introducir información de experimentos o de entrevistas a los agricultores en un formato simple de este tipo. Este tipo de análisis de datos es la base para modelos más elaborados, tales como los "árboles de decisión" y la programación lineal, que son descritos en detalle en estudios especializados (Dillon y Hardaker, 1980; Horton, 1982).

La presupuestación parcial no es otra cosa que un método para evaluar elementos clave de problemas complejos. Si se puede demostrar que los beneficios netos son aparentemente positivos bajo la mayoría de circunstancias previsibles, es importante observar otros aspectos del problema que no son fáciles de traducir en números. ¿Estarán las semillas, agua de riego y otros insumos disponibles a tiempo para la nueva fecha de siembra? ¿Estará el agricultor en capacidad de obtener el crédito y otros servicios? - ¿Cómo afectará el cambio al manejo de sus otros cultivos, la distribución de su tiempo y el de su familia, y a la distribución de su ingreso durante el año?

5. BENEFICIOS Y COSTOS SOCIALES

El ejercicio detallado anteriormente provee un formato dentro del cual calcular los beneficios netos particulares para agricultores individuales, dentro de una sola estación de cultivo, de un cambio en los métodos de

control de plagas. Los programas integrados del manejo de plagas deben planificarse y evaluarse dentro del contexto más amplio de los beneficios y costos sociales a largo plazo, para todos los agricultores en la re-

gión así como para la sociedad en general. En el corto plazo, los insecticidas son baratos y efectivos e incrementan los ingresos netos de los agricultores. Mientras que permitan lograr en los cultivos alimenticios básicos, una mayor proporción de su rendimiento potencial, ellos pueden contribuir al beneficio social del incremento en el abastecimiento de alimentos. Sin embargo, dentro de unos cuantos años se empiezan a acumular costos sociales significativos. La evolución de la resistencia y otros factores con frecuencia provocan que los costos del control de plagas de todos los agricultores aumenten considerablemente. Las toxinas persistentes se acumulan en el ambiente y en el cuerpo humano, lo que eventualmente lleva a gastos considerables en programas de limpieza, de fortalecimiento de las reglamentaciones y de cuidado de la salud. El conflicto entre estos costos sociales y los intereses privados de los agricultores y abastecedores de productos químicos, requiere de la intervención del sector público (Headley, 1975).

Métodos elaborados de análisis han sido desarrollados para evaluar los beneficios sociales netos de muchos tipos de proyectos. Éstos caen fuera del objetivo de este curso, pero es importante recordar que en materia de control de plagas, el largo plazo nunca está muy lejos.

La mayoría de los proyectos de manejo

integrado de plagas requiere que los grupos de agricultores acepten la autoridad de los programas de asistencia técnica regionalmente organizados y estén de acuerdo en coordinar sus prácticas de manejo de plagas. Donde los costos del control de plagas han subido hasta el punto que ya no es más rentable cultivar productos de alto valor tales como el algodón, los productores han mostrado voluntad de unirse a las disposiciones tales como fechas fijas de siembra y cosecha y a las restricciones sobre el tipo y frecuencia de aplicaciones de pesticidas. En general, es más fácil organizar a un número limitado de grandes agricultores con intereses y actitudes similares, que el trabajar con diversos sistemas campesinos de producción. A pesar de ello, muchas culturas campesinas tienen largas tradiciones de coordinación comunitaria las cuales pueden ser aplicadas potencialmente al problema del seguimiento y control de plagas. Los habitantes de los pueblos de las regiones de tierras altas del Perú, deciden juntos donde sembrarán todos por convenio una parcela donde los cultivos están bajo estrecha supervisión de la comunidad. Esta costumbre mantiene un programa de rotación que incluye largos períodos de descanso de las tierras de cultivo.

En las Filipinas, un programa de manejo de plagas convenció a los agricultores ya organizados en asociaciones de regantes, para sembrar dentro de fechas fijas (Goodell et al. 1982).

6. CONCLUSION

El diseño e implementación de programas exitosos de control integrado de plagas requiere de una combinación de información biológica, agronómica y socioeconómica, y de una participación muy activa de los agricultores, para adaptar a sus condiciones

cualquier innovación. En el Centro Internacional de la Papa (CIP), nuestro programa interdisciplinario está desarrollando tanto métodos tecnológicos como investigación para ayudar a los programas nacionales a alcanzar este objetivo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALTIERI, MIGUEL A. "Pest Management Technologies for Peasants: A Farming Systems Approach" *Crop Protection*, Vol. 3, No. 1, 1984, pp. 87-94.

ATTEH, OLUWAYOMI D. "Nigerian Farmers' Perceptions of Pests and Pesticides" *Insect Sci. Applic.*, Vol. 5, No. 3, 1984; pp. 213-220.

- BARLETT, PEGGY F. "Cost-Benefit Analysis: A Test of Alternative Methods" En *Agricultural Decision-Making*, Peggy F. Barlett, Ed. Academic Press, New York, 1980. p.p. 137-160.
- BAYERLE D., M. COLINSON, et al. "Planning Technologies Appropriate to Farmers: Concepts and Procedures" Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) México, 1980.
- BOTREL, DALE G. "Social Problems in Pest Management in the Tropics" *Insect Science and its Applications* Vol. 4, No. 1/2, 1983, pp. 179-184.
- BOZA, TEODORO. "Ecological Consequences of Pesticides Used for the Control of Cotton Insects in the Cañete Valley, Peru". En M. T. Farvar and J. P. Milton, Eds., *The Careless Technology-Ecology and International Development* Natural History Press, Garden City, 1972, pp. 423-438.
- BRADER, L. "Integrated Pest Control in the Developing World". *Annual Review of Entomology*, Vol. 24, 1979, pp. 225-254.
- BROWN, B. J. & G. G. MARTEN. "The Ecology of Traditional Pest Management in Southeast Asia" East-West Center, Honolulu, 1984.
- CHARAPPA, L., Ed. *Crop Loss Assessment Methods: FAO Manual on the Evaluation and Prevention of Losses by Pests, Diseases, and Weeds* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Commonwealth Agricultural Bureau, Oxford, 1971 and supplements.
- CISNEROS, F. *Principios del Control de las Plagas Agrícolas* Pacific Press, Lima, 1980.
- CISNEROS, F. "The Need for Integrated Pest Management in Developing Countries" Report of the XXII Planning Conference on Integrated Pest Management CIP. Lima, 1984, pp. 19-30.
- CONWAY, G., Ed. *Pesticide Resistance and World Food Production* Centre for Environmental Technology, Imperial College, London, 1982.
- CRANSHAW, W. S. & E. B. REDCLIFFE. "Effect of Defoliation on Yield of Potatoes" *Journal of Economic Entomology*, Vol. 73, 1980, pp. 131-134.
- DE JANVRY, A. *The Agrarian Question and Reformism in Latin America* Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1981.
- DILLON, J. I. & B. HARDAKER. "Farm Management Research for Small Farm Development" *FAO Agricultural Services Bulletin* No. 41. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1980.
- FANO, H., J. ALCAZAR & M. PALACIOS. "Nombres locales de las plagas insectiles de la papa (aproximación al conocimiento campesino). Departamento de Ciencias Sociales, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, 1985.
- GLASS, E. & D. THURSTON. "Traditional and Modern Crop Protection in Perspective" *Bioscience*, Vol. 28, No. 2, 1978, pp. 109-115.
- GOODELL, G. E., P. E. KENMORE, J. A. LITSINGER, J. P. BANDONG, C. G. DE LA CRUZ & M. D. LUMABAN. "Rice Insect Pest Management Technology and its Transfer to Small-Scale Farmers in the Philippines" *The Role of Anthropologists and Other Social Scientists in Interdisciplinary Teams Developing Improved Food Production Technology*, International Rice Research Institute and the Division for Global and Interregional Projects, UNDP, Los Baños, Philippines, 1982, pp. 25-41.
- HEADLEY, J. C. "The Economics of Pest Management" En *Introduction to Insect Pest Management*, Robert L. Metcalf & William H. Luckman, Eds., Wiley Interscience, New York, 1975, pp. 75-99.
- HERDT, R. W., L. L. CASTILLO & S. K.

- JAYASURIYA. "Economics of Insect Control on Rice in the Philippines" en *Judicious and Efficient Use of Insecticides on Rice*, Proceedings of an FAO/IRRI Workshop, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 1984, pp. 41-56.
- HERRERA, JUAN. "Problemas Insectiles del cultivo de la papa en el Valle de Cañete" *Revista Peruana de Entomología Agrícola*, Vol. 6, No. 1, 1963, pp. 1-9.
- HORTON, D. *Los Científicos Sociales en la Investigación Agrícola: Lecciones del Proyecto del Valle del Mantaro, Perú*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá, 1984.
- HORTON, D. "Análisis de Presupuesto Parcial para Investigación en Papa al nivel de Finca" *Boletín de Información Técnica* 16, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, 1982, pp. 16.
- HORTON, D. "Tips for Planning Formal Farm Surveys in Developing Countries" *Social Science Department Training Document 1982-6*, International Potato Center (CIP), Lima, 1985.
- LIFSINGER, J. A., M. D. LUMABAN, J. P. BANDONG, P. C. PANTUA, A. T. BARRION, R. F. APOSTOL & RUHENDI. "A Methodology for Determining Insect control recommendation" *IRRI Research Paper Series No. 46*, January 1980. The International Rice Institute, Manila, Philippines.
- LUCKMANN, W. H. & R. L. METCALF. "The Pest Management Concept" En *Introduction to Insect Pest Management*, R. L. Metcalf & J. Wiley & Sons, New York, 1975, pp. 3-35.
- MAYER E. *Uso de la tierra en los Andes: Ecología y Agricultura en el Valle del Mantaro del Perú. Con referencia especial a la papa*. Departamento de Ciencias Sociales, Centro Internacional de la Papa, Lima, 1981.
- METCALF, R. L. "Changing Role of Insecticides in Crop Protection" *Annual Review of Entomology*. Vol. 25, 1980, pp. 219-256.
- NORTON, G. A. "A Decision Analysis Approach to Integrated Pest Control" *Crop Protection*, Vol. 1, No. 2, 1982, pp. 147-164.
- NATTESON, P., M. A. ALTIERI & W. C. CAGNE. "Modification of Small Farmer Practices for Better Pest Management" *Annual Review of Entomology*, Vol. 29, 1984, pp. 383-402.
- ODHIAMBO, T. R. "International Aspects of Crop Protection: The Needs of Tropical Developing Countries" *Insects Science and its Application* Vol. 5, No. 2, 1984, pp. 59-67.
- PEARSE, A. *Seeds of Plenty. Seeds of Want*. Oxford University Press, Oxford, 1980.
- PERKINS, J. H. *Insects, Experts, and the Insecticide Crisis* Plenum Press, New York, 1982.
- PERRIN, R. M. "The Role of Environmental Diversity in Crop Protection" *Protection Ecology*, Vol. 2, 1980, pp. 77-114.
- RAMAN, K. V. & R. H. BOOTH. "Integrated Control of Potato Moth in Rustic Potato Stores" *Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*, 6th, Lima, 1983. Proceedings. Lima, International Potato Center (CIP), 1984, pp. 509-515.
- REICHELDERGER, K. H., G. A. CARLSON & G. A. NORTON. *Economic Guidelines for Pest Control* FAO Plant Production and Protection Paper No. 58. FAO, Rome, 1984.
- RHOADES, R. E. "El arte de la encuesta informal agrícola" *Documento de Entrenamiento 1982-7*, Departamento de Ciencias Sociales, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, 1982.

- RHOADES, R. E. "Breaking New Ground: Agricultural Anthropology" CIP, Lima, 1984.
- RICHARDS, P. "Community Environmental Knowledge in African Rural Development" *Indigenous Knowledge Systems and Development*, D. Brokensha, D. M. Warren, and O. Werner, Eds., University Press of America, Lanham, Md., 1980, pp. 181-194.
- STERN, V. M. "Economic Thresholds" *Annual Review of Entomology*, Vol. 19, 1973, pp. 259-280.
- THRUSTON, H. D. "Potentialities for Pest Management in Potatoes". En *Pest Control Strategies*, E. H. Smith & D. Pimentel, Eds., Academic Press, New York, 1978, pp. 117-136.
- WALKER, T. S. & N. S. JODHA. "How small Farmers Adapt to Risk" En *Crop Insurance for Agricultural Development* P. Hazell, C. Pomarede & A. Valdéz, Eds., IFPRI/John Hopkins University Press, Baltimore, 1986, pp. 17-24.
- WELCH, S. M. & B. A. CROFT. "The Design of Biological Monitoring Systems for Pest Management" Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1979.
- WERGE, R. "Potato Storage Systems in the Mantaro Valley Region of Peru" Social Science Department, CIP, 1980.

CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

Luis Felipe Alvarado E.

INTRODUCCION

El ciclo de vida se refiere al tiempo transcurrido entre la siembra y la madurez fisiológica de la nueva planta. Durante el ciclo de vida tiene lugar el crecimiento y desarrollo de la planta.

Se entiende por crecimiento y desarrollo el conjunto de procesos que conducen a una célula ya sea de origen sexual o de origen somático a la forma definitiva del cuerpo vegetativo de la planta.

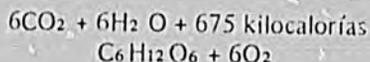
Los procesos que tienen lugar en la planta se pueden agrupar en dos partes: asimilación o fotosíntesis y respiración.

En el proceso de fotosíntesis se producen carbohidratos, mientras que en el proceso de respiración se consumen carbohidratos. Al restar los carbohidratos consumidos de los carbohidratos producidos se obtiene la asimilación neta. Los carbohidratos que no utiliza la planta en su respiración son almacenados como reserva en los tubérculos.

1. FOTOSINTESIS O ASIMILACION

En el proceso de fotosíntesis la energía radiante es absorbida por las hojas y transformada en energía química, a partir del agua y del anhídrido carbónico y almacenada luego en forma de compuestos de carbono.

Químicamente la separación del hidrógeno del agua con liberación del oxígeno y transferencia del hidrógeno al carbón para formar un compuesto más estable. En forma general, la reacción de fotosíntesis se produce en la siguiente forma:



La fotosíntesis es afectada por una serie de factores ambientales, que si bien son difíciles de cambiar por el hombre se pueden aprovechar mejor con prácticas culturales adecuadas.

Los siguientes factores interactúan en forma conjunta en el proceso de asimilación o fotosíntesis:

1.1 LATITUD

La actividad fotosintética sigue una trayectoria sigmoidea. Sin embargo, debido a la diferencia de horas-luz que se presentan a medida que un sitio se aleja de la línea Ecuatorial, se pueden considerar dos clases de intensidad fotosintética. Por ejemplo, mientras en Cana-

dá un cultivo puede recibir 16 horas de luz por día durante su ciclo de vida, en Colombia, cerca del Ecuador, las horas de luz pueden reducirse a 12 o menos.

1.2 LUZ

Tanto en la intensidad de la luz como la duración de la misma (foto-período) afectan la fotosíntesis.

La intensidad de luz que afecta la fotosíntesis de una planta varía según la latitud, altitud, frecuencia y distribución de nubes y la hora del día.

Pero a su vez la fotosíntesis de un sistema foliar no depende solamente de la intensidad de la luz y la función de fotosíntesis de hojas simples, sino de factores que afectan la distribución de las hojas, la cual depende a su vez del número, tamaño y su posición respecto al suelo, al sol y hojas adyacentes.

1.3 TEMPERATURA

Dentro de ciertos límites, el desarrollo del follaje es potencialmente más rápido a temperaturas altas que a temperaturas bajas. La temperatura óptima para la fotosíntesis en papa parece estar entre 10° y 20°C. Sin embargo, la temperatura óptima varía según las especies y variedades.

Una variación en la temperatura puede redu-

cir o aumentar marcadamente la producción de materia seca.

1.4 SUMINISTRO DE AGUA

La facilidad con que una planta puede extraer agua del suelo es una función de la diferencia entre la energía de la savia de las células de la planta y la energía de la solución del suelo.

El agua juega un papel muy importante en la apertura y cierre de los estomas en las hojas. Si la planta dispone de una cantidad adecuada de agua (células turgidas), los estomas se abrirán fácilmente y el CO₂ puede entrar libremente en la planta. Pero cuando la planta tiene déficit de agua, la concentración de CO₂ dentro de la hoja llega a ser tan baja que limita el proceso de fotosíntesis.

Bajo condiciones de riego se ha encontrado que las necesidades de agua de un cultivo de papa son de 3 a 5 mm. por día. Por otra parte, cuando el agua disponible para un cultivo depende de las condiciones de lluvia, las necesidades pueden cambiar. Así, en la región Andina, un exceso de lluvia está asociado con reducción de la energía incidente a causa de la mayor nubosidad.

1.5 SUMINISTRO DE CO₂

Las hojas de papa tienen estomas por ambas

caras de la hoja, 18 a 20/mm² en el haz y 100/mm² en el envés, con un diámetro promedio de 2-3 micras. Tales aberturas permiten la difusión de CO₂ en la hoja a una intensidad de 20-24 mg/mm² de superficie foliar a 20°C.

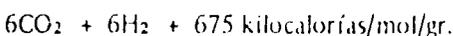
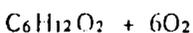
La concentración de CO₂ en la atmósfera que rodea las plantas no tiene grandes fluctuaciones. Es de aproximadamente 0.03% y a excepción de las montañas altas, esta concentración no presenta fluctuaciones apreciables. El suministro de este elemento a la planta es controlado por la apertura y cierre de los estomas. Por consiguiente, cualquier factor que afecte el movimiento de los estomas afectará también el suministro de dióxido de carbono y por consiguiente la fotosíntesis.

