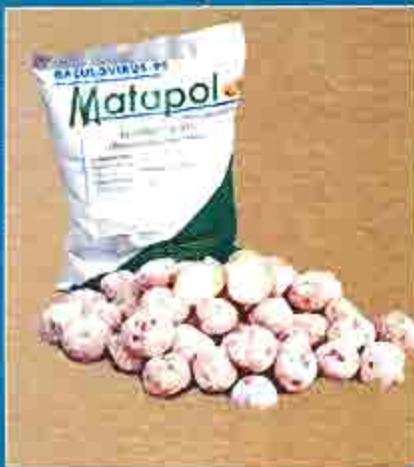




**Desarrollo de componentes
del manejo integrado
de las polillas de la papa
(*Phthorimaea operculella* y
Symmetrischema tangolias)
en Bolivia y el Bioinsecticida
Baculovirus (MATAPOL)**



Desarrollo de Componentes del Manejo Integrado de las Polillas de la Papa (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en Bolivia y el Bioinsecticida Baculovirus (MATAPOL)

Autores: Rayne Calderón
Oscar Barea
Janett Ramos
Luis Crespo
Carlos Bejarano
Jaime Herbas
Vladimir Lino

Edición
Técnica: Janett Ramos
Javier Franco

Compilación: Janett Ramos

Edición
de texto: Emma Martínez

Documento de trabajo 16

Fundación PROINPA - Proyecto PAPA ANDINA

Cochabamba - Bolivia
2002

R. Calderón, O. Barea, J. Ramos, L. Crespo, C. Bejarano,
J. Herbas, V. Lino
Edición técnica: J. Ramos y J. Franco
Compilación: J. Ramos
Edición de texto: E. Martínez

Desarrollo de Componentes del Manejo Integrado de las Polillas de la
Papa (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangollas*) en Bolivia y
el Bioinsecticida Baculovirus (MATAPOL).

Area temática: Manejo Integrado de Cultivos (MIC) 2002. 104 páginas.

Fundación PROINPA - Cochabamba, Bolivia.

Documento co - publicado por el Proyecto Papa Andina
(CIP-COSUDE) ejecutado a nivel de Bolivia, Ecuador y Perú

Contacto:

André Devaux Graham Thiele
Proyecto Papa Andina (CIP-COSUDE)
Centro Internacional de la Papa - CIP
Apartado 1558, Lima 12, PERÚ
Tel.: (51-1) 349 6017 - Fax: (51) 349 5638
E-mail: a.devaux@cgiar.org

PREFACIO

La producción de este documento responde a la necesidad de poner a disposición de otras entidades de investigación y desarrollo en Bolivia y de otros países de la zona Andina, a través del proyecto Papa Andina, el conocimiento y las tecnologías desarrolladas entre 1989 y 2000 por la Fundación PROINPA sobre una de las principales plagas del cultivo de la papa como son las polillas *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*.

De forma global el contenido del documento se refiere al desarrollo e implementación del manejo integrado contra *P. operculella*, que se realizó respondiendo a la demanda de tecnología para reducir los daños causados por esta polilla. Sin embargo, la invasión y mayor agresividad de *S. tangolias* respecto a *P. operculella*, en la parte sur de Bolivia, hizo que PROINPA, en prevención a la diseminación rápida de esta última especie, se adelante buscando soluciones efectivas contra *S. tangolias* dentro un manejo integrado. Actualmente *S. tangolias* es la plaga más dañina y predominante en el cultivo de papa en Bolivia y ya se cuenta con estrategias validadas para efectuar su control masivo.

La investigación cubre aspectos básicos como morfología, biología y comportamiento de las dos especies de polilla hasta el desarrollo de las estrategias para su manejo integrado. También se describen las experiencias acumuladas en el proceso de transferencia de los componentes de manejo integrado, dando especial énfasis al empleo de productos biológicos como es el bioinsecticida MATAPOL (Baculovirus). Asimismo, se evalúa la rentabilidad e impacto económico de las actividades de investigación y transferencia, para la polilla *P. operculella*; así como el proceso de formación de la empresa de producción del bioinsecticida.

Este valioso documento ofrece la oportunidad para generar una discusión y enriquecimiento de los conocimientos respecto a la generación de tecnología sobre manejo integrado y su transferencia a los usuarios. Algunos resultados que se presentan no son finales, existen varios que se describen y continúan en ejecución.

Es importante comprender que la investigación debe continuar y este documento, provee un insumo para deliberaciones de opciones futuras de investigación, que también pueden ser encauzadas a plagas de otros rubros agrícolas, bajo un marco de preservación del medio ambiente.

Dr. Antonio Gandarillas A.
Gerente General
Fundación PROINPA

Dr. André Devaux
Coordinador Regional
Proyecto PAPA ANDINA

RECONOCIMIENTOS

La ejecución y publicación del presente trabajo no hubiera sido posible sin las investigaciones efectuadas gracias a soporte técnico, facilidades, coordinación y logística de la Fundación PROINPA, y la iniciativa y apoyo financiero del Proyecto Papa Andina (CIP-COSDE) a través de los Drs. André Devaux y Graham Thiele.

Se reconoce ampliamente el trabajo profesional en la elaboración y edición técnica del presente documento a la Ing. Janett Ramos, y al aporte editor del Dr. Javier Franco que ha dedicado generosamente su valioso tiempo en la revisión del documento, y por la edición de texto de la Lic. Emma Martínez.

Agradecimiento al plantel técnico del Departamento de Entomología dentro del ex Programa de Investigación de la Papa (IBTA-PROINPA-CIP), y actualmente del Área Temática Manejo Integrado de Cultivos Competitivos (MICC) de la Fundación PROINPA, por su trabajo y aporte profesional a través de los resultados mencionados en el presente documento y/o por la revisión de las versiones preliminares, y que en orden alfabético, corresponden los siguientes profesionales: René Andrew, Oscar Barea, Jorge Blajos, Carlos Bejarano, Rayne Calderón, Hernán Cardozo, Carla Carvajal, Luis Crespo, Edson Gandarillas, Jaime Herbás, Grover Iporre, Vladimir Lino, Yuri Zurita, Juan Pérez y Johnny Arnold. Por otro lado, a todos los tesisistas que colaboraron en la ejecución y facilitación de resultados de los trabajos de investigación y/o transferencia asignados.

Finalmente, especial agradecimiento a Carol Perpich por la orientación y seguimiento en la ejecución de este documento.

Los autores.

RESUMEN

En Bolivia las especies de polilla *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* causan severos daños en los tubérculos de papa almacenados y en consecuencia importantes pérdidas económicas a los agricultores.

P. operculella fue la primera especie priorizada entre los factores limitantes identificados en los diversos sistemas de producción de papa en Bolivia, a través de diagnósticos interdisciplinarios iniciados en 1990. Las experiencias iniciales en el control de esta especie consistieron en realizar investigaciones básicas (biología, etología, fluctuación poblacional), como investigaciones aplicadas, para verificar y cuantificar las diferencias entre condiciones específicas de producción locales o tradicionales frente a alternativas tecnológicas desarrolladas por el Centro Internacional de la Papa (CIP), tales como: productos naturales, baculovirus biocontroladores (*Copidosoma* sp. y *B. phthorimaea*) y control etológico utilizando feromonas sexuales. El principal método de control que empleaba el agricultor contra la polilla de la papa, era el químico, con insecticidas altamente tóxicos como Folidol étlico (Parathion étlico 50% CE), Phostoxin (Fosforo de aluminio), Tamaron (Metamidofos 60% LC), etc., y en menor escala productos naturales (ceniza y hojas de eucalipto).

A través de los años con los resultados de las investigaciones básicas y aplicadas con agricultores en condiciones de campo y almacén en el valle de Mizque, se fueron identificando aquellos componentes que podrían conformar la estrategia de Manejo Integrado de la Polilla de la Papa (MIP-*P. operculella*).

Simultáneamente, se fueron descartando otros componentes, por ser poco efectivos o aplicables en el control de *P. operculella*, como la liberación de la avispa *Copidosoma* sp. en campo, que redujo la población de esta polilla, pero que al final este efecto, no se tradujo en una reducción significativa de los tubérculos infectados por la polilla a la cosecha, y por otra parte, porque los agricultores usualmente emplean pesticidas en campo, que son tóxicos para estos parasitoides. Otro componente, que no fue considerado dentro del MIP-*P. operculella* fue el empleo de variedades resistentes, cuyos efectos fueron más prometedores a nivel de laboratorio e invernadero, pero esta resistencia no fue confirmada a nivel de campo.

No se justificó el uso de insecticidas químicos en el control de *P. operculella* en campo, cuando las poblaciones de esta polilla son bajas, por encontrarse daños en los tubérculos en similar proporción; tampoco se justificó, el uso individual de feromonas sexuales (confusión de machos) o en trampas de agua (trapeo masal), porque estos productos, no disminuyeron significativamente la infección de los tubérculos por la polilla. Todas estas prácticas, no se incluyeron en la estrategia de Manejo Integrado de *P. operculella*.

La efectividad del virus granulosis *Baculovirus phthorimaea* en el control de *P. operculella* en los tubérculos infectados, determinó su multiplicación, para que sea usado como ingrediente activo en la formulación de un bioinsecticida que se lanzó al mercado con el nombre de "Baculovirus", posteriormente como "MATAPOL". Este producto biológico se aplica a los tubérculos antes de almacenarlos, pero no puede ser aplicado en cualquier momento como otros productos químicos, su carácter preventivo requiere que su aplicación sea acompañada de acciones precedentes antes de almacenar la semilla de papa o papa consumo tratados, tales como: la cosecha oportuna de los tubérculos, la selección cuidadosa de la semilla o papa consumo antes de almacenarla y la desinfección del ambiente donde se almacena la papa, con un producto de baja toxicidad. Todas estas prácticas conforman esencialmente, el Manejo Integrado de la polilla de la papa en almacén (MIP-*P. operculella*).

Esta estrategia de control de *P. operculella*, cuyo principal componente es el uso del bioinsecticida MATAPOL, fue validada con los agricultores a partir de 1993, en áreas piloto de Cochabamba, a través de cursillos de capacitación que comprendían el establecimiento de almacenes demostrativos para enseñar a los agricultores los procedimientos del MIP- Polilla y al mismo tiempo, demostrarles la eficiencia de los resultados de esta estrategia al final del periodo de almacenamiento de los tubérculos, frente a los métodos de control practicados por los agricultores. Esta capacitación realizada principalmente en comunidades de

las provincias Mizque y Campero, en coordinación con otras instituciones de desarrollo locales como CEDEAGRO, ASTEC (CEDIR), Radio Esperanza, PROBIOMA e INDRÍ, incrementó la cobertura de aceptación del MIP-Polilla, por parte del agricultor, y se vio favorecida por el uso paralelo de otros medios de difusión como, propagandas radiales, cartillas, almanaques, proyección de videos, diapositivas, etc.

El MIP-Polilla demostró ser efectivo en 90% en el control de *P. operculella* garantizando la disponibilidad de semilla sana en este porcentaje, en contraste con los efectos alcanzados con el uso de productos químicos altamente tóxicos (Folidol, Perfekthion (Dimetoato 40% CE), etc.), que garantizaron la disponibilidad de semilla sana sólo en 71%, del total de semilla almacenada.

Simultáneamente, en 1992-93, la experiencia adquirida con los trabajos del MIP-*P. operculella* en Cochabamba, se aplicó para la polilla *Symmetrischema tangolias*, en los valles centrales de Tarija, sin embargo, el bioinsecticida MATAPOL fue poco eficiente en la reducción de la población de esta especie, debido a la especificidad del virus *B. phthorimaea* para *P. operculella*.

Las pruebas posteriores utilizando el bioinsecticida MATAPOL en el control de *S. tangolias*, no llegaron a ser alentadores, aún cuando se elevaron las concentraciones del virus *B. phthorimaea* (hasta 520 larvas/kg material inerte). Se buscaron otras alternativas para controlar esta plaga, utilizando insecticidas poco tóxicos (Dipel y Actellic 50 EC) y productos naturales (hojas de muña y eucalipto). Con estas alternativas, generadas en Chuquisaca, los daños en los tubérculos por *S. tangolias*, no sobrepasaron el 10%, en comparación del testigo sin control, que mostró 100% de daño, y ya fueron validadas, en almacenes de agricultores de Chuquisaca y Cochabamba, donde esta especie está presente. También se encontró que el uso del insecticida de moderada toxicidad Permethrin (Ambush 500 CE) es recomendable para controlar *S. tangolias* cuando se encuentra en altas poblaciones, que es cuando esta polilla, a diferencia de *P. operculella*, daña el follaje e incrementa la probabilidad que los tubérculos presenten daños iniciales elevados al momento de ingresar a los almacenes.

Asimismo, como resultado de la búsqueda de biocontroladores naturales de *S. tangolias*, ya se cuenta con la cepa C24P13 de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que fue efectiva contra esta polilla en condiciones de laboratorio y almacén. Esta cepa próximamente será validada en almacenes de agricultores en diversas zonas infestadas por esta especie.

El bioinsecticida MATAPOL, se produce en la planta ubicada en el Centro de Servicios y Producción Toralapa (Tiraque, Cochabamba), para cubrir la demanda en Potosí y en los valles mesotérmicos de Cochabamba y Santa Cruz, donde aún *P. operculella* está presente. La planta de producción del bioinsecticida actualmente cuenta con una capacidad de producción de 6 tn/año. Sin embargo, la demanda potencial estimada del bioinsecticida en las zonas con mayores daños por *P. operculella* en Cochabamba, Potosí y Santa Cruz es de 22 tn/año, si toda la semilla de papa producida en estos departamentos se tratara con MATAPOL. Este bioinsecticida, se entrega en consignación a empresas de productos agroquímicos, que lo venden en las diferentes zonas afectadas por *P. operculella* de Cochabamba y Santa Cruz.

Por otro lado, se continúa realizando pruebas con formulaciones líquidas del MATAPOL, ya que la formulación en polvo es apropiada sólo para volúmenes inferiores a 1 tonelada de papa. Lo cual, está limitando la aceptación del producto por parte de las empresas semilleras de este cultivo, que prefieren utilizar productos convencionales. Los ajustes en la formulación líquida que brinde un eficiente control de *P. operculella*, está asociada con la búsqueda de nuevos insumos agrícolas y metodologías que reduzcan el tiempo como el costo de producción, principalmente del ingrediente activo del bioinsecticida (*Baculovirus phthorimaea*), la metodología de producción del ingrediente activo es la fase, donde la fabricación del bioinsecticida presenta mayores inconvenientes.