Las deficiencias de CO₂ para la fotosíntesis se presenta principalmente cuando hay restricción de entrada a las hojas por cierre de los estomas. Un cierre de estomas durante el día ocurre cuando la deshidratación de la hoja excede cierto nivel. Winkler encontró que cuando la pérdida de agua de la hoja con sus células turgidas alcanza 7-8% del peso hay restricción a la entrada de CO₂ y cuando esta pérdida alcanza al 20-24% el cierre de estomas es total. Cuando esta pérdida sobrepasa el 45% es letal para la planta.

2. RESPIRACION

La respiración es un proceso complejo durante el cual la planta desarrolla todos los tejidos y órganos necesarios para sus procesos vitales. Una parte de la energía química producida en el proceso de asimilación es consumida en los procesos de respiración. En presencia de O₂ se libera CO₂ fijado en la fotosíntesis.

La ecuación general de la respiración es:



2.1 CRECIMIENTO

Por crecimiento se entiende el aumento de volumen y sustancia. En otras palabras es el aumento de peso en materia seca de la planta a través de su ciclo de vida.

2.1.1 Análisis de Crecimiento

Para analizar el crecimiento de una planta se utilizan diferentes parámetros. Los más frecuentes son la producción de materia seca y la fotosíntesis neta en la cual se relacionan el índice de área foliar, la intensidad de crecimiento del cultivo (ICC), intensidad de crecimiento relativo (ICR) y la intensidad de asimilación neta (IAN).

2.2 NECESIDADES NUTRICIONALES DE LA PLANTA

Para la obtención de una cosecha de 40.000 kg/ha las plantas de papa necesitan los siguientes elementos:

Peso fresco	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Mn	B	Cu	Mo
Tubérculos	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	gr.	gr.	gr.	gr.
40.000 kg.	120	55	221	9	18	40	60	40	6

Datos tomados de Koopers (1974).

Para la síntesis de nuevo protoplasma en la zona de formación de las células meristemáticas es vital la presencia de P y N.

Debido a la poca movilidad del P y al sistema relativamente restringido de la raíz, es necesario que al iniciarse el crecimiento de la planta, el suelo disponga de suficiente fósforo para asegurar el crecimiento y desarrollo de un adecuado sistema fotosintético; permitir una larga duración del follaje y proporcionar un desarrollo normal de los tubérculos.

El nitrógeno y potasio se mueven más fácilmente en el suelo y podrían aplicarse después de la emergencia de la planta sin perjuicio para el crecimiento y desarrollo posterior.

Sin embargo, es evidente que un suministro escaso e inoportuno de los demás nutrientes puede tener un efecto destrimental sobre el desarrollo del cultivo y la duración del área foliar. Así, aplicaciones tardías de nitrógeno pueden tener un efecto beneficioso al prolongar la duración del área foliar, pero puede no actuar si no existe un suministro adecuado y oportuno de agua.

2.3 CRECIMIENTO DE ESTOLONES Y RAICES

Las principales funciones de la raíz son la absorción de agua, absorción de nutrimentos y sostenimiento de la planta.

La intensidad de crecimiento de la raíz es relativamente alta en los primeros estados hasta la época de floración.

Trabajos sobre análisis de crecimiento realizados en Nariño (Obonuco 1985 - Catambuco 1976) con variedades de papa con diferente ciclo de vida muestran que el crecimiento de raíces y estolones no se prolonga más de los 98 días (14 semanas) (Tabla 1).

En el suelo el movimiento de agua hacia las raíces es bajo y solamente el agua cerca a ellas está disponible. A mayor volumen de raíces en el perfil del suelo la planta dispondrá de mayor cantidad de agua.

La forma del sistema de raíces es controlada hereditariamente, pero también está muy influenciada por factores ambientales como disponibilidad de agua y nutrientes, oxígeno, CO₂ y resistencia mecánica del suelo. El sistema radical de una planta de papa es débil y su crecimiento es fácilmente afectado en condiciones adversas del suelo.

Al medir semanalmente la longitud de los estolones de una variedad precoz, ICA-Nariño y una variedad tardía, Parda pastusa, bajo condiciones de un suelo franco arenoso de Catambuco, se encontró que en la variedad precoz, la formación de estolones es más rápida y por consiguiente requiere un aporte más temprano.

2.3.1 Factores que afectan el crecimiento del sistema radical

Hay varios factores físicos que afectan el crecimiento y desarrollo del sistema radical. Los más importantes son: disponibilidad de nutrimentos, suministro de agua, aireación y resistencia mecánica del suelo.

TABLA 1
CRECIMIENTO DE RAICES ESTOLONES EN BASE A PRODUCCION
DE MATERIA SECA (G) POR PLANTA, POR SEMANA, DE TRES
VARIETADES DE PAPA

Días después siembra	Parda pastusa	ICA-Nariño	Criolla
35	3.68	2.56	1.30
42	2.86	1.36	0.80
49	6.20	4.18	2.14
56	6.10	4.94	2.28
63	8.04	4.16	2.82
70	12.24	8.80	6.68
77	15.80	14.42	5.50
84	17.96	12.80	8.12
91	15.44	14.44	9.72
98	22.02	17.80	9.56
105	15.46	9.32	5.48
112	17.50	11.60	7.16

Adecuadas cantidades de nitrógeno y fósforo disponibles estimulan el crecimiento de las raíces. Un desarrollo de raíces solamente en la capa superficial del suelo puede deberse entre otras causas, a la presencia de la mayoría de los nutrimentos en aquella capa. Mala colocación del fertilizante puede inhibir la penetración de las raíces especialmente bajo condiciones de sequía.

Un exceso o una deficiencia de agua limitan el crecimiento de la raíz. En regiones secas la penetración de las raíces está limitada a la profundidad a la cual el suelo es humedecido por el agua lluvia.

Por consiguiente, la falta de agua estimula la suberización de las raíces dando como resultado una reducción de su capacidad de absorción.

Sin embargo, una moderada deficiencia de agua en los primeros estados de crecimiento de la planta y en presencia de un suelo bien preparado puede estimular un enraizamiento más profundo.

Una deficiente disponibilidad de O₂ en el suelo es un factor limitante para el crecimiento y actividad de las raíces. Los sínto-

mas que presenta una planta por aireación deficiente son amarillamiento, escaso desarrollo del follaje y marchitamiento de las hojas y tallos debido a la poca absorción de nutrientes y agua, causado por el daño y muerte de las raíces.

Teniendo en cuenta la respiración de raíces y organismos del suelo el contenido de oxígeno disminuye y el nivel de CO₂ aumenta.

Tanto en la falta de oxígeno como el exceso de CO₂ limitan el crecimiento de la raíz. La efectividad del cambio de gases en el suelo depende de la textura y estructura del suelo.

El desarrollo de raíces y estolones está limitado por la presencia en el suelo de capas que condicionan la presencia de agua, oxígeno y gas carbónico. Así un suelo compactado ofrece resistencia mecánica a la penetración de la raíz.

2.4 CRECIMIENTO DEL FOLLAJE

Las hojas son las fábricas donde, la energía lumínica junto con el anhídrido carbónico y el agua son transformados en materia seca. El crecimiento del follaje es ascendente hasta

cuando la planta alcanza la floración completa presentando valores máximos 11 a 13 semanas después de la siembra.

En condiciones de campo no todas las hojas producen la misma cantidad de materia seca ya que no todas reciben la misma cantidad de luz. Además cuando las hojas envejecen o están en fuerte competencia no pueden fotosintetizar y en cambio consumen una buena parte de carbohidratos en el proceso de respiración.

Según Burton (1966), el aprovechamiento de la luz en un cultivo de papa puede ser como sigue:

10% de las hojas intercepta
60% de la máxima intensidad lumínica

60% de las hojas intercepta
30% de la máxima intensidad lumínica

30% de las hojas intercepta
15% de la máxima intensidad lumínica

Análisis de crecimiento realizados con variedades colombianas demostraron que los valores promedios de IAF fueron similares para dos variedades de la subespecie *andígena* y superior en 40% al valor de una variedad de la subespecie *phureja*. También se comprobó que los valores máximos de IAF establecidos para las variedades de la subespecie *tuberosum* en Europa no coinciden con los encontrados en las variedades de la subespecie *andígena* adaptadas en condiciones de día corto en Colombia.

2.5 CRECIMIENTO DE LOS TUBERCULOS

Artschwager (1924) encontró que el crecimiento inicial del tubérculo se debe a la excesiva división celular de la médula. Posteriormente se aclaró que simultáneamente el crecimiento y división radial de la célula de la médula, se dividen también en células de la corteza.

Reeve y sus colaboradores (1973) encontraron que el incremento del grosor del tejido

perimedular en tubérculos de peso mayor de 45 g está directamente relacionado con el agrandamiento de las células. Pasado este tamaño la división celular en esta zona es muy baja y por consiguiente el número de células es relativamente constante.

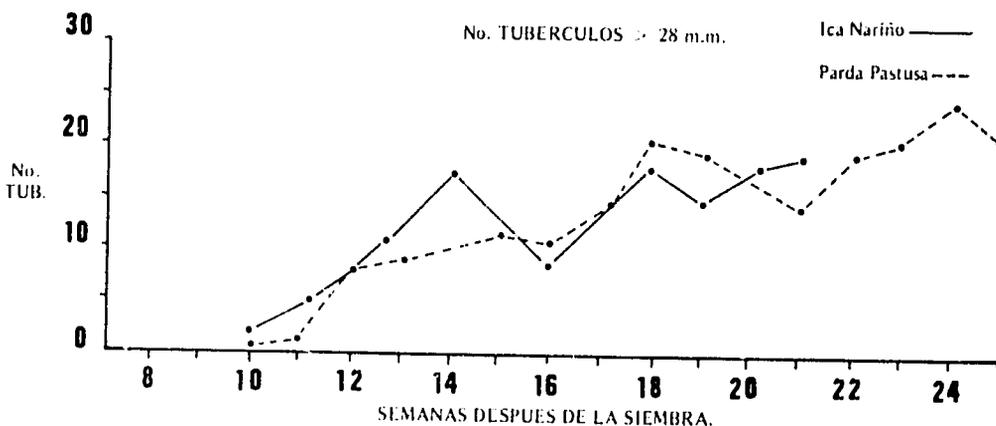
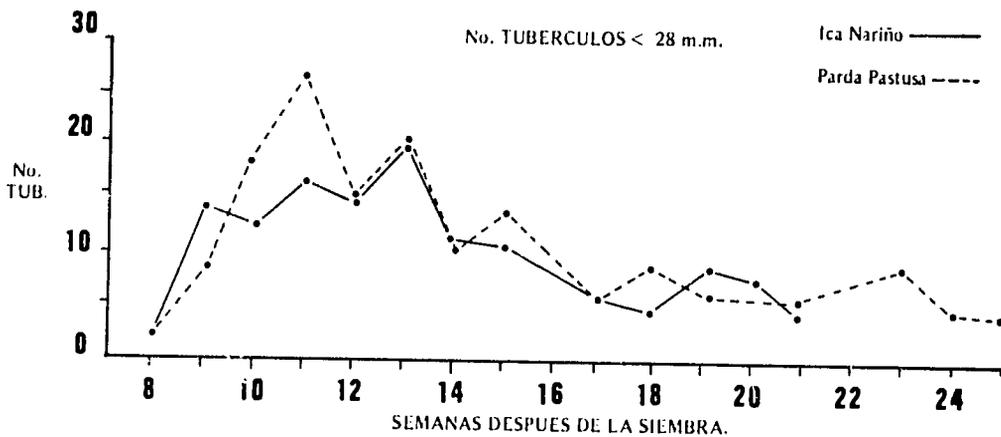
El tejido perimedular comprende aproximadamente el 50% del total del peso de tubérculos maduros.

Luján (1977) resume el crecimiento y desarrollo del tubérculo en los siguientes puntos:

- a) El crecimiento del tubérculo se debe principalmente al ensanchamiento de la zona perimedular y es de origen precambial.
- b) La médula y la corteza se forman por diferenciación del parénquima primario que a su vez deriva del meristemo apical del estolón, aún antes de haberse iniciado la tuberización.
- c) El precambium da origen al floema externo, xilema primario, floema interno, parénquima asociado y parénquima interfascicular.

Para el caso de algunas variedades que se cultivan en Colombia, la tuberización se produce entre las 8 a 9 semanas después de la siembra (Figura 1). Sin embargo, el tiempo hasta el cual la planta puede producir tubérculos puede alcanzar en algunas variedades hasta las 14 semanas después de la siembra. Midiendo el crecimiento en este sentido se pueden diferenciar tres etapas de desarrollo del tubérculo.

- a) Formación del tubérculo entre 8 y 13 semanas (en términos generales entre 9 y 11 semanas).
- b) Engrosamiento y diferenciación entre 13 y 16 semanas.
- c) Llenado final a partir de las 16 semanas después de la siembra (Figura 1).



2.5.1 Factores que afectan el Crecimiento de Tubérculos

Los tubérculos son órganos de almacenamiento de almidón, por consiguiente las condiciones que favorecen la elaboración y traslocación de dicho carbohidrato también pueden favorecer el crecimiento del tubérculo.

Los factores que en mayor grado afectan el crecimiento y desarrollo de los tubérculos, además de la fertilidad del suelo y suministro de nutrientes son los siguientes:

2.5.1.1 Agua

Sin un adecuado suministro de agua el tubérculo no se puede desarrollar normalmente, aunque haya en el suelo cantidad adecuada de nutrientes. Un suelo seco en la etapa de formación de los tubérculos y en la etapa de engrosamiento de los mismos afecta notablemente el rendimiento.

Una lluvia bien distribuida a través del período de crecimiento es ideal. Pero es necesario que el suelo donde crecen los tubérculos retenga la suficiente humedad en tal forma que las raíces puedan disponer de ella. Sin embargo, un exceso de agua en el suelo puede afectar el desarrollo de los órganos subterráneos por su acción sobre la presencia de oxígeno. Los tubérculos son tallos subterráneos que necesitan oxígeno suficiente para su respiración.

2.5.1.2 Altitud

Bajo las condiciones de clima de páramo en Colombia los híbridos *S. tuberosum* por *S. andígena* tienen un ciclo de vida más largo, los tubérculos se deterioran más fácilmente en el almacenamiento y pierden un poco el color y la producción es menor que cuando se cultivan en clima frío hasta los 3.000 msnm.

2.5.1.3 Suelo

Desde el momento que se siembra la semilla, el suelo que rodea el sistema radical de la nueva planta debe ofrecer condiciones adecuadas para que tanto el tubérculo como las raíces puedan disponer del agua, los nutrientes y el oxígeno que necesitan para su desarrollo.

Suelos compactados, mal preparados, encharcados o muy pesados no son aptos para el crecimiento de los tubérculos.

2.4.1.4 Luz

Se ha demostrado que la iniciación de la tuberización está muy influenciada por la longitud del día o sea el fotoperíodo. Es evidente que la síntesis de carbohidratos y el subsecuente crecimiento de los tubérculos dependen

en parte de la cantidad de energía lumínica recibida por la planta.

2.5.1.5 Temperatura

La temperatura afecta la respiración y sus procesos y por consiguiente el crecimiento y desarrollo de los tubérculos.

Mientras que altas temperaturas estimulan el crecimiento del follaje, bajas temperaturas son más favorables para el desarrollo de los tubérculos. Temperaturas de 25° a 30°C son desfavorables mientras que cercanas a 15°C son ideales.

Altas temperaturas en época de sequía, seguidas por una lluvia son la causa más frecuente de la deformación de los tubérculos y rajaduras o fisuras en los mismos.

REFERENCIAS

- ALVARADO E., L. F. y MENDEZ A., H. 1981. Densidades de población y dosis de fertilización en papa. *Revista Comafi*, 8: 10-25.
- ARTSCHWAGER, E., 1924. Dry matter production and the uptake of nutrients at different stages of growth. Agricultural University of Wageningen. Dept. of field crops and grassland husbandry.
- BEUKEMA, H. P. and D. E. VAN DER ZAAG. 1979. Potato improvement. Some factors and facts. International Agricultural Centre. Wageningen. The Netherlands. 274 p.
- BURTON, W. G., 1966. The potato. 2nd Ed. Veerman and Zanen N. V. Wageningen. The Netherlands. 38 p.
- LUJAN, C. L., 1977. El tubérculo semilla y su potencial de producción en: Prácticas culturales en papa, publicación del Instituto Colombiano Agropecuario. Distrito Transferencia de Tecnología 0.1-Pasto.
- REEVE, R. M., H. TIMM and M. L. WAVER, 1973. Parenchyma cell growth in potato tubers. I Different tuber regions. *American Potato Journal* 50: 40-57.
- TALBURT, W. F. and O. SMITH, 1959. Potato Processing. The Avi Publishing. 475 p.

FISIOLOGIA DEL TUBERCULO SEMILLA

Luis Felipe Alvarado E.

1. EL TUBERCULO COMO SEMILLA

Después del suelo, la semilla es el insumo más importante. Un cultivo de papa no se inicia con la siembra. Se inicia con la selección y conservación de la semilla. El tubérculo es un órgano de almacenamiento de materiales de reserva y por su contenido de agua y nutrientes es el más apropiado para la propagación vegetativa de la planta. La repro-

ducción de la papa por medio del tubérculo permite mantener casi inalterable su constitución genética. Sin embargo, este método de propagación facilita la diseminación de enfermedades causadas por virus, las cuales reducen la capacidad productora de la planta.