Asimismo, los intentos para ampliar el espectro de uso del virus *B. phthorimaea* en plagas de otros cultivos, han dado resultados alentadores, especialmente en quinua y tomate. Si se confirma su efectividad, se incrementaría la demanda del producto y mejoraría la rentabilidad de la planta de producción del MATAPOL. Sin embargo, más allá de mejorar la rentabilidad, se quiere asegurar la sostenibilidad de la

fábrica a través de la exportación del bioinsecticida a otros países de producción de papa afectadas por *P. operculella* y/o por la polilla de la papa *Tecia solanivora* que también es controlada con el virus *B. phthorimaea* en un 60 a 90%.

Sin embargo, es necesario reformular el bioinsecticida para dotarle de un mayor espectro de acción, una vez que se confirme la letalidad de la bacteria *Bacillus thuringiensis* cepa C24P13 sobre *S. tangolias* en almacenes de agricultores, ésta será incorporada al bioinsecticida, porque *S. tangolias* que es más agresiva que *P. operculella*, continúa ingresando a zonas productoras de papa. Asimismo, hace falta una mayor promoción de la tecnología MIP-Polilla junto al bioinsecticida MATAPOL y establecer los mecanismos de abastecimiento de este producto, a los pequeños agricultores en las áreas afectadas por ambas plagas (*P. operculella* y *S. tangolias*).

Mientras se validen los efectos de la cepa C24P13 (*B. thuringiensis*) contra *S. tangolias* en almacén, PROINPA está facilitando la disponibilidad de feromonas sexuales de esta especie, a los productores que demandan soluciones para su control, ya que el uso de trampas con estas feromonas en almacén mostraron resultados alentadores en el control de *S. tangolias*.

Nota:

* A la fecha, se cuenta con el bioinsecticida que controla a las dos especies de polilla *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*, este nuevo producto se lo ha denominado MATAPOL PLUS y presenta una eficiencia de control de las dos especies de 87% y es para aplicarlo a los tubérculos antes de su almacenamiento.

* La empresa que está a cargo de distribuir este bioinsecticida se llama BIOTOP, que es una sociedad accidental conformada por una empresa de distribución de agroquímicos (AGRONAL) y la Fundación PROINPA.

CONTENIDO

PREFACIO	v
RECONOCIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
CONTENIDO	xj
CUADROS	xiv
FIGURAS	xiv
GLOSARIO DE SIGLAS Y TÉRMINOS	xvi
LÁMINAS	xvii
CAPÍTULO I	19
ANTECEDENTES	21
1.1. INTRODUCCIÓN	21
1.1.1. <i>Phthorimaea operculella</i>	21
1.1.1.1. Origen	21
1.1.1.2. Distribución	22
1.1.1.3. Ciclo biológico y morfología	24
1.1.1.4. Hábitos de vida	25
1.1.1.5. Fluctuación poblacional	25
1.1.2. <i>Symmetrischema tangolias</i>	28
1.1.2.1. Origen	28
1.1.2.2. Distribución	28
1.1.2.3. Ciclo biológico y morfología	32
1.1.2.4. Hábitos de vida	33
1.1.2.5. Fluctuación poblacional	34
1.2. PÉRDIDAS OCASIONADAS POR LA POLILLA DE LA PAPA	35
1.2.1. <i>Phthorimaea operculella</i>	35
1.2.2. <i>Symmetrischema tangolias</i>	37
1.3. FORMAS DE CONTROL DE LA POLILLA DE LA PAPA	38
1.3.1. <i>Phthorimaea operculella</i>	38
1.3.2. <i>Symmetrischema tangolias</i>	39
CAPÍTULO II	43
DESARROLLO DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA	45
2.1. INTRODUCCIÓN	45
2.2. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE CONTROL DE LA POLILLA DE LA PAPA	45
2.2.1. <i>Phthorimaea operculella</i>	45
2.2.1.1. Control con variedades resistentes	45
2.2.1.2. Control biológico	46

2.2.1.2.1. Control biológico en campo con <i>Copidosoma</i> spp.	46
2.2.1.2.2. Control biológico en almacén con <i>Copidosoma</i> spp.	47
2.2.1.3. Control etológico	47
2.2.1.3.1. Confusión de machos utilizando feromonas sexuales	47
2.2.1.4. Control con bioinsecticidas, productos naturales y químicos	48
2.2.1.4.1. Control en almacén	48
2.2.1.4.2. Control en campo	49
2.2.2. <i>Symmetrischema tangolias</i>	50
2.2.2.1. Control biológico	50
2.2.2.1.1. Control con <i>Copidosoma</i> spp.	50
2.2.2.1.2. Determinación e identificación de posibles controladores biológicos de <i>S. tangolias</i>	51
2.2.2.2. Control etológico	52
2.2.2.3. Control con bioinsecticidas, productos naturales y químicos	52
2.2.2.3.1. Control en almacén	52
2.2.2.3.2. Control en campo	56
2.3. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS	57
2.3.1. Introducción	57
2.3.2. Baculovirus, producto comercial a base del virus <i>B. phthorimaeae</i>	57
2.3.3. Formulación del bioinsecticida Baculovirus	57
2.3.4. Determinación del TL50 con diferentes dosis de <i>B. phthorimaeae</i> en laboratorio	58
2.3.5. Optimización de la eficiencia del bioinsecticida Baculovirus de acuerdo al sistema de almacenamiento	58
2.3.6. Efecto de diferentes formas de aplicación del bioinsecticida Baculovirus en almacén	59
2.3.7. Resistencia de la polilla <i>P. operculella</i> al bioinsecticida Baculovirus	59
2.4. IMPLEMENTACIÓN Y DIFUSIÓN DEL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA <i>Phthorimaea operculella</i>	60
2.4.1. Manejo integrado de la polilla <i>P. operculella</i> en condiciones de campo	60
2.4.2. Manejo integrado de la polilla <i>P. operculella</i> en condiciones de almacén	62
2.4.3. Efecto del Manejo Integrado sobre la fluctuación poblacional de <i>P. operculella</i>	63
2.4.4. Transferencia del Manejo Integrado de la Polilla <i>P. operculella</i> en Almacén (MIPPA) y el bioinsecticida Baculovirus	64
2.4.4.1. Validación, difusión, capacitación	64
2.4.4.2. Adopción del MIPPA	66
2.4.5. Evaluación de los Beneficios económicos del MIPPA	67
2.4.6. Evaluación del impacto económico investigación y transferencia del MIPPA	70
CAPÍTULO III	75
PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS	77
3.1. INTRODUCCIÓN	77
3.2. PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS	77
3.2.1. Producción masal de <i>P. operculella</i> para la multiplicación del virus <i>Baculovirus phthorimaeae</i> y de otros biocontroladores	77

3.2.1.1. Prueba de dietas artificiales para elevar la producción de larvas de la polilla <i>P. operculella</i>	79
3.2.1.2. Optimización de la multiplicación del virus <i>B. phthorimaeae</i> en su hospedero <i>P. operculella</i>	79
3.2.2. Producción comercial del bioinsecticida Baculovirus	80
3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS	81
3.3.1. Volúmenes y flujos de producción del bioinsecticida Baculovirus	81
3.3.2. Costos de producción del bioinsecticida Baculovirus	82
3.3.3. Mercado o demanda potencial y real del bioinsecticida Baculovirus	82
3.3.4. Estacionalidad de la demanda del bioinsecticida Baculovirus	83
3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL BACULOVIRUS	85
CAPÍTULO IV	87
SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL (Baculovirus)	89
4.1. INTRODUCCIÓN	89
4.2. MARKETING DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL	89
4.2.1. Aspectos legales del bioinsecticida	89
4.2.2. Presentación del producto	89
4.2.3. Difusión y promoción del bioinsecticida MATAPOL	89
4.3. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACION DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL	90
4.3.1. Volúmenes y flujos de producción del bioinsecticida	90
4.3.2. Comercialización del bioinsecticida MATAPOL	91
4.4. IDENTIFICACION DE POTENCIALIDADES Y DEBILIDADES DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL	91
4.5. EMPLEO POTENCIAL DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL Y DE OTROS BIOCONTROLADORES EN EL CONTROL DE LA POLILLA DE LA PAPA Y DE PLAGAS DE OTROS CULTIVOS	92
4.5.1. Búsqueda de nuevas formulaciones líquidas del bioinsecticida Matapol contra las polillas de la papa	92
4.5.2. El virus granulosis (<i>B. phthorimaeae</i>) en el control de la polilla del tomate y de otras plagas en el cultivo de quinua	93
4.5.2.1. Pruebas preliminares del virus <i>B. phthorimaeae</i> contra plagas en el cultivo de quinua	94
4.5.2.2. Pruebas preliminares del virus <i>B. phthorimaeae</i> contra el complejo polillas en el cultivo de tomate	96
4.5.3. Monitoreo, identificación y control de la polilla en los cultivos de papa y tomate	97
BIBLIOGRAFÍA	99

CUADROS

Cuadro 1.	Duración en días del ciclo biológico de <i>P. operculella</i> y <i>S. tangolias</i> por estadio en condiciones de laboratorio	35
Cuadro 2.	Características morfológicas de los diferentes estados biológicos de <i>P. operculella</i> y <i>S. tangolias</i>	35
Cuadro 3.	Insecticidas empleados para el control de las polillas de la papa en la zona de San Andrés y los Valles Altos del Río Pilaya (Tarija 1996-97)	39
Cuadro 4.	Porcentajes de daño y tiempo de almacenamiento de tubérculos infestados con <i>S. tangolias</i> en tres variedades de papa tratadas con los bioinsecticidas Baculovirus y Dipel. San Andrés, Tarija 1994	53
Cuadro 5.	Control de <i>S. tangolias</i> en laboratorio con el bioinsecticida Baculovirus (500 larvas/kg material inerte)	53
Cuadro 6.	Porcentaje de daño de <i>S. tangolias</i> por efecto de la aplicación de diferentes tratamientos químicos y naturales	55
Cuadro 7.	Evaluación absoluta de MIP-Polilla con CIAL de Mizque 1995-96	66
Cuadro 8.	Medios usados para la difusión del MIP-Polilla y venta directa del Baculovirus por PROINPA en Mizque	66
Cuadro 9.	Tabla de conocimiento y forma de aprender el uso del bioinsecticida Baculovirus. Mizque, 1996	67
Cuadro 10.	Tabla de adopción de componentes de MIP-Polilla. Mizque, 1996	67
Cuadro 11.	Escala de ataque de la polilla en tubérculos usada por el Proyecto MIP-Plagas, Fundación PROINPA	68
Cuadro 12.	Beneficio bruto por el almacenamiento de una tonelada de semilla de papa	69
Cuadro 13.	Costos variables (Bs/tn semilla almacenada)	69
Cuadro 14.	Presupuesto parcial de almacenamiento de semilla de papa	69
Cuadro 15.	Análisis marginal del uso del bioinsecticida Baculovirus en el tratamiento de tubérculos semilla	69
Cuadro 16.	Análisis marginal con un precio del bioinsecticida Baculovirus de 18 Bs/kg	70
Cuadro 17.	Costos estimados y proyectados sobre el retorno económico de la investigación y transferencia del MIP-Polilla	70
Cuadro 18.	Producción del Baculovirus destinada a la venta y transferencia entre julio de 1993 y junio de 1998	81
Cuadro 19.	Demanda potencial del bioinsecticida Baculovirus por departamento y provincias (INTERCONSULT S. R. L., 1997)	83
Cuadro 20.	Destino de la producción del bioinsecticida MATAPOL de marzo a diciembre de 1999	91
Cuadro 21.	Porcentaje promedio de daño de los tubérculos por <i>P. operculella</i> después de un mes de la aplicación de los tratamientos (Crespo y UPS-SEPA, 1999).	93

FIGURAS

Figura 1.	Distribución geográfica de la polilla de la papa <i>Phthorimaea operculella</i> en Bolivia	23
Figura 2.	Ciclo biológico de la polilla <i>Phthorimaea operculella</i>	24
Figura 3.	Fluctuación de la población de <i>Phthorimaea operculella</i> en el Valle de Mizque, Cochabamba (1991-98)	26
Figura 4.	Fluctuación poblacional de <i>P. operculella</i> en comunidades de la provincia Capinota, Cochabamba, 1996-97	26
Figura 5.	Fluctuación poblacional de <i>P. operculella</i> en comunidades de la provincia Florida, Santa Cruz, 1996-97	27
Figura 6.	Fluctuación poblacional de <i>P. operculella</i> en el Vallecito (Samapata), Santa Cruz, 1997-98	27
Figura 7.	Fluctuación poblacional de <i>P. operculella</i> en San Isidro, Comarapa, Santa Cruz, 1997-98	28

Figura 8.	Distribución geográfica de la polilla <i>Symmetrischema tangolias</i> en Bolivia	30
Figura 9.	Distribución geográfica de las polillas de la papa <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i> en Bolivia	31
Figura 10.	Ciclo biológico de la polilla de la papa <i>Symmetrischema tangolias</i>	32
Figura 11.	Captura de adultos de <i>S. tangolias</i> con trampas de agua en almacenes de dos comunidades del valle de San Andrés, Tarija. 1994-95.	34
Figura 12.	Captura de adultos de <i>S. tangolias</i> con trampas de agua en almacenes de dos comunidades de Sella, Tarija. 1994-95.	34
Figura 13.	Daño al follaje ocasionado por la polilla de la papa <i>P. operculella</i> en tres siembras y dos campañas agrícolas. Mizque, Cochabamba. 1993-94	36
Figura 14.	Porcentaje de daño de la polilla de la papa <i>S. tangolias</i> en almacenes del Valle de San Andrés y valles altos del Río Pilaya, Tarija. 1995-96	38
Figura 15.	Formas de control de la polilla de la papa usadas por los agricultores en Mizque. (Blanco, 1994)	38
Figura 16.	Prueba de variedades potenciales de papa y su resistencia a poblaciones de las polillas <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Paraschema detectendum</i> en laboratorio, Toralapa, 1995-96	45
Figura 17.	Prueba de variedades potenciales de papa y su resistencia a la polilla <i>P. operculella</i> . Cochabamba. 1997	46
Figura 18.	Porcentajes de daño de <i>P. operculella</i> en tubérculos-semilla a la cosecha, en parcelas donde se liberó <i>Copidosoma</i> sp. Mizque, 1993-94	47
Figura 19.	Número de orificios de entrada de larvas de <i>P. operculella</i> en 100 tubérculos de papa evaluados	48
Figura 20.	Incidencia e intensidad de daño de la polilla <i>P. operculella</i> en tubérculos tratados con productos naturales y químicos (Lino, 1994)	48
Figura 21.	Porcentaje de infestación en tubérculos a la cosecha por efecto de la aplicación de productos químicos y biológicos para el control de <i>P. operculella</i> . Mizque, Cochabamba 1993-94	49
Figura 22.	Porcentaje de daño de la polilla <i>P. operculella</i> en tubérculos tratados con cinco insecticidas químicos, en tres periodos de tiempo. Khasa Wasí, Potosí, 1995-96	50
Figura 23.	Porcentaje de larvas de <i>S. tangolias</i> recuperadas de tubérculos previamente infestados y tratados con diferentes concentraciones de un posible virus exógeno. Tarija, 1997	51
Figura 24.	Porcentaje de daño de la polilla <i>S. tangolias</i> con diferentes concentraciones del virus <i>B. phthorimaea</i> en el bioinsecticida Baculovirus. Tarija, 1997	54
Figura 25.	Porcentaje de daño y número de adultos de la polilla <i>S. tangolias</i> en tubérculos semilla tratados con Baculovirus en jaulas entomológicas con tres poblaciones de la polilla. Chuquisaca, 1995-96	54
Figura 26.	Porcentaje de control de las polillas <i>P. operculella</i> y <i>S. tangolias</i> con asientos de <i>Bacillus thuringiensis</i> y otros productos, en condiciones de laboratorio (Toralapa, Cochabamba) y almacén (Sucre, Chuquisaca)	56
Figura 27.	Porcentaje de daño de <i>S. tangolias</i> en tubérculos de papa por efecto de cinco insecticidas químicos en tres comunidades del Valle Central de Tarija. 1995-96.....	56
Figura 28.	Determinación de la TL50 de <i>P. operculella</i> a diferentes concentraciones del virus <i>Baculovirus phthorimaea</i> . Mizque. 1995-96	58
Figura 29.	Eficiencia de dos tipos de almacén para el control de <i>P. operculella</i> . Mizque. 1994-95	58
Figura 30.	Efecto de diferentes formas de aplicación del bioinsecticida Baculovirus en la incidencia de <i>P. operculella</i> en tubérculos almacenados en tres comunidades. Mizque, Cochabamba. 1995-96	59