TABLA No. 1
COMPOSICION QUIMICA DE UN TUBERCULO DE PAPA
(Schwimmer y Burr, 1959)

	% promedio	% de variación
Agua	77,5	63,2 - 86,9
Total sólidos	22,5	13,1 - 36,8
Proteínas	2,0	0,7 - 4,6
Grasas	0,1	0,02 - 0,96
Carbohidratos total	19,4	13,3 - 30,53
Fibra cruda	0,6	0,44 - 1,9

2. PERIODO DE REPOSO O LATENCIA DE LA SEMILLA

En términos generales, todas las variedades de papa de las subespecies *tuberosum* y *andígena*, pasan por un período de relativa inactividad antes de emitir brotes. Este estado se denomina período de "reposo" o "latencia".

El período de reposo es una característica hereditaria que depende de la variedad. Pero además, la latencia de la semilla puede afectarse por varios factores como: madurez fisiológica al tiempo de la cosecha, clima, condiciones de almacenamiento y cortes o heridas causadas al tubérculo, así como también por acción de compuestos químicos. Es importante anotar que las variedades cultivadas de la subespecie *phureja* (papas chaucas o criollas), no presentan período de reposo.

Los tubérculos cosechados en completa madurez fisiológica tienen un período de repo-

so más corto, que tubérculos cosechados inmaduros. Bajo condiciones de las regiones andinas tropicales, los tubérculos cosechados en clima de páramo brotan más rápido que los cosechados en climas fríos moderados.

Semillas almacenadas a temperaturas altas brotan generalmente más rápido que cuando se almacenan a bajas temperaturas. Una temperatura de 5°C es ideal para guardar semilla por largo tiempo sin que se deteriore (6 meses o más). Sin embargo, bajo condiciones de temperatura de 10 a 13°C, con humedad relativa de 80 a 90%, se presentan en la región Andina, la semilla se conserva bastante bien, si se almacena bajo luz difusa y buena ventilación.

Se ha comprobado un acortamiento en el período de reposo cuando los tubérculos se cortan o sufren heridas, magullamientos, daños de insectos y hongos.

3. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LOS BROTES

Los brotes se originan a partir de las yemas localizadas en los ojos del tubérculo. Varios factores afectan el crecimiento y desarrollo de los brotes, entre ellos los siguientes:

3.1 DOMINANCIA APICAL

Es una característica varietal que estimula el crecimiento del brote apical e inhibe el crecimiento de los brotes laterales. Esta característica no se presenta en todas las variedades.

Cuando se siembra una semilla en estado de dominancia apical, el número de tallos principales por planta será bajo. El desbrote del tubérculo en las variedades que presentan dominancia apical estimula el desarrollo de mayor número de brotes por semilla y por lo tanto, mayor el número de tallos por planta. Las variedades ICA-Morasurco y Diacol Capito presentan dominancia apical.

3.2 DESBROTE DE LA SEMILLA

El desbrote de la semilla es una práctica útil para estimular el pronto desarrollo de los brotes laterales cuando hay dominancia apical y obtener un mayor número de tallos por planta.

Debido a la competencia que se presenta dentro de cada mata cuando hay un alto número de tallos por planta, se consigue controlar el tamaño de los tubérculos en las variedades que tienen tendencia a engrosar demasiado.

El desbrote de la semilla no siempre lleva al desarrollo de un gran número de tallos por planta, ni tampoco todas las variedades responden bien al desbrote. Además de la variedad, depende de la edad de la semilla. Cuando una semilla es desbrotada varias veces va perdiendo su vigor y finalmente da origen a plantas con un sistema de raíces muy débil y follaje escaso, o si las condiciones del suelo son adversas, los brotes no alcanzarán a emerger.

3.3 TEMPERATURA

La temperatura de almacenamiento ejerce una gran influencia sobre el desarrollo y crecimiento de los brotes y potencial de producción del tubérculo-semilla. Las temperaturas altas de almacenamiento favorecen el crecimiento de los brotes, mientras que la temperatura baja lo retardan. Temperaturas entre 10 y 20°C parecen ser óptimas para el crecimiento de brotes, pero para almacenamiento esa temperatura debe ser menor.

3.4 HUMEDAD RELATIVA

Una alta humedad relativa estimula la formación de raíces en los brotes. En condiciones de alta temperatura, una alta humedad relativa estimula el crecimiento longitudinal de los brotes.

3.5 LUZ

Es uno de los factores que más efecto tiene en la velocidad de crecimiento y vigor de los brotes. La clorofila y solanina que se acumulan en los tubérculos sometidos a la acción de la luz solar, aparentemente impiden la penetración de algunos microorganismos patógenos como *Fusarium*.

Por el contrario una semilla almacenada en una bodega oscura produce brotes más largos y en menos tiempo, pero más débiles y susceptibles al daño mecánico y pudriciones. Algunos investigadores atribuyen un mayor rendimiento a la semilla que ha sido sometida a verdeamiento.

3.6 OXIGENO Y GAS CARBONICO

El tubérculo en almacenamiento, como un tallo que es, necesita de cierta disponibilidad de oxígeno para poder respirar. En la misma forma cuando el CO₂ producido en el proceso de respiración se acumula en una bodega sin circulación de aire, llega a ser perjudicial para la semilla porque en ese ambiente proliferan hongos y bacterias.

3.7 VARIEDAD

El desarrollo y número de brotes por tubérculo es diferente para cada variedad. Las variedades de la subespecie andígena, en general, tienen pocos brotes, en comparación con las variedades "chauchas" de la subespecie phureja. Como se aprecia en la Tabla No. 2, extractado de trabajos realizados por el ICA en Nariño (1985), se presenta variación en el número de brotes entre variedades y entre tamaños.

3.8 TAMAÑO DEL TUBERCULO SEMILLA

La intensidad de desarrollo de los brotes es mayor en los tubérculos grandes que en los pequeños ya que el número de brotes está directamente relacionado con el tamaño de la semilla. Un tubérculo grande produce tallos más vigorosos que un tubérculo pequeño. La semilla gruesa produce tallos más vigorosos y por consiguiente tiene más ventajas que la semilla delgada. Las ventajas y desventajas fueron resumidas por H. Beuke-

TABLA No. 2

VARIACION DEL NUMERO DE OJOS Y DE BROTES POR TUBERCULO SEGUN VARIEDAD Y TAMAÑO DE LA SEMILLA

Variedad	Tamaño del tubérculo, (diámetro)	No. de ojos/ tubérculo	No. de brotes/ tubérculo
ICA-Chitagá	1a. 77 mm	8,56	12,38
	2a. 54 mm	6,78	6,26
	3a. 37 mm	5,10	4,74
ICA-Nariño	1a. 77 mm	7,06	12,0
	2a. 54 mm	5,96	5,78
	3a. 37 mm	5,32	4,22

TABLA No. 3

CARACTERISTICAS DE DOS TIPOS DE SEMILLA

Semilla Delgada	Semilla Gruesa
1. Más brotes por Kg de tubérculo.	1. Menos brotes por Kg de tubérculo.
2. Más difícil para alzar altas densidades de población.	2. Más fácil para alcanzar altas densidades de población.
3. Menos tallos por planta, mejor distribución de los mismos.	3. Más tallos por planta, puede haber una distribución desfavorable de tallos.
4. Emergencia más tardía.	4. Emergencia más temprana.
5. Pobre emergencia cuando se siembra en condiciones desfavorables de suelo.	5. Mejor emergencia cuando se siembra en condiciones desfavorables de suelo.
6. Difícil recuperación en caso de sufrir ataques al follaje en estados tempranos de desarrollo.	6. Recuperación más fácil en caso de sufrir ataques al follaje en sus primeros estados de desarrollo.

ma y Van der Zaag (1979) y se presenta en la Tabla No. 3.

3.9 EDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA

El estado fisiológico de la semilla al momento de la siembra, es un factor determinante en el desarrollo del cultivo.

Una semilla es joven cuando se encuentra entre el período de reposo y la dominancia apical.

Se encuentra en brotación normal, cuando presenta varios brotes vigorosos, simples o ramificados. En este estado es ideal para la siembra.

La semilla se encuentra en estado senil cuando tiene brotes demasiado largos y delgados como "pelos", cuando el tubérculo madre ha agotado gran parte de sus reservas alimenticias.

Semilla fisiológicamente vieja da origen a plantas de poco vigor, con raíces escasas y rendimientos bajos.

La duración de la edad fisiológica de una semilla es afectada principalmente por los siguientes factores:

a. Longitud del período de reposo: Semilla de variedades con un período de reposo corto alcanzan su estado senil más temprano que semillas de variedades con un período de reposo largo.

b. Condiciones de almacenamiento: Luz, temperatura y humedad, son factores muy importantes en la conservación del estado fisiológico de la semilla. Semillas almacenadas en bodegas oscuras producen brotes débiles y largos y envejecen pronto. Pero las temperaturas bajas y alta humedad relativa, conservan la semilla "joven" por más tiempo.

c. Condiciones de clima donde se desarrolló el cultivo anterior: Semillas producidas en cultivos bajo condiciones extremas de temperatura, como páramos altos o climas medios, pueden dar origen a una semilla que pierde su vigor relativamente rápido.

En la Tabla No. 4 se resumen las etapas fisiológicas en que se puede clasificar una semilla según el estado de desarrollo de sus brotes.

TABLA No. 4

ESTADOS FISIOLÓGICOS DE LA SEMILLA

Estado de Reposo	Dominancia Apical	Brotación Normal	Estado Senil R
No hay crecimiento de ningún brote.	Se desarrolló solo el brote apical.	Crecimiento de varios brotes. Ramificaciones de brotes.	Formación de "pelos" y tubérculos aéreos en la semilla.

LITERATURA CONSULTADA

- ALVARADO E., L.F. y A.H. MENDEZ, 1981. Densidades de población y dosis de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Comafi* 8 (1 y 2): 10-25.
- BEUKEMA, H.P. and D.E. VAN DER ZAAG, 1979. Potato improvement. Some factors and facts. International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands.
- BURTON W.G., 1966. The potato. Veenman and Zonen N.V. Wageningen, The Netherlands.
- SCHWIMMER, S., and H. K. BURR, 1959. Structure and chemical composition of the potato tuber. In *Potato Processing*, edited by W.F. Talburt and O. Smith.
- TALBURT, W.F. and O. SMITH, 1959. *Potato Processing*. The Avi Publishing Co. Westport, Connecticut, U.S.A.

RESPUESTA DE LA PLANTA DE PAPA (*Solanum* spp.) AL DAÑO
DE INSECTOS: ALGUNOS EFECTOS DE COMPENSACION

D. J. Midmore

INTRODUCCION

La producción de tubérculos de papa depende fundamentalmente de tres factores, la cantidad de energía solar interceptada por el cultivo para su conversión por medio de la fotosíntesis en materia seca, la eficiencia con la que la planta convierte la energía solar interceptada en materia seca (i.e. la suma de las ganancias fotosintéticas y las pérdidas respiratorias de materia seca), y la eficiencia de la distribución de la materia seca a los tubérculos.

Las plagas insectiles (y esto también es aplicable a las enfermedades de plantas que afectan el follaje) en general afectan el primer factor, que es la intercepción de la energía solar por parte de las hojas principalmente y por los tallos en menor grado. La frecuencia con la que los insectos se presentan puede variar a través del período vegetativo de un cultivo, causando daños en ciertos estados de desarrollo de las plantas y permitiéndoles (más específicamente a las plantas dañadas) su recuperación y compensación por el daño recibido. En el fenómeno de compensación, la redistribución de materia seca para producir hojas nuevas como una recompensa por la pérdida de tejidos, implica una posible reducción en la distribución de materia seca a los tubérculos. En este artículo se discutirá el mecanismo de compensación que sigue después del daño por insectos en estados de desarrollo consecutivos a través del ciclo vegetativo, con especial referencia a los resultados en la cosecha de experimentos realizados en el Perú y otras áreas del mundo. Posteriormente se discutirá el efecto del daño continuado a lo largo del ciclo vegetativo y, finalmente, se presentarán algunas conclusiones preliminares como una estrategia para el control de insectos basados en premisas fisiológicas.

DAÑO DE INSECTOS

El daño por insectos puede producirse desde el momento de la siembra, tal es el caso de los "trózaadores" (*Agrotis*, spp.) que pueden cortar los brotes tan pronto se produce la emergencia, cuando todavía son blandos y tienen poca fibra. La pérdida de brotes de un surco puede originar dos formas de compensación, dentro de la planta, o entre plantas vecinas. En el efecto dentro de la planta, permite que si un tubérculo semilla produce

más de un tallo, el daño a uno de estos tallos originará siempre algún tipo de compensación. La eliminación de un tallo puede inducir alguna (o ambas) de las respuestas siguientes: la formación de un nuevo brote y ramificación de los tallos restantes, ya sea en la parte aérea o subterránea de la planta. En la actualidad no se tiene información acerca de la pérdida relativa del potencial de producción debido a la eliminación de tallos individuales, ya sea a la emergencia o inmediatamente después de ésta. Sin embargo, debido a la habilidad para rebrotar o ramificarse, se asume que el efecto es mínimo y la intercepción de la energía solar no es inhibida completamente. Sin embargo si para la siembra se han usado tubérculos viejos la capacidad de compensación será menor (por ejemplo no se producirá la emergencia de nuevos tallos), y podría ocurrir una reducción en el potencial de producción. La eliminación de todos los tallos sin que se origine rebrotamiento o la falta de brotes en la emergencia (por ejemplo, como un resultado del ataque al tubérculo-semilla por las larvas de *Phthorimaea operculella* (Zeller) induce la segunda forma de compensación o sea el efecto entre plantas vecinas. El espacio de tierra, agua, nutrientes y energía luminosa que no es usada por la planta que falle al emerger, queda inmediatamente disponible para las plantas vecinas. La habilidad de compensación por pérdida de plantas dependerá de algunas variables tales como: vigor y tamaño característico del follaje de cada cultivar, distanciamiento entre plantas dentro de un surco, y distribución de las plantas perdidas. Sieczka et al. (1986), ha resumido las referencias que tratan sobre estudios de plantas perdidas y la influencia de estas variables en la compensación para la producción de tubérculos. Solamente cuando el distanciamiento entre plantas dentro de un surco excedió los 40 cm., las plantas vecinas fueron incapaces de compensar por las plantas perdidas, y por lo tanto se produjo una reducción proporcional de las cosechas. Bajo condiciones normales una reducción al azar del 25% en la población de plantas ocasiona una reducción del 8-9% en producción de tubérculos (James et al., 1973). En investigaciones acerca de espaciamiento entre plantas

y densidad, en las cuales se experimentó con una población de plantas conocidas, se efectuaron varias combinaciones. Se observó que la producción de tubérculos no fue reducida significativamente por distanciamientos desuniformes con un coeficiente de variabilidad (CV) de hasta 62% del distanciamiento uniforme, pero una vez que el CV superó el 100% se afectó la producción en la cosecha (Sieczka et al., 1986). Por lo tanto, los recursos ambientales no usados por las plantas perdidas, o por plantas que están muy distantes la una de la otra, pueden ser utilizadas por las plantas vecinas. Sin embargo bajo ciertas circunstancias, el daño de insectos a brotes que están emergiendo puede ser localizado, debido a la naturaleza poco activa de algunos insectos del suelo causando la pérdida de un grupo de plantas. Bajo estas condiciones existen pocas posibilidades para una compensación completa y la mejor solución sería resembrar el área para recuperar en parte la pérdida potencial.

A medida que las plantas emergen, los insectos pueden dañar ya sea los puntos de crecimiento o el tejido de las hojas con diferentes patrones de compensación. El daño a los puntos de crecimiento (por ejemplo al producido por *P. operculella*) a menudo estimula el brotamiento de las yemas axiliares bajas (efecto de ramificación) como consecuencia de la inhibición de la dominancia apical. El tiempo en que se produce el daño es importante; como se puede ver en la Tabla 1, los daños producidos antes de que se inicie la formación de tubérculos (tratamiento efec-

tuado a los 30 días) puede conducir a un incremento en la producción de tubérculos, especialmente si es que el estímulo del efecto ramificación produce una cobertura rápida del suelo con un consiguiente aumento de la intercepción de la energía solar por el follaje y también produce una reducción en la temperatura del suelo. Los daños que se producen después de la iniciación de la tuberización (tratamiento efectuado a los 45 días) también anula la dominancia apical por lo tanto se produce la emisión de nuevas ramas a expensas del desarrollo de los tubérculos (Tabla 1). El tipo del clon de papa puede interactuar con la respuesta que se origina al producirse el daño al punto de crecimiento. Por ejemplo, en el estudio publicado por Midmore y Mendoza (1984) las mejoras en la producción solamente fueron evidentes en 3 de los 4 clones a los que se les punzó el punto de crecimiento a los 30 días después de sembrado. El clon en el que no hubo aumento en la cosecha fue uno que mostró una ramificación rápida, precocidad en la tuberización y un hábito de crecimiento rastrero.