Figura 31. Porcentaje de daño al follaje y al tubérculo causado por <i>P. operculella</i> : Mizque 1993-94	61
Figura 32. Porcentaje de larvas sanas, enfermas y parasitadas con tres estrategias de control para la polilla <i>P. operculella</i> . Mizque, Cochabamba, 1993-94	61
Figura 33. Comparación del daño al utilizar MIPPA versus testigo, en tres comunidades del Valle de Mizque, 1994	62
Figura 34. Efecto de tres períodos de exposición de los tubérculos al ataque de <i>P. operculella</i> en almacén, en tres comunidades de Mizque, Cochabamba	63
Figura 35. Secuencia cronológica de la fluctuación poblacional de <i>P. operculella</i> en el Valle de Mizque (1991-98)	64
Figura 36. Eficiencia de control y costos de diferentes tratamientos en almacenes de agricultores, Mizque, 1993-94	68
Figura 37. Producción de larvas sanas, larvas parasitadas por <i>Copidosoma</i> sp. y larvas infectadas con <i>B. phthorimaea</i> en dos años. Toralapa, 1993-94 y 1994-95.	78
Figura 38. Producción de larvas sanas, parasitadas e infectadas de <i>P. operculella</i> . Toralapa 1993-97	78
Figura 39. Porcentaje promedio de larvas infectadas bajo diferentes formas de alimento y recuperación (Aparicio, 1999).	80
Figura 40. Tiempos promedio de recuperación de larvas infectadas con diferentes formas de alimento y de recuperación (Aparicio, 1999).	80
Figura 41. Fluctuación mensual de las ventas del bioinsecticida Baculovirus en el periodo de 1994 a 1997.....	84
Figura 42. Distribución de las ventas del bioinsecticida Baculovirus en tres siembras de papa	84
Figura 43. Producción mensual del bioinsecticida MATAPOL (kg) de noviembre de 1998 a febrero de 1999	90
Figura 44. Relación de la cantidad del bioinsecticida MATAPOL producida, en existencia y vendida desde noviembre de 1998 hasta diciembre de 1999	90
Figura 45. Fluctuación de las ventas del producto MATAPOL de marzo a diciembre de 1999	91
Figura 46. Porcentaje de eficiencia del <i>B. phthorimaea</i> en el control de larvas de <i>Copitarsia</i> sp. (Tenorio, 1999)	94
Figura 47. Respuesta de tres estadios de larvas de <i>Copitarsia</i> sp. a la aplicación de <i>B. phthorimaea</i> (Tenorio, 1999)	95
Figura 48. Porcentaje de control de la polilla de la quinua <i>Eurysacca melanocampa</i> con el virus granuloso (Calderón et al., 1997)	95
Figura 49. Porcentaje de control de <i>E. melanocampa</i> por efecto del virus granuloso, insecticida químico Ambush e insecticidas biológicos en base a <i>B. thuringiensis</i> (Dipel, MVP) (Crespo et al., 1999)	96
Figura 50. Porcentaje de control de la polilla del tomate por efecto de la concentración del virus granuloso (Calderón et al., 1997 a)	96
Figura 51. Porcentaje de incidencia por efecto de cuatro tratamientos aplicados contra la polilla del tomate (Uño et al., 1999 a)	97

GLOSARIO DE SIGLAS Y TÉRMINOS

ARADO:	Acción Rural Agrícola y Desarrollo Organizado.
CEDEAGRO:	Centro de Desarrollo Agropecuario.
CEDIR:	Centro de Especialización y Desarrollo Integrado Rural.
CIMMYT:	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
CIP:	Centro Internacional de la Papa.
CIPCA:	Centro de Investigación y Promoción Campesina.
Chawpi Mshka:	En Mizque, Cochabamba: Siembra intermedia (en agosto, septiembre).

COSUDE:	Cooperación Suiza para el Desarrollo.
Centro Toralapa:	Centro de producción y servicios Toralapa.
IBTA:	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria.
INCCA:	Instituto de Capacitación Campesina Arani.
Ing. Agr.:	Ingeniero Agrónomo.
Lojru:	En Mizque, Cochabamba: Época de siembra en febrero, marzo.
Mishk'a:	En Mizque, Cochabamba: siembra temprana o de invierno (en junio a agosto) En el valle de San Andrés, Tarija: siembra en el mes de julio, agosto.
ONGs:	Organizaciones no Gubernamentales.
PRACIPA:	Programa Andino Cooperativo de la Investigación de la Papa.
PROSEMPA:	Programa de Fortalecimiento de los Sistemas de Multiplicación y Distribución de Semilla de Papa.
Temporal:	En Mizque, Cochabamba: siembra grande, siembra de año o a secano en octubre, noviembre En el Valle de San Andrés, Tarija: siembra tardía en enero, febrero.
UMSS:	Universidad Mayor de San Simón.
UPS/SEPA:	Unidad Productora de Semilla de Papa.

LÁMINAS

Biología de las polillas de la papa (<i>S. tangalis</i> y <i>P. operculella</i>)	41
Cómo combatir a las polillas de la papa	73

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

Técnicos de PROINPA que participaron con los resultados de sus trabajos de investigación en este capítulo:

Rayne Calderón
Jaime Herbas
Oscar Barea
Vladimir Lino

ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

Phthorimaea operculella (Zeller), *Symmetrischema tangolias* (Gyen) y *Tecia solanivora* (Povolny) son especies estrechamente relacionadas y se conocen con el nombre común de polillas o palomillas de la papa (Palacios *et al.*, 1997).

La más conocida, y la de mayor importancia entre las tres especies por su distribución mundial, es *P. operculella*, porque constituye un problema para la producción y la productividad del cultivo de la papa y otras solanáceas en las regiones cálidas y secas de todo el mundo.

En Bolivia, diagnósticos realizados en algunas localidades de los Departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí en 1990 y 1991, mostraron que *P. operculella* es una de las plagas importantes del cultivo de la papa (Andrew *et al.*, 1991a). *S. tangolias* ha sido reportada en 1988 (Efiás, 1989) y estudiada en Tarija desde 1993-94 (Arenas, 1994). *Tecia solanivora* aún no ha sido reportada en Bolivia.

Las dos primeras especies se encuentran ampliamente distribuidas en zonas de valles templados y mesotérmicos donde el medio ambiente es propicio para su desarrollo. Aunque ambas especies afectan al cultivo de papa a nivel del follaje, el principal daño se localiza en los tubérculos, tanto en campo como en almacén. Sin embargo, en los últimos siete años -según varios trabajos de evaluación de daños en almacén en diferentes zonas agroecológicas de Tarija, Chuquisaca y Cochabamba- un alto porcentaje de las polillas observadas correspondieron a *S. tangolias*, es decir, esta especie está desplazando a *Phthorimaea operculella* cuya presencia en las diferentes zonas paperas de estos departamentos era evidente en 1991 (Herbas *et al.*, 1994a; Barea y Bejarano, 1996; Arenas *et al.*, 1998).

La clasificación de las polillas de la papa, según Essig citado por Ojeda y Castro (1971), y la corrección en el nombre original de *S. plaesiosema* (Hodges y Osmark, 1990) es la siguiente:

Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Mandibulata
Clase:	Insecta
Orden:	Lepidoptera (Linnaeus, 1758)
Sub Orden:	Frenatae (Comstock, 1892)
División:	Heteroneura (Tillyard, 1918)
Superfamilia:	Gelechioidea (Stainton, 1854)
Familia:	Gelechiidae (Stainton, 1854)
Tribu:	Gnorimoschemini (Povolny, 1964)
Géneros:	Phthorimaea (Meyrick, 1902) Symmetrischema (Povolny, 1967)
Especies:	<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller, 1873) <i>Symmetrischema tangolias</i> (Gyen, 1913), n. comb. (de <i>Gnorimoschema</i>) <i>plaesiosema</i> (Turner, 1919), n. syn.
Nombre común:	"polilla de la papa"

1.1.1. *Phthorimaea operculella*

1.1.1.1. Origen

Se especulaba que *Phthorimaea operculella* (Zeller) se había originado en América del Norte, al Sureste de Estados Unidos. Actualmente, se le considera originaria de las áreas subtropicales húmedas de América del Sur, considerando que los principales hospedantes, papa y tabaco, tienen su centro de origen en esa área del continente y además un amplio complejo de enemigos naturales se localiza al este de los Andes (Radcliffe, 1982)

En Bolivia, por trabajos realizados en la campaña 1989-90 en Toralapa (3430 msnm) y Rodeo Chico (3300 msnm) en Cochabamba, se calificó, entre otras plagas, a la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* como una plaga importante, porque sus larvas causaban daño a los tubérculos hacia el final del ciclo del cultivo. En ambas localidades se registraron porcentajes de incidencia relativamente elevados (10-20%) y su presencia se atribuyó a las condiciones de sequía, especialmente en Toralapa, al final del ciclo del cultivo y antes de la cosecha (Herbas, 1992).

1.1.1.2. Distribución

Phthorimaea operculella está adaptada principalmente a las regiones cálidas del mundo hasta los 2500 msnm. Aparentemente no prospera en climas fríos (menos de 10°C de temperatura promedio anual). Sin embargo, se ha informado de infestaciones severas en zonas más frías, como las tierras altas del Perú, Colombia, Kenia y Nepal (Raman, 1988) y, en menor grado, en Venezuela. En condiciones de campo las poblaciones pueden ser evidentes cuando las temperaturas diarias alcanzan 16°C en promedio; estas poblaciones se incrementan rápidamente cuando las temperaturas varían entre 20 y 25°C (Haines, 1977).

En Cochabamba (Bolivia), *P. operculella* entre 1990 a 1999, ha sido reportada en Toralapa (Prov. Tiraque), Rodeo Chico (Prov. Arani) y Mizque (Prov. Mizque), al igual que en Aiquile y Omereque (Prov. Campero), Buen Retiro, Capinota, Pampa Capinota y Chifiri (Prov. Capinota), en la provincia Carrasco y parte de la provincia Chapare. También ha sido observada junto con *S. tangolias* en comunidades que pertenecen a las secciones Ayopaya, Morochata y Cocapata de la Prov. Ayopaya (Registro de especímenes, Laboratorio Entomológico, Centro de Servicios Toralapa, 2002).

Asimismo, hasta 1999, *P. operculella* estuvo presente en las provincias Saavedra, Linares y Modesto Omiste en Potosí. Por otro lado, diagnósticos interinstitucionales locales y nacionales dieron a conocer que esta polilla también ocasiona daños significativos en los cultivos de papa y/o tomate en las provincias Florida, Caballero y Vallegrande del departamento de Santa Cruz. En Chuquisaca hasta 1999, esta especie se ha observado en las provincias Zudañez, Tomina, Sud Cinti y Oropeza; en Tarija en las provincias Méndez, Cercado, Avilés y Arce y en el departamento de La Paz en Ingavi, Murillo y Aroma (Registro de especímenes, Laboratorio Entomológico, Centro de Servicios Toralapa, 2002).

Posteriormente, en las campañas 1999-2000 y 2000-2001, se observó que *P. operculella* también se encuentra en las provincias Bolívar y parte sud oeste de las provincias Capinota, Tapacari y Arque del departamento de Cochabamba. En Potosí, en las provincias Bustillos, Ibañez, parte oeste de Chayanta, Tomás Frías, Linares, Nor Chichas, Sud Chichas y M. Omiste, y parte este de la provincia Quijarro. En el departamento de Oruro, *P. operculella* está presente en las zonas paperas de las provincias Tomás Barrón, Cercado, Dalence, Poopó, Avaroa y Sebastián Pagador. En La Paz, esta polilla, también se encuentra en las provincias Villarroel, Loayza, Los Andes, Omasuyos, Manco Kapac, Camacho y parte oeste de la provincia Muñecas (Registro de especímenes, Laboratorio Entomológico, Centro de Servicios Toralapa, 2002) (Figura 1).

Sin embargo, en estos dos últimos años (1999-2000 y 2000-2001), la población así como el daño económico que ocasiona *P. operculella*, ya no es significativo, en comparación de la población y daño que ocasiona *S. tangolias*, a nivel de campo y almacén, después de que esta última se introdujo en la mayoría de las zonas mencionadas.



Figura 1. Distribución geográfica de la patilla de la papa *Phthonmaea operculella* en Bolivia.

1.1.1.3. Ciclo biológico y morfología

P. operculella presenta cuatro fases de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. El ciclo de vida de *Phthorimaea operculella* bajo condiciones de laboratorio (T° media 24.7°C , H. R. no controlada) dura aproximadamente 54 días (41-69 días): 3 a 7 días para la incubación de los huevos, 16 a 25 días para la fase de larva, 3 a 11 días para la fase de pupa, 19 a 23 días viven los adultos machos; en cambio la vida de las hembras dura de 19 a 26 días (Figura 2) (Chura, 1992).