La pérdida de área foliar verde (fotosintéticamente activa) causada por insectos se puede interpretar sobre las bases del desarrollo del cultivo en 3 etapas. 1) Desde la emergencia de las plantas hasta el inicio de la tuberización. 2) La etapa de crecimiento rápido de los tubérculos y 3) La etapa final del crecimiento rápido de los tubérculos. El tipo de daño también puede ser dividido en: (a) Defoliación completa o parcial del área foliar (por ejemplo las defoliaciones producidas

TABLA No. 1
COMPARACIONES DE COSECHA (PROMEDIO DE 2 CLONES) ENTRE PLANTAS QUE RECIBIERON PUNZADO EN SUS PUNTOS DE CRECIMIENTO EN 2 OPORTUNIDADES Y DAÑO NATURAL CAUSADO POR LA PALOMILLA *PHTHORIMAEA OPERCULELLA* (LIMA, INVIERNO DE 1982)

	Sin Insecticida		Con Insecticida			Error Stándar de la Diferencia
	Sin Punzado	Punzado a los 30 días	Punzado a los 30 y 45 días	Punzado a los 45 días	Punzado a los 45 días	
Peso de Tubérculos (t/ha)	14.59	28.03	31.15	27.48	24.81	3.36
Peso de Tubérculos (g/planta)	328	612	680	593	568	69

por el escarabajo de la papa de Colorado, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), *Epicauta* spp., *Diabrotica* spp. o *Spodoptera eridania* Cramer) y (b) las minas y agujeros que causan áreas necróticas y muerte del tejido de las hojas (por ejemplo del daño causado por *P. operculella*, *Scrobipalpa absoluta* (Meyrick), *Liriomyza huidobrensis* Blarichard (daños de alimentación de los adultos y el daño larval). La importancia de esta división es que, para el propósito de la respuesta del cultivo al daño, el tipo (a) permite el paso libre de la energía solar a través ya sea de los agujeros hechos en las hojas superiores o directamente hacia las hojas bajas remanentes cuando las hojas superiores han sido completamente eliminadas, mientras que para el tipo (b), cuando el paso de la energía solar a las hojas más bajas, que no fueron dañadas es inhibido y la energía solar es mayormente interceptada por los tejidos de la hoja necróticos o desprovistos de cloroplastos y por lo tanto fotosintéticamente inactivos.

Primero se considerará el daño de tipo (a) o sea aquel de perforaciones o eliminación completa de las hojas del tercio superior de la planta. De los cuatro experimentos principales que se efectuaron, en el primero el daño artificial consistió en eliminación de las hojas (por ejemplo Cranshaw and Radcliffe, 1980; Shields and Wyman, 1984; Mayea and Mendez, 1980) o perforación de la hoja (Wellik et al., 1981) en una etapa determinada del desarrollo del cultivo y en el segundo el daño artificial se mantuvo conti-

nuamente a través de todo el ciclo vegetativo (Cranshaw and Radcliffe, 1980) o parte de éste (Wellik et al., 1981). Una de las críticas más importantes al primer método se considera que la eliminación de hojas enteras o parte de ellas dentro de un período de un día no equivale verdaderamente al daño hecho por insectos bajo condiciones naturales. Similarmente, los insectos por lo general no se alimentan en solamente un estado de su desarrollo pero pueden permanecer activos a través de todo el ciclo del cultivo siguiendo un aumento inicial de la población. Por esta razón el segundo método simula más de cerca las condiciones naturales. Ambos métodos proporcionan buenas oportunidades de aprender sobre los mecanismos y la capacidad relativa de la planta de papa para compensar por pérdidas de área foliar y desde este punto de vista cumplen con su propósito. Sin embargo, los dos métodos restantes, uno de los cuales usa infestaciones naturales por insectos ya sea por períodos cortos (Hare, 1980, Ferro et al., 1983) o durante todo el ciclo del cultivo (Raman and Midmore, 1983), en los cuales la población del insecto es regulada a través de aplicaciones oportunas de insecticidas, este método tal vez proporciona una de las informaciones más confiables y aún si no mantienen los niveles de daño a niveles preestablecidos, ellos dan información referente al nivel de daño económico (Shields et al., 1985). En la práctica la combinación de todos estos métodos proporciona la información más útil (por ejemplo los estudios combinados de Shields and Wayman, 1984 y Shields et al., 1985).

A. DESPRENDIMIENTO COMPLETO DE LA HOJA

1. Desprendimiento artificial de hojas practicado en una sola oportunidad.

Todos los estudios de desprendimientos de hojas que se hacen una sola vez durante el cultivo de la papa, indican que el período más susceptible para la pérdida de área foliar es el período de formación de tubérculos, o el período que sigue inmediatamente. La habilidad del cultivo para compensar por pérdidas de área foliar antes o inmediatamente des-

pués de ese período crítico, dependerá principalmente de la interacción entre el grado de defoliación y la variedad. Por ejemplo el desprendimiento de 10 a 33% del área foliar practicado por Cranshaw and Redcliffe (1980) en la etapa inicial del cultivo no redujo significativamente la producción del tubérculo, sin embargo, la recuperación fue mayor en el clon de papa de maduración tardía. Los daños a la planta a mitad del ciclo vegetativo

del cultivo dio la reducción más grande de la cosecha y las defoliaciones que se practicaron después de la mitad del ciclo vegetativo del cultivo tuvieron mínimos efectos. Cuando el desprendimiento de hojas se concentró en la mitad superior de la planta la reducción en la cosecha fue más grande que cuando se desprendieron las hojas de la mitad inferior de la planta. Las hojas más jóvenes son fotosintéticamente más eficientes que las hojas viejas de la parte baja, por lo tanto el desprendimiento de la primera ocasionará reducción más grande en las proporciones de asimilación que el desprendimiento de las últimas. El desprendimiento de las hojas más bajas podría beneficiar el desarrollo del cultivo ya que si ellas están muy sombreadas ellas contribuirán poco o serán un componente negativo en el desarrollo del cultivo. Ciertos insectos muestran preferencias por determinadas partes del cultivo para alimentarse. Por ejemplo el daño del escarabajo de la papa del Colorado tiende a concentrarse en las hojas superiores, por lo tanto las reducciones en la cosecha serían más grandes que aquellos daños producidos por otros insectos que muestren un hábito de alimentación uniforme como por ejemplo el medidor de col.

Tanto la preferencia de un insecto para alimentarse de una parte específica de la planta como la distribución de éste dentro del cultivo, tienen consecuencias en la compensación (en términos de formación de nuevas hojas y producción de tubérculos). De producirse el daño por insectos en plantas individuales al comienzo de la estación esto originará compensación (por ejemplo, el 33% de defoliación del área foliar total efectuado por el desprendimiento del 66% del área de hojas de plantas alternas efectuados 39 días después de la siembra produjo el 93% de producción, con respecto al control, en el estudio de Cranshaw and Radcliffe (1980) contra 98% de la producción, con respecto al control, si la defoliación fue uniforme del 33% para todas las plantas), sin embargo concentraciones altas de daños por insectos en el período crítico produjo una reducción mayor en la cosecha (78% de producción, con relación al control, cuando el 66% de la de-

foliación se hizo en plantas alternas 66 días después de la siembra, contra 94% de la producción, con relación al control, cuando la defoliación fue uniforme al 33% por planta). Resultados similares podrían obtenerse fácilmente si se considera la distribución natural de *Epicauta* spp. y *S. eridania* dentro del cultivo de la papa.

Otro hecho común en los estudios que se hacen con una sola defoliación fue la reducción no proporcional de la producción de tubérculos después de la defoliación. Por ejemplo, aun en los casos de defoliación más severa (75% en la época de máxima floración) en el estudio de Shields y Wyman (1984) produjo una reducción en la cosecha de solamente 25% hecho que está indicando la marcada capacidad de la planta de papa para compensar pérdidas de su área foliar. Sin embargo, lo que no se ha investigado es cómo ocurre tal compensación. ¿El área foliar remanente fotosintetiza en una mayor proporción? ¿La planta invierte una mayor proporción de sus hidratos de carbono en la materia seca de la hoja? ¿La planta trasloca material almacenado o hidratos de carbono estructurales a los tubérculos en crecimiento?, o, ¿Qué es lo que pasa? Se harán algunas explicaciones alternativas y se relacionarán con estados específicos del crecimiento en una sección posterior de este artículo.

2. Desprendimientos artificiales de hojas practicados en varias oportunidades

La defoliación artificial repetida simula muy de cerca la reducción del área foliar causada por los insectos. Los resultados de 2 investigaciones (Cranshaw y Radcliffe, 1980; Welik et al., 1981) sugieren que la defoliación repetida de hasta 30% del área foliar efectuada en un período de 4-6 semanas, durante el período crítico, no redujo la cosecha en un nivel significativo. Mientras que defoliaciones del 50 a 59% practicadas durante el mismo período, redujeron la cosecha significativamente en 14 y 36.8%, respectivamente. Así como las defoliaciones hechas en forma individual influyen en la cosecha, así también lo hacen las defoliaciones repetidas. Un efecto benéfico inicial de la defoliación

consistente en un estímulo de la producción podría ser compensado más tarde por un efecto detrimental, dando como resultado una producción de tubérculos poco diferentes de la del testigo (como se pudo observar en los dos experimentos que se mencionaron anteriormente en donde se practicó una defoliación del 30%).

Un hecho que se repite con frecuencia de los experimentos ya citados fue la carencia de disminución en la cosecha debido a las defoliaciones que se practican en la última parte del período vegetativo. Información obtenida de experimentos en producción de semillas en los cuales se efectuó una eliminación total del follaje o secado del mismo para prevenir la transmisión de virus por ácidos estaría confirmando también que la intercepción de la luz en la última etapa del período vegetativo no siempre es benéfica en términos de producción de tubérculos. Particularmente bajo condiciones de clima cálido, a medida que el follaje envejece, el desarrollo de tubérculos se mantiene a través de hidratos de carbono producidos por el tejido todavía activo e hidratos de carbono que son reubicados a medida que se produce la descomposición de los tejidos de las hojas y tallos. De esta manera, y como a menor radiación interceptada por el follaje más radiación es transmitida al suelo, el resultado es un calentamiento y un aumento en pérdidas de materia seca del tubérculo causado

por un incremento de la actividad respiratoria. Una vez que se produce el desbalance entre las hojas, que son el lugar de producción de los hidratos de carbono, y los tubérculos que se encuentran en desarrollo, esto afecta el peso seco de estos últimos, teniendo entonces que procederse a la cosecha.

Cualquier reducción en el área foliar de una planta de papa que se efectúe antes del "punto de compensación", probablemente resultará en un aumento de redistribución de hidratos de carbono de los tallos y las hojas a los tubérculos. Sin embargo, todavía no se han efectuado estudios definitivos sobre este particular.

Nuestros resultados indican que bajo algunas circunstancias, pero no todas, la pérdida del área foliar que se produce en una etapa cercana a la madurez del cultivo no podría reducir la cosecha. En Yurimaguas, un área caliente desfavorable para el cultivo de la papa (régimen de temperatura de noche/día es de 20°/30° C) una defoliación completa, en donde solamente se dejaron los tallos, practicada a los 50 ó 65 días después de la siembra, (dds) produjo una reducción significativa en la cosecha cuando se comparó con la parcela de testigo cosechada 75 dds (Tabla No. 2). El contenido de materia seca de los tubérculos fue también reducido significativamente por el tratamiento de 50 dds. En San Ramón un área de clima templado (17°/29° C) se observaron diferencias en la respuesta a la

TABLA No. 2

EFFECTO DE DEFOLIACION PRACTICADA A LOS 50 o 65 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA EN LA PRODUCCION DE TUBERCULOS (PESO FRESCO EXPRESADO EN g/PLANTA) Y PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN TUBERCULOS COMPARADOS CON UN TESTIGO COSECHADOS 75 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA (PROMEDIO DE 8 CLONES), YURIMAGUAS, 1984

	Control	50 días	65 días	Error estándar de la diferencia entre dos promedios.
Peso de tubérculos	170.7	92.3	125.0	15.8
Porcentaje de materia seca	14.58	12.56	14.39	0.48

TABLA No. 3

PRODUCCION DE TUBERCULOS Y OTROS PARAMETROS OBTENIDOS DE 4 CLONES SOMETIDOS A ELIMINACION DEL FOLLAJE (EF) Y DEFOLIACION (DF) A LOS 71 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA COMPARADO CON UN TESTIGO (C) COSECHADO A LOS 89 DIAS. SAN RAMON, JUNIO-AGOSTO DE 1984

	LT-2			DTO-33			Desiree			Tomasa Condemayta		
	C	DF	EF	C	DF	EF	C	DF	EF	C	DF	EF
Peso de tubérculos (g/planta)	439	437	371	492	415	419	644	532	651	635	498	623
Porcentaje de tubérculos > de 3,5 cm de diámetro (expresado en peso)	90.0	82.8	85.9	75.9	83.9	75.5	91.8	81.5	87.7	77.5	72.7	81.7
Peso seco de tubérculos (g/planta)	61.1	66.4	61.1	83.5	70.7	64.3	98.9	81.4	104.8	137.4	107.4	109.1

defoliación entre variedades (Tabla No. 3). Para el cultivar LT-2 la redistribución de hidratos de carbono de tallos a tubérculos aparentemente mantuvo el desarrollo de los mismos y no hubo diferencias con el control en la producción de tubérculos, mientras que para el cultivar DTO-33 hubo una compensación incompleta en las plantas que fueron defoliadas y la producción de tubérculos fue intermedia cuando se comparó al control o a las plantas que fueron totalmente defoliadas. Para los otros dos cultivares, la producción de tubérculos fue similar o menor en plantas que sufrieron el tratamiento de defoliación y las plantas que fueron totalmente defoliadas; en el cultivar Desiree la defoliación podría haber ocurrido después del "punto de compensación" y para el cultivar Tomasa Condemayta aparentemente no se produjo compensación alguna. La intercepción de radiación por las hojas verdes durante la etapa final de desarrollo del cultivo podría ser mínima (Tabla No. 4) destacando la baja contribución de la distribución de hidratos de carbono al crecimiento de los tubérculos. Información obtenida en Lima durante el verano (18°/28°C) también indica la poca importancia de la radiación inter-

ceptada en la última etapa del cultivo (Tabla No. 4). La producción de tubérculos alcanzó un máximo 70 dds y la radiación interceptada a partir de esta fecha no aumentó la producción de tubérculos. La defoliación practicada entre los 60 y 70 dds redujo la producción significativamente cuando se comparó con las cosechas efectuadas en el mismo experimento a los 80 ó 89 dds. La disminución que se observa en las cosechas de los 80 y 89 dds puede deberse a pérdidas de materia seca de los tubérculos ocasionada por el calentamiento que se obtiene al exponer los tubérculos en el suelo a la radiación solar.

La influencia de defoliaciones efectuadas en la última parte del período vegetativo podría por lo tanto depender en gran parte de las condiciones ambientales y el vigor general de las plantas, respuestas varietales, y en la frecuencia de la defoliación practicada por los insectos.

3. Desprendimiento natural de hojas practicado en una sola oportunidad

Las defoliaciones controladas en un estado de crecimiento específico efectuadas por ma-

TABLA No. 4

INFLUENCIA DE LA FECHA DE COSECHA Y LA DEFOLIACION EN LA PRODUCCION DE TUBERCULOS Y LA INTERCEPCION DE ENERGIA EN a) SAN RAMON Y b) LIMA, 1985

a)	Fecha de la cosecha (dds)						
	64	76	88	EED ¹			
Peso de tubérculos (t/há ¹)	15.31	18.37	-19.47	1.05			
Energía solar interceptada (Mj M ⁻²)	232.8	276.6	283.8	12.2			
b)	Fecha de la cosecha (dds) y tratamientos de defoliación						
	60	60H ²	70	70H ²	80	80	EED ¹
Peso de tubérculos (t/há ¹)	17.51	18.75	29.87	25.76	29.07	28.39	2.62
Energía solar interceptada (Mj m ⁻²)	544.7	544.2	720.2	711.4	740.6	746.7	27.8

1 Error estándar de la diferencia entre dos promedios.

2 El número seguido por la letra H indica que solo se removieron hojas en esa oportunidad.

nipulación de la población de un insecto proporciona una cuantificación más realista de las respuestas de las plantas y de los mecanismos compensatorios, a la reducción del área foliar. Las plantas de papa fueron sometidas a períodos de defoliación (de dos semanas cada uno) por el escarabajo de la papa de Colorado en el estudio de Hare (1980), y el porcentaje de reducción en la cosecha fue comparado en una regresión contra el porcentaje del área foliar remanente al final de cada período. La extrapolación de la línea de regresión al eje de las "y" dió un estimado de la producción bajo condiciones de una defoliación completa, y se estimó una reducción en la producción de hasta 64% durante el período crítico (35-50 días después de la emergencia), lo cual coincidió con aquellos estudios de defoliación artificial. Defoliaciones por períodos mayores fueron investigadas por Ferro et. al. (1983) trabajando también con el escarabajo de la papa de Colorado. Los daños causados en la parte inicial del período vegetativo que alcanzaron hasta 40% del área foliar no disminuyeron la cosecha hasta los 55 dds

siempre y cuando los insectos fueran controlados en la etapa posterior. No obstante, las defoliaciones naturales de un 25% del área foliar durante el período crítico (43-57 dds) en el primer año disminuyó la producción en más de 50%, mientras que en otro año, cuando el vigor general de las plantas fue mejor, el mismo tratamiento no disminuyó la producción de tubérculos. El resultado obtenido en el segundo año confirma la necesidad para expresar los tratamientos de defoliación como valores reales de área foliar (o aun mejor, como la reducción de la interceptación de energía solar), y no como porcentaje de defoliación, ya que se generan interferencias como las mencionadas debido al desarrollo, área foliar y a la interceptación de la energía solar de las parcelas que se usan como testigo.

4. Desprendimiento natural de hojas practicado en varias oportunidades

En el estudio de Raman y Midmore (1983) se hizo un seguimiento en parcelas en las cuales se tuvo un directo control sobre la

producción, el área foliar y la población de *Diabrotica* spp., por medio de aplicaciones con insecticidas. En uno de los experimentos, con valores del índice de área foliar máximo de 3.8 a 2.4, de defoliación producida por *Diabrotica* spp., no redujo significativamente la producción de tubérculos (23.0 vs. 21.2 t/ha) mientras que en otro experimento, la producción fue inversamente correlacionada al porcentaje del daño foliar promedio de toda la estación ($r = -0.985$, $P = 0.02$).

En todos los experimentos ya mencionados, en los cuales se practicó desprendimientos de hojas o parte de las hojas ya sea en forma artificial o natural, se obtuvo como resultado que el área foliar de las parcelas de los testigos sobrepasó el valor¹ necesario para producción máxima, o las plantas fueron capaces de compensar por la pérdida del área verde de la hoja. No hay información disponible para determinar de que manera se produjo la compensación; en estos experimentos no se realizaron observaciones detalladas sobre el análisis de crecimiento por lo tanto el patrón de redistribución de hidratos de carbono de acuerdo a la jerarquía de abastecimientos, ya sea a los puntos de crecimiento aéreos o a tubérculos en crecimiento son hasta la fecha desconocidos. Similarmente, estudios acerca de la intercepción de la luz y actividad fotosintética de hojas individuales o de todo el follaje como una unidad del cultivo defoliado que podría ayudar en la interpretación de los resultados, no fueron hechos.

B. DAÑOS EN LAS HOJAS

En esta parte se discutirán los tipos de daños que están relacionados con el aclaramiento de las hojas (por ejemplo los daños de *P. operculella* y *Liriomyza* spp.) o necrosis del tejido verde de las hojas (por ejemplo el daño de *Empoasca fabae*) o la remoción de hidratos de carbono por succión, con muerte directa del tejido de las hojas (por ejemplo el daño de *Myzus persicae*). La producción simulada o artificial de este tipo de daño no es práctica, por lo tanto la mayoría de experimentos que se han efectuado sobre este particular se hicieron controlando poblaciones de insectos por períodos específicos durante alguna etapa del desarrollo del cultivo (Pe-

titt y Smitowitz, 1982; Walgenbach y Wyman, 1985) o durante todo el ciclo vegetativo (Raman y Midmore, 1983, información sin publicar).

1. Períodos individuales de alimentación

En un experimento en el que se permitió a los áfidos alimentarse por tres períodos separados (aproximadamente igual a aquellos mencionados en la introducción) la producción de tubérculos fue severamente reducida cuando la alimentación de los áfidos se concentró en el período inicial de crecimiento de cultivo (Petitt y Smitowitz, 1982). Al final de ese período de alimentación las plantas infestadas tuvieron significativamente la mayoría de su materia seca total en las hojas y menos en los tallos que las plantas de la parcela testigo, y la producción final de peso fresco de tubérculos de las plantas infestadas que se mantuvieron libres de áfidos a partir de ese momento, fueron 40% menores que plantas del testigo no infestadas. La alimentación de los insectos durante el período de iniciación de la tuberización causó 51% menos de peso fresco de los tubérculos al final del período de alimentación pero, al final de la cosecha si estas plantas se mantuvieron libre de áfidos, inmediatamente después de la prueba, por medio de control químico, las plantas dañadas no produjeron diferencias significativas de las plantas del testigo en cuanto a número y peso de los tubérculos. A pesar de que la oportunidad para la redistribución de la materia seca al tejido de las hojas fue reducida (como se ha visto por la reducción en las hojas a la proporción de peso total) la infestación por áfidos que se produce en fechas posteriores fue menos efectiva en la reducción de producción de tubérculos ya que se produce alguna redistribución desde los tallos y tal vez de las hojas hacia los tubérculos. Por lo tanto, a pesar de la pérdida de habilidad para formar nueva área foliar suficiente para compensar aquella de las plantas no infestadas, la producción de tubérculos no se redujo significativamente cuando la infestación se produjo durante el período de iniciación de la tuberización y el período de engrosamiento de los tubérculos. Similarmente, infestaciones que se producen en la etapa final del período vegetativo y que

causan desprendimiento de las hojas no redujo significativamente la producción de tubérculos.

La sensibilidad de las plantas de papa al daño de alimentación del saltahojas de la papa en varios estados de crecimiento usando la inhibición de la fotosíntesis y producción de tubérculos como parámetros para medir el daño en la planta, fueron estudiados por Walgenbach y Wyman, (1985). La fotosíntesis de las hojas tomadas al azar de la parte superior del follaje de las plantas fue reducido por la infestación del insecto en todos los estados del crecimiento de la planta, pero el efecto fue más marcado en las parcelas que fueron infestadas durante los períodos de la floración y posteriores a la floración. Infestaciones producidas en la etapa inicial del período vegetativo fue seguida por la generación de un follaje nuevo mientras que lo mismo no fue posible para las infestaciones que se produjeron en la floración o posteriores a la floración, en las cuales el rebrotamiento compitió con el proceso de tuberización. La producción de tubérculos de la variedad superior, que es de corto período vegetativo, reflejó muy de cerca la reducción en la proporción relativa de la fotosíntesis, sin embargo la producción de tubérculos de un cultivar tardío como la Russet Burbank a pesar de que presentó un patrón similar no presentaron diferencias entre tratamientos.

2. Períodos repetidos de alimentación

En experimentos en los cuales la infestación por insectos es fácil de obtener durante todo el período vegetativo del cultivo, le permiten al investigador basarse en la creación de infestaciones artificiales o de infestaciones naturales. La información que sigue a continuación fue obtenida bajo condiciones naturales de infestaciones en el campo (Raman y Midmore, 1983). El daño del minado causado por la palomilla de la papa (*P. operculella*) redujo el área foliar y la producción hasta un 50% y la reducción en la producción de tubérculos fue inversamente relacionada al promedio de daño en las hojas a través de todo el ciclo del cultivo ($r = -0.976$, $P = 0.03$).

Debido a que la plaga estuvo presente durante todo el ciclo vegetativo, la oportunidad para compensar fue menor que aquella obtenida en estudios en los cuales se permitió períodos cortos de daño o los desprendimientos de hojas fueron seguidos por períodos favorables para el desarrollo de la planta (ausencia de insectos en general). Para un determinado porcentaje de pérdida de área foliar, la compensación en las plantas durante la infestación por insectos que poseen un hábito de alimentación no preferencial (ej. el minado de la palomilla de la papa) debería ser más grande que aquel daño que se concentra en las partes superiores (ej. el daño del saltahojas) ya que las hojas superiores son la fuente principal de hidratos de carbono para el desarrollo del cultivo.

A continuación se presentará información acerca de la influencia del patrón de alimentación de la mosca minadora de la papa (*L. huidobrensis*) en el cual la mayor parte del daño causado por las larvas está concentrado en las hojas inferiores a pesar de que el daño de alimentación de los adultos también es evidente en las hojas superiores. En Lima, Perú, se ha investigado la respuesta de la planta de papa al daño de la mosca minadora en varios experimentos efectuados en un período de 4 años. En el primer año se utilizaron varios insecticidas foliares para el control del daño de la mosca minadora (MM) en el cultivar susceptible de papa Revolución, en combinación con o sin aplicación de insecticida granulado (Temik) al suelo; y con o sin un atrayente (proteína hidrolizada) para los adultos de la MM. Solamente cuando se aplicó el atrayente el Temik aumentó la producción de tubérculos (Tabla 5). Los insecticidas foliares fueron igualmente efectivos en incrementar la producción en presencia o ausencia del atrayente pero aparentemente fueron más eficientes cuando no se aplicó Temik (Tabla 5). El análisis del crecimiento fue efectuado solamente en parcelas aplicadas con el atrayente y comenzaron 56 dds. La duración del área foliar (DAF) (que es el integral del índice del área foliar sobre el tiempo) desde esa fecha hasta la fecha de la cosecha fue menor (5.5%) en el testigo que en las parcelas aplicadas con Temik. Este valor fue demasiado pequeño para explicar las

TABLA No. 5

PRODUCCION DE TUBERCULOS (a) PESO FRESCO EN g m⁻² Y
 b) g planta⁻¹ EN PLANTAS DE PAPA SOMETIDAS A APLICACIONES
 DE INSECTICIDAS AL FOLLAJE (FOLIAR) Y AL SUELO
 (GRANULADO), Y A LA INFLUENCIA DE UN ATRAYENTE
 PARA LA MOSCA MINADORA. LIMA, 1982

a) Atrayente		+					-				
		N2	D ²	V ²	V+D ²	X ²	N	D	V	V+D	X̄
Foliar	+	18.72	25.56	20.61	24.66	22.39	20.55	27.57	23.09	25.23	24.11
Granulado	-	15.78	19.78	13.91	18.37	16.96	18.06	25.55	20.76	25.22	22.40
b)											
Granulado	+	518.9	690.0	556.5	660.0	605.3	562.4	744.5	623.5	696.2	656.6
	-	426.2	534.0	387.7	496.0	461.0	503.6	773.0	612.4	763.5	663.1

1 Atrayente = Proteína hidrolizada.

2 N = Sin insecticida, D = Decis, V = Vydate, V+D = Vydate + Decis X = Promedio.

diferencias obtenidas en la producción de tubérculos (18.6%). Las proporciones de crecimiento en los períodos de 56-84 dds fueron más altas para las parcelas aplicadas con Temik (2.418 vs. 2.082 g planta⁻¹ día⁻¹) y el peso de los tallos fue menor al final del período para las parcelas del testigo. Este hecho es un índice de una mayor eficiencia de crecimiento en las parcelas aplicadas con Temik y una mayor redistribución de hidratos de carbono a los tubérculos en las parcelas del testigo. De los insecticidas foliares, Decis, fue más efectivo que Vydate en incrementar la producción de tubérculos, particularmente debido al mantenimiento del área foliar en la última parte del período vegetativo del cultivo.

En ese mismo año se realizó otro experimento en el cual se usaron 3 cultivares de papa en combinación con o sin aplicación de un insecticida foliar para el control de la MM. Los 3 cultivares dieron respuestas diferentes a la aplicación del insecticida (Tabla 6). La información acerca del número de hojas y el índice del área foliar indican que para los cultivares Revolución y Tomasa Condemayta ambos atributos se mantuvieron en el ni-

vel más alto en las parcelas que recibieron aplicaciones del insecticida, la proporción de crecimiento de los tubérculos en las parcelas sin insecticida no disminuyó sino a medida que lo hizo el área foliar (Figura 1), indicando que las hojas de remplazo remanentes por aquellas pérdidas (esto es muy probable debido a que la mayoría de las hojas perdidas fueron hojas inferiores) y que la redistribución de las reservas almacenadas en tallos y otros hidratos de carbono que se remozan de las hojas viejas, compensaron por la pérdida destinada a los tubérculos en crecimiento. El peso seco de los tallos del cultivar Revolución que no recibió insecticida declinó 74 dds, lo que es una evidencia de una posible redistribución de hidratos de carbono de los tallos a los tubérculos en crecimiento, sin embargo, en el cultivar Tomasa Condemayta el peso seco de los tallos disminuyó 104 dds, tanto en el control como en las parcelas aplicadas con insecticida. Si todo el peso seco perdido por los tallos fuera redistribuido para el desarrollo de tubérculos en los períodos 64-94 dds y 94-104 dds respectivamente para los cultivares Revolución y Tomasa Condemayta, la producción de tubérculos se beneficiaría en 74 g m⁻² y 396 g

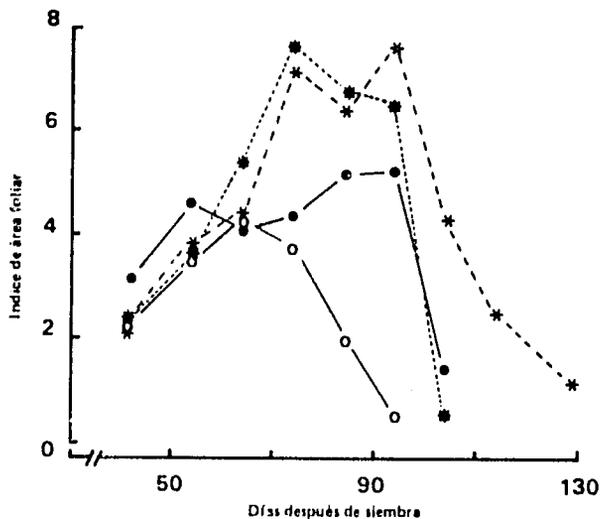


Figura 1. - Influencia de variedad e insecticida sobre progresión de índice de área foliar (Revolución con ●—● y sin ○—○ insecticida, Tomasa Condemayta con *—* y sin *—* insecticida).

m^{-2} respectivamente. La compensación correspondiente, debido a la redistribución de materia seca de las hojas sería 119 y 185 g/m^2 , en total y 20% de la materia seca que representa el 9.65 y 29.05 t/ha^{-1} de peso fresco de los tubérculos. Promediando cada uno de estos valores proporcionaría un valor más real (Johnson et al., 1986) dando como resultado contribuciones de 4.8 y 14.5 t/ha^{-1} . Los incrementos actuales en peso fresco de los tubérculos en el mismo período fueron 18.03 y 9.22 t/ha respectivamente, por lo

tanto, para el cultivar Revolución la redistribución sería insuficiente para producir una proporción de crecimiento de los tubérculos mientras que en el cultivar Tomasa Condemayta sí es suficiente. La producción de tubérculos de las parcelas control del cultivar Revolución fue de 71.4% con relación a las parcelas que recibieron el insecticida y la DAF fue solamente del 56.8%, por lo tanto, la redistribución de hidratos de carbono probablemente desempeñó un papel importante en el mantenimiento de la proporción de cre-

TABLA 6
PRODUCCION DE TUBERCULOS (PESO FRESCO EXPRESADO EN $g m^{-2}$ DE 3 CULTIVARES DE PAPA CON (+) O SIN (-) APLICACION FOLIAR DE INSECTICIDAS, LIMA 1982

Cultivar	Insecticida	Peso de Tubérculos
Revolución	+	2576
	-	3608
Cuzco	+	2385
	-	4293
Tomasa	+	2498
Condemayta	-	3798
Error estandar de la diferencia	INS.	171
	CULT.	NS
	CULT. + INS.	245

TABLA 7
INFLUENCIA DE UN ATRAYENTE Y DE LAS APLICACIONES DE
INSECTICIDAS AL FOLLAJE (FOLIAR) Y AL SUELO (GRANULADO),
EN LA PRODUCCION DE TUBERCULOS EN EL CULTIVAR.
REVOLUCION, LIMA, 1983

Atrayente	+		-	
	+	-	+	-
Foliar	690	404	811	502
Granulado	728	327	666	482
Promedio	Granulado 602*	Foliar 724*		
	551	429		

cimiento de los tubérculos previniendo de esta manera pérdidas en la producción equivalentes a las pérdidas en DAF. Valores del índice de cosecha (IC = equivale al peso de los tubérculos en relación al peso seco total de la planta) más grandes se obtuvieron en plantas que no recibieron el insecticida a los 84 y 94 días. En contraste la producción de las parcelas del control del cultivar Tomasa Condemayta fue de 65.8% con relación a las parcelas que recibieron insecticida, mientras que la DAF fue del 82.1%, por lo tanto, la necesidad para distribución de hidratos de carbono en Tomasa Condemayta fue mucho menor (y el IC fue constante en las parcelas de control y la que recibió insecticida), a pesar de que la habilidad para mantener el desarrollo de los tubérculos, si fuera necesario con la redistribución de hidratos de carbono, fue más grande en este cultivar.

En estos 2 primeros experimentos no se mantuvo un registro acerca de la intercepción de la luz. En los años siguientes esta información fue tomada en cuenta y ayudó notoriamente en la interpretación de las diferencias entre los tratamientos.

En una repetición de los experimentos de los años anteriores (con/sin insecticidas aplicadas al suelo, con/sin insecticidas foliares y

con/sin un atrayente para la MM), los resultados en la producción confirmaron los resultados del año anterior en el sentido que los insecticidas fueron más efectivos en presencia del atrayente (Tabla 7). La proporción de tubérculos de tamaño comercial (mayores de 3.5 cm. de diámetro) fue particularmente sensitiva a la ausencia de los insecticidas foliares, en presencia del atrayente (89.8% vs. 93.1-94.4%, con un error estándar de la diferencia de 1.16%).

El aumento en la producción debido a la aplicación de Temik fue proporcional al aumento de la proporción de luz a través de toda la estación del cultivo (9.2 y 10.9%) de la manera como se incrementó la producción cuando el atrayente estuvo ausente (14.5 y 16.4%) sin embargo, la aplicación de insecticida foliar a pesar de que mejoró la intercepción de luz en 91.8% también mejoró la producción de tubérculos en un 68.8%. Por lo tanto, en este caso o se produjo una intercepción excesiva de la luz en las parcelas con insecticida (esto sería improbable ya que la cobertura del follaje del cultivo no sobrepasó el 80%) o la eficiencia del uso de la luz y la distribución de la materia seca a los tubérculos fue más grande en las parcelas que no tuvieron insecticida foliar. La materia seca de los tubérculos de una parcela por efecto de la radiación interceptada pro-

porciona una idea acerca de la eficiencia del crecimiento de los tubérculos, (la integral de la eficiencia del crecimiento total y el índice de cosecha) y los valores para parcelas sin insecticidas fueron más grandes (proporción de asimilación de la fotosíntesis = $1.8 + 0.6 \text{ g MJ}^{-1}$) que con los insecticidas foliares (proporción de asimilación de la fotosíntesis = $1.1 + 0.5 \text{ g MJ}^{-1}$). Por lo tanto la producción de tubérculos no se redujo de acuerdo a lo esperado según la información proporcionada por la intercepción de energía de la luz.