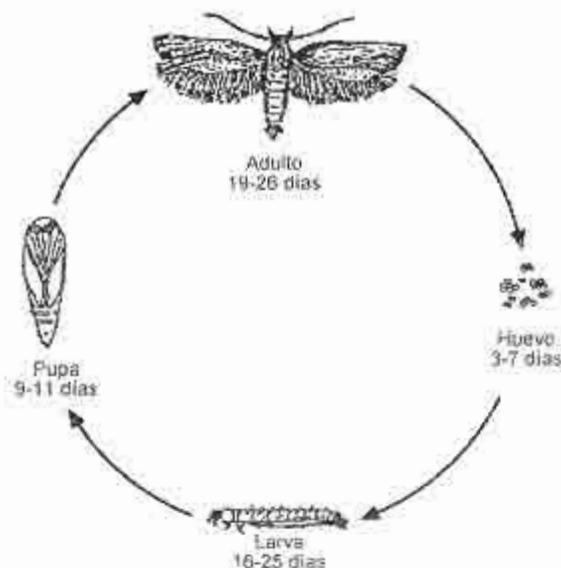


Figura 2. Ciclo biológico de la polilla *Phthorimaea operculella*.

Los huevos son elípticos, la superficie es lisa con un extremo ligeramente más ancho que el otro, de color blanco aperlado cuando son recién ovipositados, tornándose amarillos y luego negros antes de su eclosión. En promedio miden 0.53 mm de longitud y de 0.37 mm de ancho en la parte media (Chura, 1992).

Las larvas son eruciformes, al nacer miden aproximadamente 1 mm y en su último estadio alcanzan 11.6 mm de largo y 2.47 mm de ancho. La cabeza es de color marrón oscuro, el dorso rosáceo o verdoso y el resto del cuerpo varía de blanco a amarillo con manchas oscuras rosadas (Chura, 1992). Las larvas pasan por cuatro estadios larvales y en todos ellos se observa el escudo cervical. Tienen patas verdaderas y pseudopatas en el tercer, cuarto, quinto, sexto y último segmento abdominal (Andrew *et al.*, 1999a).

Las pupas son de color marrón claro. Las pupas hembras son más grandes que los machos, miden aproximadamente 9.01 mm de largo y 2.85 mm de ancho; los machos 8.69 mm de largo y 2.21 mm de ancho. Esta fase dura de 3 a 11 días (Chura, 1992).

Las polillas adultas son pequeñas, de color pajizo (amarillo claro), en el campo se confunden fácilmente con otras polillas de la misma familia. El cuerpo mide aproximadamente 10 mm y la envergadura alar de 12 a 15 mm (Andrew *et al.*, 1999a); las alas anteriores son de color blanco grisáceo con pequeñas manchas oscuras y un borde angosto de pelos en el margen posterior y hacia las puntas; las alas posteriores son de color blanco sucio y presentan un borde ancho de pelos. Los machos son más pequeños, se distinguen porque tienen el abdomen menos globoso que las hembras y al final del abdomen tienen pelos o escamas en forma de "penacho", mientras que las hembras lo tienen liso. La hembra oviposita de 100 a 150 huevecillos durante su vida (18 días) con un promedio de oviposición de 5.8 a 7.6 huevos diarios (Chura, 1992).

1.1.1.4. Hábitos de vida

Huevo: Los huevos pueden ser depositados individualmente o en grupos en diversos lugares. En el campo se encuentran en el envés de las hojas, en los tallos, descubiertos cerca de las yemas en los tubérculos. En almacén se hallan sobre los tubérculos almacenados, en los desechos o directamente sobre la tierra y los materiales utilizados para el almacenamiento (Chura, 1992; Andrew *et al.*, 1999a).

Larva: Constituye la única etapa dañina del ciclo de vida del insecto (Chura, 1992). En los tubérculos las larvas permanecen protegidas y generalmente penetran por los ojos y dejan los excrementos en la entrada de la galería que abren. Si la larva se ha desarrollado en la planta, se cuelga de ella mediante un hilo de seda y alcanza el suelo para empupar. Sin embargo, también empupan en hojas y restos de follaje (Comunicación personal de Vladimir Lino)¹.

Después de la eclosión, las larvas pueden pasar por varios tubérculos antes de penetrar en alguno. Hacia el final del último estadio la larva abandona el tubérculo y fabrica un capullo de seda de color grisáceo, dentro del cual se transforma en pupa (Chura, 1992).

Pupa: Cuando la larva completa su desarrollo, abandona el tubérculo, se dirige al suelo y forma un cocón de seda para empupar (Chura, 1992). En almacén empupan sobre la superficie de los tubérculos, en el piso o las paredes del almacén, en los costales de papa, etc. (Chura, 1992; Andrew *et al.*, 1999).

Adulto: Los adultos de la polilla se ocultan durante el día y en la noche son activos y vuelan para copular o para depositar huevecillos. Empiezan a ovipositar a los tres días de haber emergido de la pupa y viven de 19 a 26 días. El tiempo de vida de las hembras es mayor al de los machos en 1 a 3 días, aproximadamente.

La polilla prefiere ovipositar en los tubérculos no verdeados que en aquéllos con alto grado de verdeamiento (Marquez, 1987). Sin embargo, esto no constituye un factor limitante, ya que se ha observado la presencia de huevos de polilla en tubérculos aéreos causados por *Rhizoctonia solani*. (Vladimir Lino, comunicación personal).

1.1.1.5. Fluctuación poblacional

Mediante el uso de feromonas sexuales impregnadas en dispersores y acompañadas de trampas de agua se realizó el seguimiento de las poblaciones de la polilla de la papa *P. operculella*, en función de la fenología del cultivo, para planificar futuros trabajos de control. Los resultados mostraron que la población de la polilla está en función directa a la curva de temperatura e inversa a la curva de precipitación (Andrew *et al.*, 1992a; Zurita & Andrew, 1993).

Posteriormente se verificó que la plaga, por las condiciones ambientales del valle en Mizque, está presente durante todo el año aun cuando no haya papa en el campo (Zurita & Andrew, 1994b). Sin embargo, el incremento de la población de adultos de *P. operculella* coincidía con la presencia de cultivos hospedantes y principalmente de papa. Con el cultivo de papa la población de la polilla se incrementa y este aumento tiende a ajustarse a una curva normal, asociada al desarrollo fenológico del cultivo.

La mayor población de adultos registrada en las diferentes comunidades de Mizque coincide con el período de floración del cultivo (Lino, 1994). En el momento de la cosecha las poblaciones de la polilla disminuyen en la siembra temporal² y aumentan en las siembras Lojru³ y Mishk'a⁴ (Zurita, 1994; Zurita & Andrew, 1994b).

Del análisis de los resultados obtenidos entre 1991 y 1998, quedó demostrado que la mayor población del insecto adulto en el Valle de Mizque se presenta durante la siembra temporal (septiembre-enero), porque en esta época hay mayor superficie cultivada de papa, en comparación con las otras dos épocas de siembra. En cambio, de febrero a mayo, que corresponde a la siembra Lojru, se registran las menores poblaciones de *P. operculella*, porque hay menor superficie cultivada con papa. Esta es la época dedicada al almacenamiento de los tubérculos-semilla para la siembra Mishk'a (Figura 3) (Lino *et al.*, 1998).

¹ Técnico entomólogo, Fundación PROINPA.

² Temporal: siembra de octubre a noviembre, cosecha de febrero a abril.

³ Lojru: siembra febrero a marzo, cosecha de junio a agosto.

⁴ Mish'ka: siembra junio a agosto, cosecha de octubre a diciembre.