En 1983 se repitió nuevamente el experimento de variedades más insecticidas. La producción de tubérculos fue más aumentada por la acción de los insecticidas en los cultivares Tomasa Condemayta y Cuzco que en el cultivar Revolución, sin embargo, la interacción no fue significativa (Tabla 8). La interacción de la proporción de tubérculos de tamaño comercial y número de tubérculos por m^2 fue significativa, siendo mayor el aumento para Tomasa Condemayta que para los otros dos cultivares. La intercepción de la luz fue más grande en las parcelas tratadas con insecticida (Tabla 8); a partir de los 60 dds el aumento en cobertura del cultivo fue notablemente reducida en las parcelas que

no tuvieron aplicaciones de insecticida (Figura 2). La cobertura del cultivo de las parcelas control a pesar de que fueron ligeramente menores que aquellas de las parcelas con insecticidas al comienzo del período vegetativo, no aumentaron después de los 63 dds a pesar de que mostraron área foliar y peso de hoja por planta hasta los 76 dds similares a las parcelas que recibieron insecticida (Figura 3). Las larvas de MM, por lo tanto, deben haber comenzado a dañar las hojas de la parte superior por esa época. Es interesante mencionar que la proporción de disminución en la cobertura del cultivo con la reducción de área foliar por planta, en la última parte del período vegetativo de los 76-119 dds, fue similar en las parcelas de insecticidas y del testigo (Figura 4). El peso seco total y el peso seco de los tubérculos no mostraron diferencias entre las parcelas del control y las parcelas tratadas hasta los 75 dds y a partir de esta fecha la proporción de crecimiento total y la proporción de crecimiento de los tubérculos de las parcelas tratadas sobrepasó aquellas de las parcelas testigo (Figura 3). La inversión en materia seca de las hojas por parte de la planta había disminuído en las parcelas del control a los 90 dds y el aumento lineal en peso seco de los tallos disminuyó

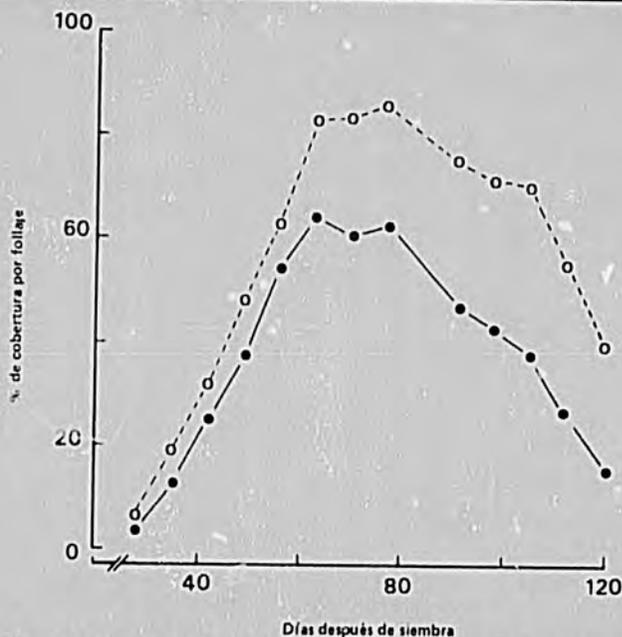


Figura 2. - Influencia de insecticida (\circ — \circ , con; \bullet — \bullet , sin) sobre cobertura por el follaje (promedio de 2 cultivares).

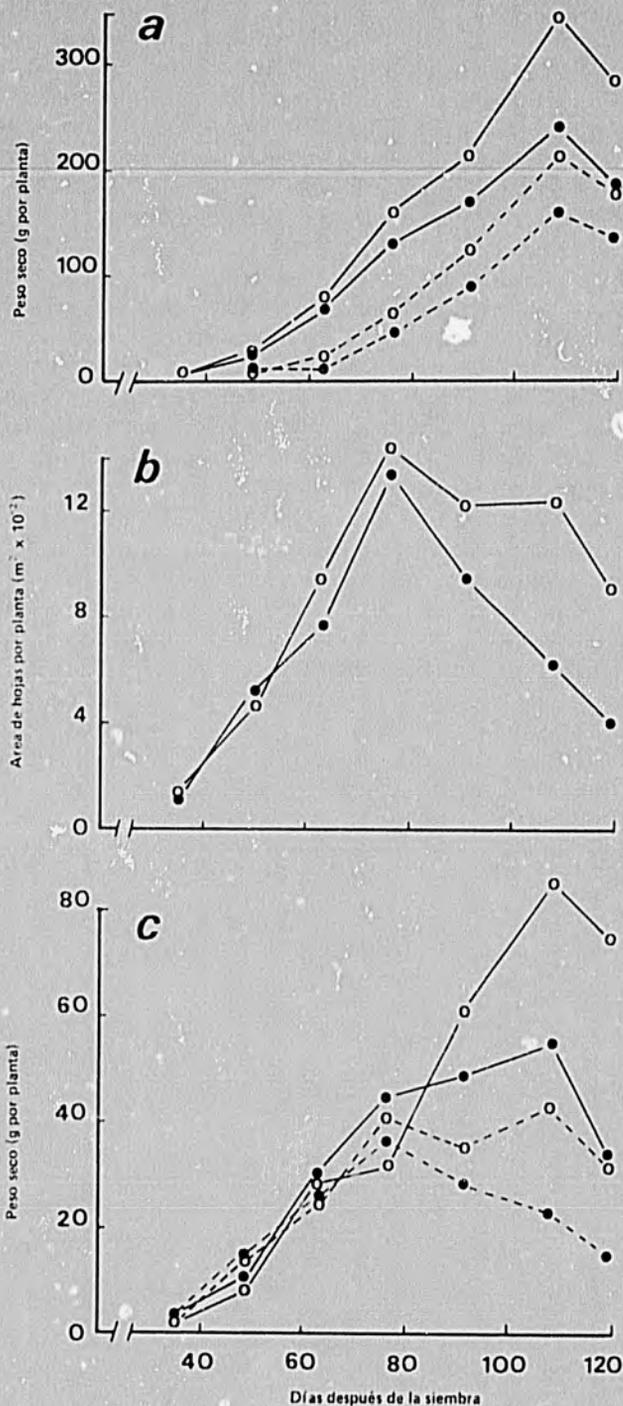


Figura 3.- Influencia de insecticida sobre:

a) Peso total (\circ — \circ , con; \bullet — \bullet , sin) y peso de tubérculos (\circ --- \circ , con; \bullet --- \bullet , sin insecticida).

b) Área de hojas por planta (\circ — \circ , con; \bullet — \bullet , sin).

c) Peso de tallos (\circ — \circ , con; \bullet — \bullet , sin) y peso de hojas (\circ --- \circ , con; \bullet --- \bullet , sin).

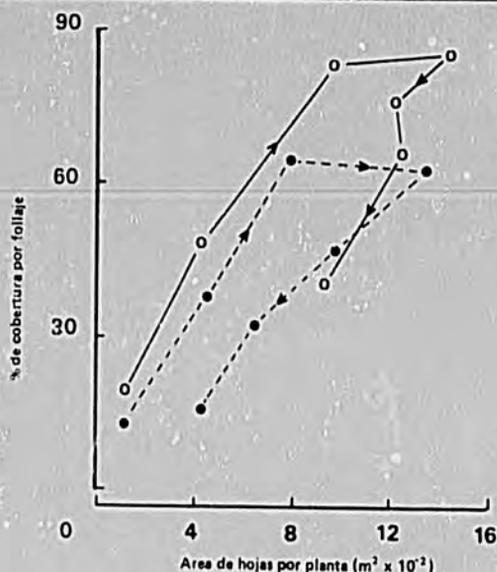


Figura 4.- Relación durante tiempo entre % cobertura y área de hojas por planta (promedio de 2 cultivares). ○ — ○ con; ● — ● sin insecticida.

en contraste con el de las parcelas con insecticidas. La producción de tubérculos alcanzó un máximo a los 108 dds y a partir de esta fecha disminuyó en ambos tratamientos. La eficiencia del crecimiento del cultivo (g de materia seca de la planta por MJ de radiación interceptada) varió para cada cultivar durante todo el período vegetativo (Figura 5), este valor fue más grande para el cultivar Revolución sin insecticida que aquel obtenido de las parcelas con insecticida al final del cultivo, mientras que una figura inversa se obtuvo para el cultivar Tomasa Condemayta. La eficiencia del uso de la luz aparente (calculada como materia seca de tubérculos en g por MJ de energía de la luz interceptada, obtenida de los datos mostrados en la Tabla 8) fue más grande en las parcelas que no fueron aplicadas con insecticida que en las parcelas que sí recibieron insecticidas del cultivar Revolución (0.607 vs. 0.501), mientras que lo inverso se obtuvo para el cultivar Tomasa Condemayta (0.391 vs. 0.495). Por lo tanto, la pérdida en intercepción de luz causada por el daño de MM (28%) en el cultivar Revolución no fue proporcional a las pérdidas en la producción de tubérculos (11%), lo que estaría indicando la presencia de un mecanismo de compensación. El índice de cosecha de las parcelas aplicadas con

el insecticida y las de control fueron similares, y aparentemente las plantas de la parcela testigo no reinvertieron en la elaboración de nuevas hojas, por lo tanto, la proporción de crecimiento de los tubérculos se mantuvo ya sea por la redistribución de hidratos de carbono desde los tallos o las proporciones de fotosíntesis aumentaron en las partes intactas de las hojas dañadas. Para el cultivar Tomasa Condemayta la producción final de tubérculos se redujo más (51%) de lo esperado de acuerdo a la reducción en la intercepción de la luz (37%).

La más grande eficiencia de crecimiento en el cultivar Revolución sin insecticida, podría ser una respuesta a la reducción del área foliar, sin embargo, el aumento de eficiencia en el crecimiento de los tubérculos (materia seca del tubérculo en g por MJ de energía de luz interceptada) no correspondió a aquellas del crecimiento total, probablemente debido a que la redistribución de hidratos de carbono no jugó un rol importante en el crecimiento más eficiente de los tubérculos. Para el cultivar Tomasa Condemayta, usando información del análisis del crecimiento (Figura 5) la eficiencia de crecimiento de los tubérculos fue más grande en las parcelas sin insecticidas, a pesar de que la eficiencia de

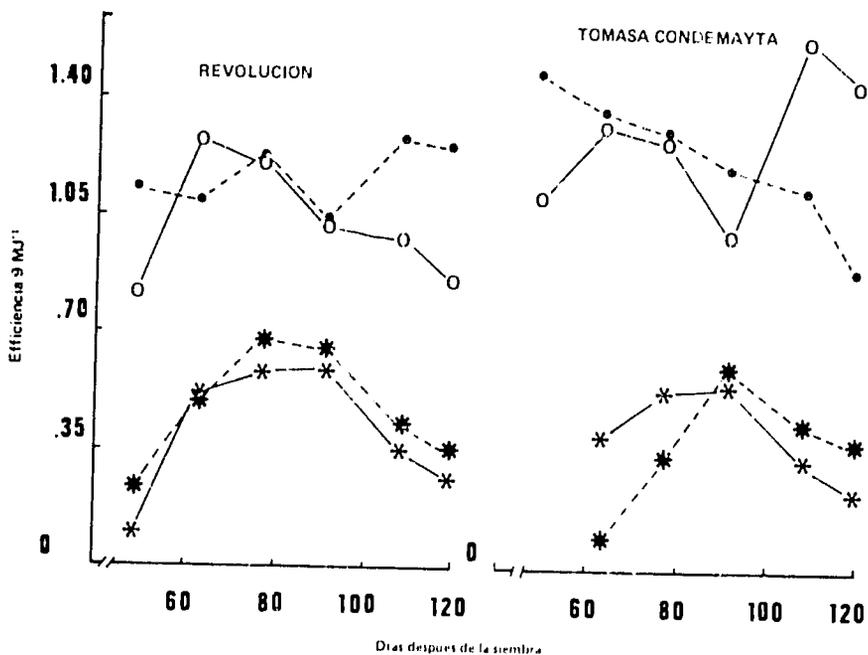


Figura 5.- Influencia de variedad y tratamiento de insecticida sobre la eficiencia de crecimiento total (○—○, con; ●—●, sin) y de tubérculos (*—*, con; *---*, sin) por 2 cultivares.

TABLA 8
RESPUESTA VARIETAL A LAS APLICACIONES DE INSECTICIDAS AL FOLLAJE, EXPRESADOS EN PESO FRESCO DE TUBERCULOS ($g\ m^{-2}$), LA PROPORCION DE TUBERCULOS DE TAMAÑO COMERCIAL ($> 3.5\ cm.$ DE DIAMETRO), NUMERO DE TUBERCULOS Y RADIACION SOLAR INTERCEPTADA ($MJ\ m^{-2}$)

Cultivar	Insecticida	Peso	%Tubérculos Comerciales	Número de Tuberculos/ m^2	Radiación Solar Interceptada
Revolución	+	2894	88.95	46	1004
	-	2593	90.05	44	726
T/Condemayta	+	2968	88.75	53	1002
	-	1449	78.99	35	631
Cuzco	+	3805	90.00	56	a
	-	2698	88.59	46	a
SFD.	INS.	***	ns	*	
	VAR.	*	*	*	
	I x V	ns	*	*	

^aSin información.

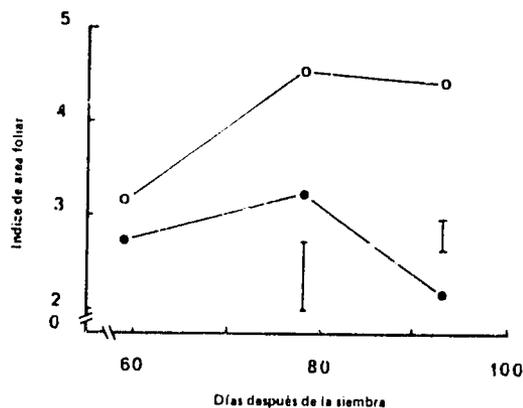


Figura 6. - Influencia de insecticida (○ — ○, con; ● — ●, sin; promedio de 3 cultivares: sobre el índice de área foliar. La barra representa error estandar de la diferencia.

crecimiento total fue más grande en la parcela con insecticida. La redistribución de hidratos de carbono en este cultivar no pudo compensar completamente por la menor eficiencia total de crecimiento y la producción de tubérculos fue por lo tanto menor de lo esperado juzgando por la intercepción de energía de luz.

En 1984 se sembraron otra vez los cultivares Revolución, Tomasa Condemayta y Cuzco con y sin control de MM. La producción promedio de tubérculos se mejoró significativamente de 25.15 a 32.81 t ha⁻¹ (30.5%) y a pesar de que no se alcanzaron niveles significativos, los cultivares respondieron de manera diferente con un aumento de la producción de 44% para Revolución y Cuzco y un 12% para el cultivar Tomasa Condemayta. La acumulación de materia seca de los tubérculos expresados en una base diaria fue también más grande que en las parcelas con insecticidas (6.139 vs. 4.498 g m⁻² día⁻¹) indicando que las mejoras en la producción en las parcelas que recibieron insecticidas no fue una respuesta completamente dependiente del ligero alargamiento del período vegetativo obtenido con el testigo de MM con insecticidas.

Para la mayoría de las otras características la interacción entre los tratamientos y los cultivares no fue significativa, por lo tanto, la información posterior se presenta como promedio de los tratamientos sobre los cultiva-

res. La cobertura de las plantas de las parcelas control comenzaron a diferenciarse significativamente de aquellas de las parcelas con insecticidas a los 70 días (Figura 2), y a partir de esta fecha la cobertura del cultivo y la radiación interceptada fueron menores en las parcelas del control. Esto se reflejó en los valores obtenidos del IAF (Figura 6) y es interesante mencionar como a medida que avanza el cultivo en edad, la intercepción de la luz permanece proporcional al IAF (en contraste al año anterior) además de la mayor intercepción de luz en las parcelas que recibieron insecticidas, la eficiencia de su conversión a materia seca total se incrementó ($b = 2.697 \pm 0.330$ vs. $b = 1.781 \pm 0.264$ g MJ⁻¹ para las parcelas con insecticida y el control sobre la duración de la emergencia hasta los 96 días) al igual que la conversión de la materia seca del tubérculo ($b = 2.43 \pm 0.25$ vs. 2.0 ± 0.22 g MJ⁻¹ respectivamente). Separando las eficiencias sobre la base de los cultivares, es evidente que la eficiencia de crecimiento total a los 93 dds fue más grande en las parcelas con insecticidas por 19.3, 37.9 y 91.4 respectivamente por los cultivares Revolución, Tomasa Condemayta y Cuzco y 0, 15.7 y 44.4% respectivamente para la eficiencia en el crecimiento del tubérculo. La materia seca total por planta no fue significativamente diferente hasta los 93 dds, sin embargo, a los 78 dds la producción de tubérculos por planta fue reducida en las parcelas del control, y los tallos, medidos

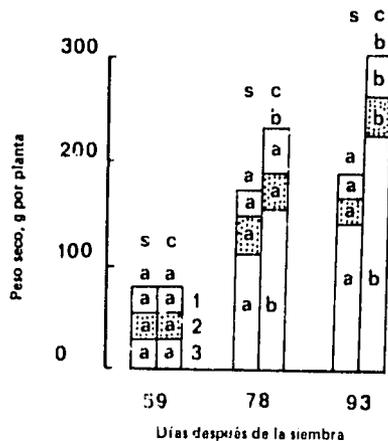


Figura 7. - Partición de materia seca entre 1-hojas, 2-tallos y 3-tubérculos sin (=s) o con (=c) insecticida. Promedio de 3 cultivares. Diferencias entre tratamientos son significativas cuando letras a, b son diferentes.

como una parte del peso seco total, fueron mayores en las parcelas sin insecticidas debido a la pérdida en peso seco de las hojas dañadas (Figura 7). Las hojas, como una parte del peso seco total, (entre los 59-93 dds) fue notablemente mejorada por la aplicación de insecticidas en el cultivar Revolución (28%) lo que no pasó en los cultivares Tomasa Condemayta y Cuzco. La máxima producción de tubérculos por planta fue alcanzada a los 92 días, por lo tanto, la radiación interceptada después de esa fecha no produjo ningún incremento en la materia seca. Esto sugeriría que las aplicaciones de insecticidas, después de esa fecha, fueron innecesarias y que el cultivo podría haberse cosechado en una fecha más temprana. La aplicación de insecticidas al comienzo del período vegetativo produjeron un incremento en la producción de tubérculos.

La reducción en la intercepción de la radiación (a los 93 dds) en las parcelas sin insecticida de cada uno de los cultivares varió de 24 a 26% mientras que la reducción de la producción, también a los 93 dds, varió de 31 a 46%. Para el cultivar Revolución, la reducción de la suma de la intercepción de la radiación y la eficiencia reducida del crecimiento total, igualó la reducción en la producción de tubérculos en las parcelas sin insecticidas. Para Tomasa Condemayta y en

una mayor proporción para el cultivar Cuzco, la producción de tubérculos no se redujo en la proporción indicada por la reducción de radiación interceptada y la eficiencia del crecimiento total. lo que estaría sugiriendo una relación curvilínea de valores que se diferencian entre la producción de material seco y total y la radiación interceptada en los tratamientos con y sin insecticidas.

Un experimento similar fue efectuado en 1985 con 2 de los 3 cultivares del experimento del año anterior y los tratamientos se sembraron a intervalos mensuales durante 4 meses. La producción se muestra en la Tabla 9. Las interacciones significativas entre los tratamientos y los cultivares no fueron evidentes y por lo tanto solamente se presentan los promedios por tratamiento. La producción aumenta con el uso de insecticidas variando de 30 a 45% para las 3 primeras fechas de siembra bajando luego a 12% para la última.

Analizando cada fecha de siembra individualmente se tiene que para la primera fecha el cultivo alcanzó una cobertura máxima a los 70 días (Figura 8) y a partir de esa fecha el tratamiento sin insecticida del cultivar Revolución declinó inmediatamente seguido por el tratamiento del cultivar Revolución con insecticida, y después pasó lo mismo

con el cultivar Tomasa Condemayta. El tratamiento con insecticida aumentó la radiación interceptada en 28.5 y 31% para los cultivares Revolución y Tomasa Condemayta respectivamente, mientras que la producción de peso fresco se aumento en 35 y 62%. Un factor que contribuye en forma proporcional a una producción más grande que la esperada, juzgando por la radiación interceptada, fue un aumento no significativo en la eficiencia del crecimiento del período comprendido entre los 49 y 136 días ($b = 2.40 \pm 0.21$ vs. $b = 2.12 \pm 0.17$ g MJ⁻¹ para los tratamientos con y sin insecticida). El índice de área foliar fue mayor para las parcelas tratadas con insecticidas, alcanzando diferencias significativas a los 78 y 93 días (Figura 9), de la misma manera que lo hizo la proporción de peso de la hoja (peso de las hojas / peso total de la planta). El peso seco de los tallos disminuyó 121 dds para el tratamiento sin insecticida de Tomasa Condemayta, y una redistribución desde los tallos podría haber contribuido a incrementar el peso seco de los tubérculos al final del período vegetativo, cuando la

intercepción de la radiación estuvo disminuyendo. El área foliar específica (dm² g⁻¹) fue mayor en las parcelas con insecticidas a través de todo el período vegetativo (i.e. las hojas fueron más delgadas en tratamientos con insecticida¹), este dato es sorprendente ya que se esperaba que las hojas dañadas con minas de MM serían ligeramente menores por unidad de área foliar. La producción máxima de tubérculos la alcanzó el cultivar Revolución a los 110 dds en la parcela sin insecticida y a los 121 dds en la parcela con insecticida comparado a los datos de la cosecha final que se hizo a los 116 y 138 dds, para entonces la producción había disminuído. En contraste para el cultivar Tomasa Condemayta, la producción máxima fue alcanzada al final de la cosecha (144 y 162 dds para los tratamientos con y sin insecticida) lo que estaría indicando que la intercepción de radiación final en el cultivar Revolución no fue importante y que la redistribución desde los tallos fue de poca importancia, mientras que para el cultivar Tomasa Condemayta, la intercepción de radiación al

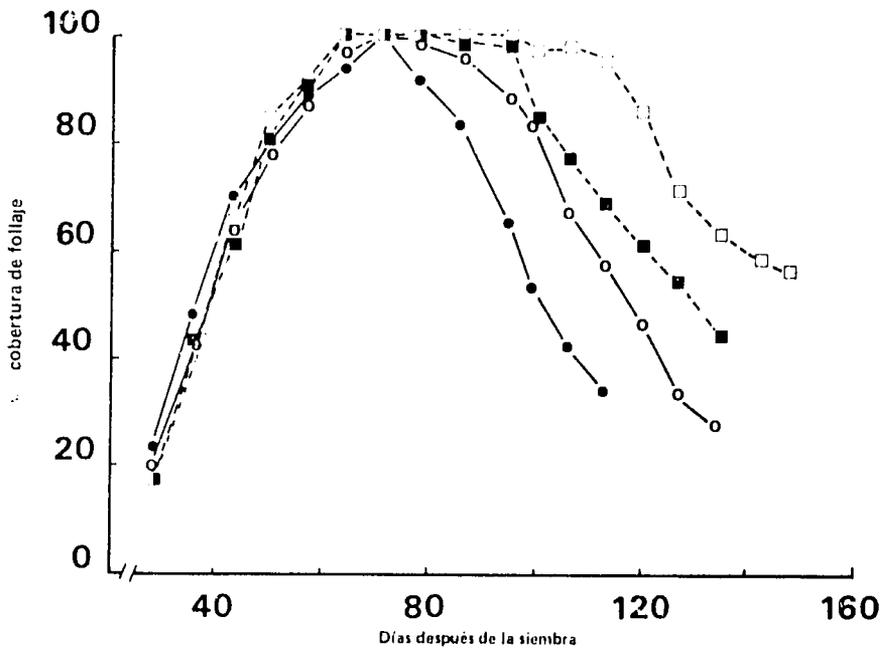


Figura 8. - Efecto de variedad y tratamiento sobre cobertura por follaje (Revolución ○ — ○, con; ● — ●, sin; Tomasa Condemayta □ - - □, con; ■ - - ■, sin).

final del período vegetativo o la redistribución fueron importantes en el mantenimiento del aumento de peso de los tubérculos, hasta cerca de la cosecha final. Bajo tales circunstancias las aplicaciones de insecticidas al final del período vegetativo habrían sido benéficas para Tomasa Condemayta pero de poca importancia para Revolución.

El patrón de intercepción de la radiación para los tratamientos en la segunda fecha de siembra siguió muy de cerca a los descritos para la primera siembra (Figura 9), sin embargo la producción y la intercepción de la radiación aumentan debido al uso de insecticidas pero no fueron tan grandes (30 y 23%, respectivamente) como en la primer fecha de siembra.

La aplicación de insecticida aumentó la producción de peso fresco del tubérculo en 34 y 27% para los cultivares Revolución y Tomasa Condemayta respectivamente y la intercepción de la radiación en 18 y 27%. El peso seco de las hojas y la proporción de las hojas al peso seco total en las parcelas sin insecticida fueron menores 104 dds, aumentando el IC de 65.1 a 72.7% para las parcelas con insecticida y el control respectivamente. La pérdida de tallos y peso seco de la hoja en el

período comprendido entre los 77 y 104 días (93.4 g m^{-2}) no fue suficiente para justificar el aumento del peso seco de los tubérculos (405 g m^{-2}) en la parcela control del cultivar Revolución. En el mismo período los tallos y peso seco de las hojas en Tomasa Condemayta con y sin insecticida, y el peso seco de los tallos de Revolución con insecticida aumentaron, lo que sugiere que el desarrollo del cultivo no fue limitado por ningún factor adverso en este período. La eficiencia en el crecimiento total (expresada en gramos MJ^{-1} en el período comprendido entre los 47 y 117 días fue significativamente más grande para Revolución con insecticidas que el tratamiento sin insecticida ($b = 2.70 \pm 0.19$ vs. $1.85 \pm 0.18 \text{ g MJ}^{-1}$ para las parcelas con y sin insecticida) sin embargo, una figura inversa se observó en Tomasa Condemayta ($b = 2.84 \pm 0.20$ vs. 3.33 ± 0.29 respectivamente). Este resultado sugiere que las hojas del cultivar Revolución en ausencia de MM son productoras más eficientes de materia seca, mientras que las hojas de Tomasa Condemayta respondieron al daño de MM haciéndose más eficientes. Alternativamente, el IAF de Tomasa Condemayta con insecticida podría haber estado muy por encima del valor óptimo para obtener la eficiencia

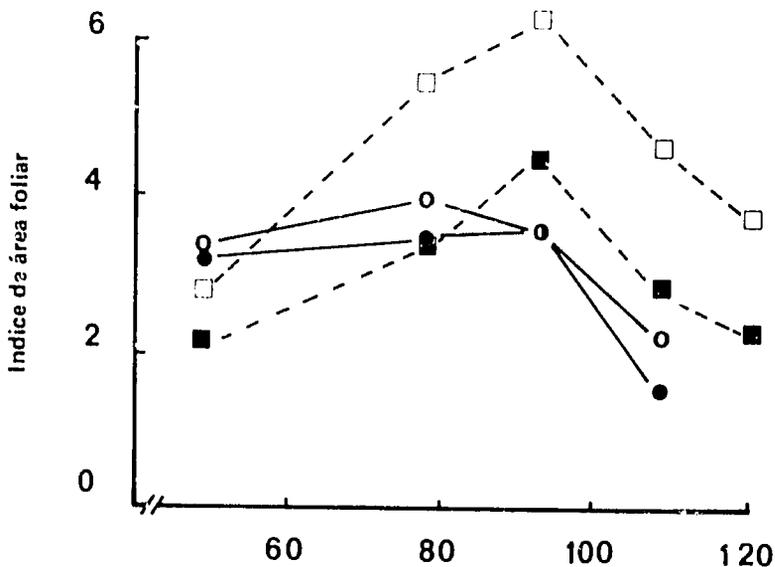


Figura 9. - Índice de área foliar y su desarrollo según variedad y tratamiento de insecticida (símbolos iguales a Fig. 8).

máxima de crecimiento, y que la incidencia del daño en MM podría haber reducido el IAF a un valor muy cercano al óptimo. Este efecto contradictorio de MM en eficiencias de crecimiento podría explicarse en parte por el daño diferencial causado por MM en el tiempo: el daño de MM hecho en las hojas superiores al comienzo del ciclo vegetativo en las parcelas de Revolución y de Tomasa Condemayta sin insecticida, estimula un aparente aumento en la eficiencia de crecimiento de las parcelas de Revolución con insecticidas mientras que este efecto no se observó en Tomasa Condemayta. El peso seco de los tubérculos de todos los tratamientos (excepto Revolución sin insecticida) fueron menores en la cosecha final que las mencionadas por el análisis de crecimiento. Este hecho sugiere una vez más, que la aplicación de insecticidas en la última parte del período vegetativo fue inefectiva para el aumento de la producción de tubérculos durante los últimos 14 días del desarrollo del cultivo, sin embargo, tales aplicaciones podrían reducir la migración de adultos a campos de papa adyacentes más jóvenes. Sin embargo es necesario considerar para la aplicación de insecticidas de parcelas infestadas que el beneficio potencial se extiende más allá de la etapa de maduración del cultivo, y tener en cuenta la infestación de MM en campos de papa más jóvenes.

Para la tercera fecha de siembra, la cobertura del cultivo de las parcelas de Revolución sin insecticida no alcanzó el 100% ; a los 45 días de cobertura fue notoriamente menor que aquellas de las parcelas con insecticidas. La cobertura del cultivar Tomasa Condemayta con / sin insecticida fue similar a aquella de las dos fechas de siembra anteriores, pero en contraste a las siembras anteriores en esta última el cultivar Revolución con insecticidas interceptó menos radiación. El aumento en la producción de tubérculos obtenida con la aplicación de insecticidas, fue 45% sobre la base de peso fresco (53% para Revolución y 37% para Tomasa Condemayta) y 44% sobre la base de peso seco, mientras que la interceptación de la radiación aumentó en 42% para Tomasa Condemayta y 58% para Revolución. Las proporciones de aumento y disminución de los pesos secos de los tallos y de las hojas con el tiempo fueron similares para Tomasa Condemayta con o sin insecticida; la única diferencia fue que las parcelas con insecticida duraron más (Figura 10). En contraste, el aumento y disminución del peso seco de tallo y hojas fueron diferentes para el cultivar Revolución con o sin insecticida. En el primero, ellos alcanzaron un pico a los 90 días y los tubérculos expresados como una proporción del peso seco total (I C %) en esa oportunidad fue significativamente menor que en las parcelas sin insecticida (60.3 vs.

TABLA 9
EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA Y DEL TRATAMIENTO CON
INSECTICIDAS (PROMEDIO DE 2 CULTIVARES) EN LA
PRODUCCION DE TUBERCULOS FRESCOS (g m⁻²),
Y EN LA RADIACION INTERCEPTADA (MJ m⁻²)
LIMA 1985

Fecha de Siembra	Insecticida	Peso de Tubérculos ⁽¹⁾	Radiación Interceptada ⁽¹⁾
28/5	-	4570**	604.2**
	+	6544	785.3
28/6	-	4846**	650.3**
	+	6293	801.0
28/7	-	3575**	596.1*
	+	5202	886.7
28/8	-	2950+	606.7*
	+	3300	770.1

(1) + P = 0.10, *P = 0.05, **P = 0.01

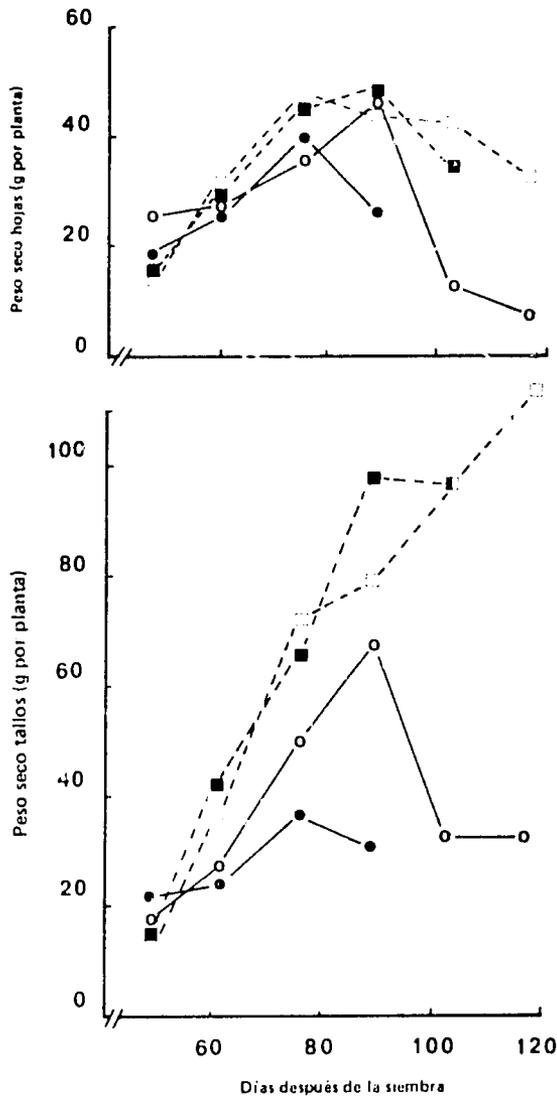


Figura 10. - Influencia de variedad y tratamiento de insecticida sobre a) el peso de la hoja y b) peso de tallos por planta (símbolos iguales a Fig. 8).

76.9%). La eficiencia de crecimiento de las parcelas fue más grande que aquellas de las parcelas con insecticidas (2.48 ± 0.37 vs. 1.84 ± 0.26 y 2.82 ± 0.38 vs. 2.42 ± 0.20 g MJ^{-1} para Revolución y Tomasa Condemayta, respectivamente), tal vez como una respuesta a la reducción del área foliar verde causada por los adultos y las larvas de MM. La producción de tubérculos alcanzó un pico en fechas diferentes dependiendo del cultivar y del tratamiento; 89 y 103 dds para

Revolución sin o con insecticida, y 103 y 112 dds para Tomasa Condemayta, respectivamente. Las fechas de cosechas finales fueron 103, 119, 131 y 145 días respectivamente lo que indica una vez más el desperdicio de aplicar insecticidas al cultivo en los 16 días anteriores a la cosecha. Aplicaciones de insecticidas en la última etapa del ciclo vegetativo del cultivo no se deberían recomendar ya que residuos tóxicos del insecticida podrían permanecer en los tubérculos cose-

chados. En la cuarta fecha de siembra la cobertura del cultivo Revolución no alcanzó el 100% con una máxima de 87 y 95% para las parcelas sin o con insecticidas, respectivamente (Figura 10). La cobertura del cultivo de Tomasa Condemayta sin insecticida disminuyó inmediatamente después de alcanzar la cobertura máxima (100%) y las parcelas sin insecticidas interceptaron 17.7% menos radiación en Tomasa Condemayta y 25.3% en Revolución. La intercepción de radiación (Tabla 9) y la producción de tubérculos comerciales (mayores de 3.5 cm. de diámetro) fue aumentada significativamente por la aplicación de insecticidas (2767 vs. 2413 g/m²) sin embargo, el peso fresco total no fue un indicativo de algún tipo de compensación dentro de la planta por pérdida de radiación interceptada en parcelas sin insecticida.

A partir de los 60 días el crecimiento de los tallos en el cultivar Revolución fue menor en las parcelas sin insecticidas que en aquellas con insecticidas. Sin embargo, no hubo diferencias en los dos tratamientos de Tomasa Condemayta, la única diferencia fue que el desarrollo continuó por un período más largo en las parcelas con insecticidas (Figura 9). El peso seco de las hojas y el IAF fueron también marcadamente menores para el tratamiento sin insecticida en Revolución, y a pesar de que se disminuyó la intercepción de radiación, la reducida inversión en el peso seco de los tallos podría haberse dispuesto de los hidratos de carbono para mantener la proporción de crecimiento de los tubérculos. El IC de Revolución sin insecticida, fue más grande que aquel con insecticida de la misma manera como fue la eficiencia del crecimiento (1.51 ± 0.53 vs. 1.31 ± 0.27 g/MJ⁻¹), estos dos factores contribuyeron a una menor reducción en la producción de tubérculos (3.7% en la base del peso seco) de lo esperado de acuerdo a la reducción en la intercepción de la radiación (25.3%). El peso seco de las hojas y el IAF de Tomasa Condemayta fueron menores cuando no se aplicó insecticida, sin embargo, como ya se mencionó, el crecimiento de los tallos fue similar en los tratamientos con o sin insecticida. El crecimiento de los tubérculos fue también similar en las parcelas con o sin

insecticidas así como lo fue el IC, y el mantenimiento aparente de las proporciones de crecimiento de tallos y tubérculos cuando no se aplicó insecticida podría atribuirse a una eficiencia de crecimiento significativamente más grande (1.88 ± 0.20 vs. 1.25 ± 0.25 g/MJ⁻¹) en las parcelas sin insecticida.

Los resultados ya mencionados de los experimentos diseñados para controlar la MM, interpretados a través de la respuesta del cultivo más que de la respuesta de la población del insecto, demuestra la variabilidad en el mecanismo de compensación existente en la planta de papa. Resumiendo los resultados, las hojas más bajas y las hojas que quedan durante los últimos 15 ó 20 días del cultivo no contribuyeron en forma efectiva a la producción de tubérculos. En 1982 y 1983 la redistribución de hidratos de carbono y una mayor eficiencia en el crecimiento fueron responsables para que se produjera una reducción no proporcional en la producción debido a la reducción en intercepción de la radiación en las parcelas sin insecticida. Para Revolución, el cultivar de corto período vegetativo, la redistribución calculada (principalmente proveniente de una reducción en el desarrollo de los tallos, Figura 3) no pudo soportar la proporción de crecimiento de los tubérculos después del daño de los insectos a las hojas, por lo tanto, un aumento en la eficiencia del crecimiento fue probablemente de mayor importancia. Para Tomasa Condemayta no hubo una compensación completa y la reducción a la producción a menudo sobrepasó el valor esperado sobre la base de radiación interceptada.

En 1984 la eficiencia de crecimiento fue mayor en las parcelas con insecticida, y en 1985 la eficiencia de crecimiento general fue más grande en las parcelas sin insecticida. En otro grupo de experimentos (Raymundo et al., 1986; Midmore, 1986) en donde se sembró en forma mezclada entre y dentro de los surcos los cultivares Revolución, Tomasa Condemayta y Cuzco sin la aplicación de insecticidas para el control MM, la producción de tubérculos de las mezclas sobrepasó el promedio aritmético principalmente como consecuencia de un aumento en la eficiencia de

crecimiento del cultivar tolerante Tomasa Condemayta. Este es otro ejemplo de compensación en donde un cultivar tolerante con menos daño mejora la producción total.

RESUMEN

Resumiendo, en general en este artículo se puede apreciar que el control de insectos no es

una práctica simple que se debería seguir como un recetario de cocina. Existen muchas oportunidades para la planta de papa de compensar por pérdidas de explotación del medio ambiente y es importante apreciarlas, y llevarlas en la mente antes de tomar decisiones acerca de control de insectos.

LITERATURA CONSULTADA

- GRANSHAW, W. S. and E. B. RADCLIFFE, 1980. Effect of defoliation on yield of potatoes. *J. Econ. Entomol.* 73: 131-134.
- FERRO, D. N., A. J. MORZUCH, and D. MARGOLIES, 1983. Crop loss assessment of the colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potatoes in western Massachusetts. *J. Econ. Entomol.* 76: 349-356.
- HARE, D. J., 1980. Impact of defoliation by the colorado potato beetle on potato yields. *J. Econ. Entomol.* 73: 369-373.
- JAMES, W. C., C. H. LAWRENCE and C. S. SHIH, 1973. Yield losses due to missing plants in potato crops. *Am. Potato J.* 50: 345-352.
- JOHNSON, K. B., S. B. JOHNSON, and P. S. TENG, 1986. Development of a simple potato growth model for use in crop-pest management. *Agric. Syst.* 19: 182-209.
- MAYEA, S. y R. MENDEZ, 1980. Influencia de las pérdidas de área foliar simulando ataques de tizones e insectos masticadores, en diferentes estados de crecimiento, sobre el rendimiento de la papa. *Centro Agrícola (Cuba)* Mayo-Agosto, 1980, pp. 23-32.
- MIDMORE, D. J. and H. A. MENDOZA, 1984. Improving adaptation of the potato (*Solanum* spp.) to hot climates some physiological considerations. *Symposium of the International Society for Tropical*
- Root Crops. 6th, Lima, 1983, International Potato Center.
- PETITT, F. L., and Z. SMILOWITZ, 1982. Green peach aphid feeding damage to potato in various plant growth stages. *J. Econ. Entomol.* 75: 431-435.
- RAMAN, K. V. and D. J. MIDMORE, 1983. Efficacy of insecticides against major insect pests of potatoes in hot climates of Perú. *Crop Protection* 2: 483-489.
- SHIELDS, E. J. and J. A. WYMAN, 1984. Effect of defoliation at specific growth stages on potato yields. *J. Econ. Entomol.* 7: 1194-1199.
- SHIELDS, E. J., D. I. ROUSE, and J. A. WYMAN, 1985. Variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae), leaf-area consumption, feeding site preference, and economic injury level calculation for potatoes. *J. Econ. Entomol.* 78: 1095-1099.
- SIECZKA, J. B., E. E. EWING, and E. D. MARKWARDT, 1986. Potato planter performance and effects of non-uniform spacing. *Am. Potato J.* 63: 25-37.
- WALGENBACH, J. F. and J. A. WYMAN, 1985. Potato leaf hopper (Homoptera: Cicadellidae) feeding damage at various potato growth stages. *J. Econ. Entomol.* 78: 671-675.
- WELLIK, N. J., J. E. SLOSSER and R. D. KIRBY, 1981. Effects of simulated insect defoliation on potatoes. *Am. Potato J.* 58: 627-632.

LISTA DE PARTICIPANTES

- ROSA C. DE BARRAGAN, Jefe Sección de Entomología - Instituto Agronómico Nacional (I.A.N.) Caacupé, Ruta 2 Mcal Estigaribia - Km. 48, Caacupé - Paraguay.
- ROSARIO BRAVO PORTOCARRERO, Investigador Agrario, Jt. Nepomuceno Arce No. 234, Puno - Perú.
- JAVIER CARHUAMACA TICSE, Especialista en Entomología, Real No. 509 El Tambo, Huancayo - Perú.
- JAVIER CRUZ HANNOVER, Agente de Extensión, Calle General Enrique Peñaranda No. 149, Zona Stadium, Oruro - Bolivia.
- PATRICIO GALLEGOS, Ingeniero Agrónomo en el área Entomológica, INIAP, Casilla 340, Quito - Ecuador.
- LUIS FERNANDO GIRON, Técnico encargado de la papa, Centro Experimental, ICTA - Alameda, Chimaltenango - Guatemala.
- RAFAEL LEONIDAS MEDRANO, Encargado Programa Regional de Papa, Secretaría de Estado de Agricultura, San José de Ocoa - República Dominicana.
- JORGE PAULLIER SUAREZ, Entomólogo Asistente, Estación Experimental Las Brujas, CIAB, C. C. 33085, Las Piedras, Canelones - Uruguay.
- RAFAEL ANTONIO RAMOS, Técnico Agrónomo, Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA). Apartado 885. El Salvador.
- NOHORA RUIZ BOLAÑOS, Entomóloga, ICA Obonuco, Apartado Aéreo 629, Pasto Colombia.
- JOSUE RINCON PUENTES, Ingeniero Agrónomo, FONAIAP, Estación experimental de Táchira, Bramón 5029, Venezuela.
- JAIME SILVA LLANOS, Entomólogo Encargado de Museo (M.E.B.) IBTA Colombia 0340, Casilla 3299, Correo Central Cochabamba - Bolivia.
- OFELIA TRILLOS GONZALEZ, Ingeniero Agrónomo, Programa de Papa, ICA Tibaitatá, A. A. 151123 El Dorado - Bogotá - Colombia.
- IVAN VALBUENA B., Ingeniero Agrónomo, Programa de Papa, ICA Tibaitatá, A. A. 151123 El Dorado - Bogotá - Colombia.

LISTA DE AUTORES

- FELIPE ALVARADO, Ing. Agrónomo, M. Sc. ICA, Obonuco, Apartado Aéreo 629, Pasto - Colombia.
- HUGO CALVACHE G., Ing. Agrónomo, M. Sc., Entomólogo, Sección de Entomología. ICA - Tibaitatá. A. A. 151123, El Dorado, Bogotá - Colombia.
- FAUSTO CISNEROS, Ing. Agrónomo, Ph.D., Entomólogo, Centro Internacional de la Papa - Apartado 5969, Lima - Perú.
- PEDRO CORZO, Ing. Agrónomo, M. Sc., ICA - Tibaitatá. A. A. 151123, El Dorado, Bogotá, Colombia.
- NELSON ESTRADA, Ing. Agrónomo, Ph.D., Fitomejorador, Centro Internacional de la Papa. Apartado Aéreo 92654, Bogotá 8, D. E. - Colombia
- PETER EWELL, Ph.D., Socio-Economista, Centro Internacional de la Papa - Apartado 5969, Lima - Perú.
- PEDRO LEON GOMEZ, Ing. Agrónomo, Ph.D., Jefe del Programa de Tuberosas, ICA - Tibaitatá. A. A. 151123, El Dorado, Bogotá - Colombia.
- DAVID MIDMORE, Ph.D., Fisiólogo, Centro Internacional de la Papa - Apartado 5969, Lima - Perú.
- CLEMENCIA AVILA DE MORENO, M. Sc., Programa de Fitopatología, ICA - Tibaitatá. A. A. 151123, El Dorado, Bogotá - Colombia.
- INGEBORG ZENNER DE POLANIA, M. Sc., Ph.D., Entomóloga, Jefe Nacional Sección Entomología, ICA - Tibaitatá, A. A. 151123. El Dorado, Bogotá - Colombia.
- FERNANDO PUERTA, Ingeniero Agrónomo, Representante Food Machinery Corporation (FMC), A. A. 5511, Cali - Colombia.
- DALIBOR POVOLNY, Ing. Agrónomo, Profesor, Mendeleum, Gottwaldowa 334, Lednice na Marave, Czechoslovakia.
- K. V. RAMAN, Ph.D., Entomólogo, Centro Internacional de la Papa. Apartado 5969, Lima - Perú.
- DORA RODRIGUEZ S., Ph.D., Patóloga, Programa de Entomología ICA - Tibaitatá. A. A. 151123, El Dorado, Bogotá, Colombia.
- LUIS VALENCIA, Ing. Agrónomo, Ph.D., Entomólogo, Centro Internacional de la Papa. Apartado Aéreo 92654, Bogotá 8, D. E. - Colombia.

INDICE

- Adioristus* sp., 19
Afidus, ver *Aphididae*
Aleyrodidae, 6
Amitrus jelskyi, 19
Amphorophora sp., 40, 41
Apanteles gelechiidivoris, 105
A. scutellaris, 105
Ancognatha sp., 15
Aphididae, 6
Aphis sp., 40, 41
A. coreopsidis, 40, 41
A. gossypii, 36, 129
A. illinoisensis, 40, 41
A. nasturtii, 38, 129, 131
Aschersonia sp., 103
Aulacorthum solani, 36, 131
A. circumflexum, 129
Bacillus thuringiensis, 71, 77, 103
Beauveria bassiana, 9, 11, 13, 14, 16, 103, 107
Brachycaudus helichrysi, 40, 41
Brassica campestris, 22
Brevicoryne brassicae, 40, 41, 42
Bucculatrix thurberiella, 120
Copitarsia consueta, 48, 51, 110
Cupidosoma kuehleri, 105
Cremastus sp., 105
Diabrotica spp., 96, 97
Dineulophus phthorimaeae, 105
Diurachys cavus, 105, 109, 110
Drymaria sp., 22
Dysdercus spp., 104
Empoasca fabae, 119, 120, 121, 122
Entomophthora sp., 103
Epitrix spp., 48, 51, 59, 118, 119
Eucalyptus gloouulus, 71
Eurysacca melanocampta, 33, 34
Erwinia, 3
Feltia spp., 97
Frankliniella tuberosi, 118
Fusarium, 3, 6
F. oxisporum forma larvarum, 11
Galeria pomonella, 74
Galinsoga parviflora, 22
Gusano blanco: ver *Premnotrypes*
Halticoptera sp., 106
Halticoptera patellana, 106
Heliothis zea, 120
Hyperodes sp., 19
Icerya purchasi, 101, 102
Incarnyia cuzcensis, 105, 109
Keiferia colombiana, 26
Lantana camara, 71
Leptinotarsa decemlineata, 9, 104, 119, 120, 121, 122
Liriomyza huidobrensis, 57, 94, 98, 105, 118, 120, 121, 153
L. quadrata, 49, 51, 53
L. trifolii, 121
Litomastix sp., 105
Macrosiphum euphorbiae, 36, 106, 121, 129, 131
M. rosae, 40, 41
Metarhizium, 9, 103
M. anisopliae, 13, 14, 15, 16
Meteorus spp., 110
Minthostachys sp., 71
Mosca blanca, ver *Aleyrodidae*
Myzus persicae, 36, 95, 97, 106, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 129, 130, 131
Neoaplectana ver *Steinernema*
Novius cardinales, 101, 102
Palomilla: ver *Phthorimaea operculella*
Paeecilomyces, 9
P. farinosus, 9
P. fumoso-roseus, 9, 11, 13, 14, 15, 16
Pemphigus sp., 36, 40, 41, 42
Pentalonia nigronervosa, 40, 41
Phthorimaea isochlora, 26
P. operculella, 2, 6, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 94, 97, 101, 105, 110, 146
Physalis floridana, 132
Phytophthora, 4, 6, 154
 PLRV, 6
Poliphagotarsonemus latus, 57
Polygonum segetum, 51
Premnotrypes latithorax, 106
P. solani, 106
P. suturicallus, 73, 106, 146
P. vorax, 2, 5, 9, 14, 16, 19, 20, 21, 106
Prodiplosis spp., 57
Pristomerus sp., 105
Pseudaletia unipuncta, 12
Pseudomonas, 3, 4, 6
Puccinia, 3, 6
 PVX, 6
 PVY, 6
Raphanus sativus, 22
Rhigopsidius Tucumanus, 19
Rhizoctonia, 3
Rhopalosiphum splendens, 36
R. padi, 40, 41
Rhopalosiphoninus latysiphon, 36
R. rufiabdominalis, 36
Rosellinia, 3
Salvia paleifolia, 22
Scotoeborus sp., 19
Scrobipalopsis solanivora, 26, 31, 33, 105
Scrobipalpula absoluta, 26, 28, 29, 31, 33, 105
Steinernema feltiae, 12
Siegesbeckia cordifolia, 22
Siphia flava, 40, 41
Solanophagus, 19
Solanum, 118, 119, 122
S. berthaultii, 119, 120
S. caripense, 22
S. nigrum, 22
S. polyadenium, 119, 120
S. tarijense, 119
S. tuberosum, 122, 131
Spodoptera frugiperda, 12
Steinernema, 11, 14, 15, 16
Symmetrischema plaesiosema, 26, 28, 29, 31, 32, 105, 110
Temulacha sp., 105
Tetranychus urticae, 119
Trifolium repens, 22
Trypoxremnon, 19
Veronica persica, 22
Verticillium, 3, 6
Virus de la Poliedrosis Citoplasmática, 11
Xenorhabdus nematophilus, 12, 14

203