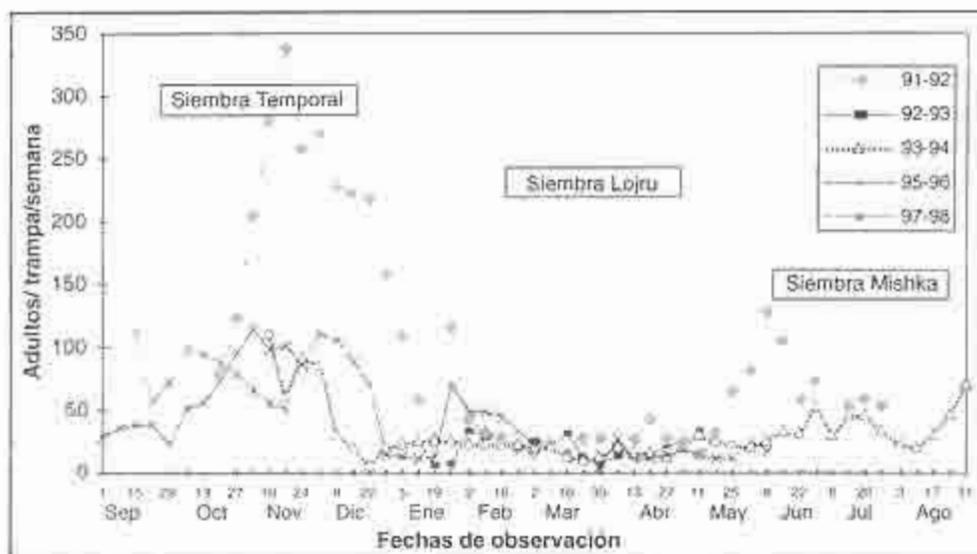


Figura 3. Fluctuación de la población de *Phthorimaea operculella* en el Valle de Mizque, Cochabamba (1991-98).

En el Valle Central de Tarija, se realizan dos siembras al año, la Mishka (julio-agosto) y la Tardía (febrero - marzo); en la primera, el incremento de la población de la polilla se produjo entre el inicio de la tuberización (octubre) y la cosecha (diciembre) (Herbas *et al.*, 1993a).

En el Valle de Capinota (Cochabamba) donde *P. operculella* se presentó en un nivel significativo, la fluctuación poblacional no fue clara, pero se incrementó durante la floración del cultivo y descendió notoriamente en la senectud. Tal como se observó en el Valle de Mizque, el nivel poblacional de la polilla en Capinota declina a un mínimo sin llegar a cero, es decir existe una población latente en la zona (Figura 4) (Lino *et al.*, 1997a).

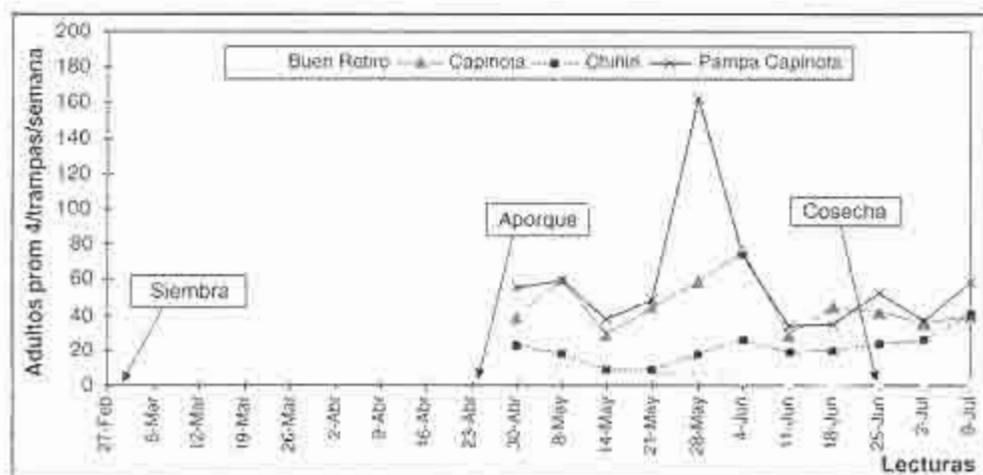


Figura 4. Fluctuación poblacional de *P. operculella* en comunidades de la Prov. Capinota, Cochabamba, 1996-97.

Por otra parte, se observó que el comportamiento poblacional de *P. operculella* cambia de acuerdo al tipo de agricultura. En un estudio en las comunidades de Los Negros y Las Cruces de la provincia Florida (Dpto. de Santa Cruz), se observó que la fluctuación de las poblaciones de esta polilla no correspondió con los resultados de los valles mesotérmicos de Cochabamba y Tarija. Esto se debe al sistema de agricultura intensiva practicado en la zona, donde la papa y el tomate constituyen dos rubros de importancia en el cultivo de

hortalizas, por lo que *P. operculella* encuentra condiciones óptimas para su desarrollo y multiplicación. En ambas comunidades el incremento de la población de la polilla fue continuo; en la comunidad Los Negros la mayor población del adulto se observó en el período de la floración del cultivo, en cambio en la comunidad de Las Cruces se observó un incremento más pronunciado de la población luego de la floración del cultivo, lo cual se atribuyó a la presencia de poblaciones excedentes del insecto procedentes de nuevos cultivos de papa en la zona (Figura 5) (Lino et al., 1997b).

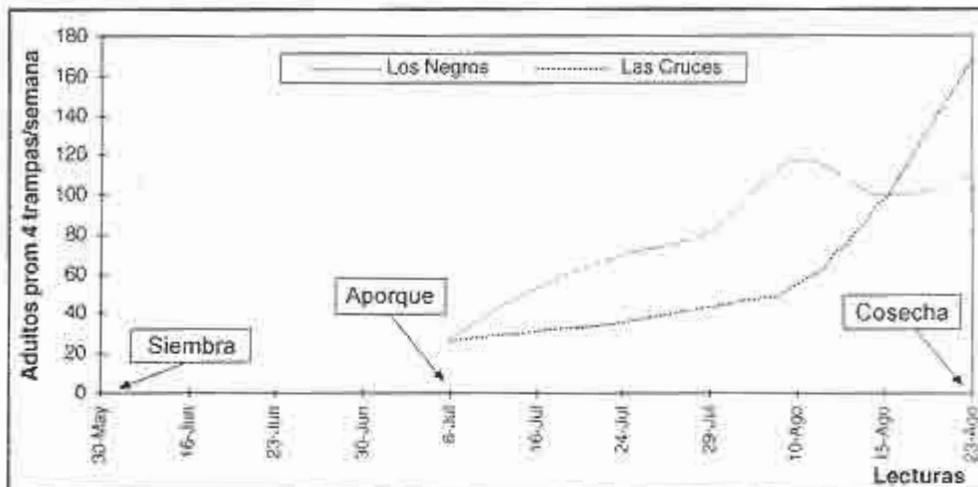


Figura 5. Fluctuación poblacional de *P. operculella* en comunidades de la provincia Florida, Santa Cruz, 1996-97

En otros dos trabajos en Santa Cruz (comunidades del Vallecillo y San Isidro), sobre la fluctuación poblacional de *P. operculella* para optimizar la aplicación de tratamientos de control, se demostró que el nivel poblacional de la polilla en el Vallecillo (prov. Florida) es bastante reducido, con un promedio máximo de 11 adultos/trampa/semana. Este resultado se debe a que la papa se cultiva sólo una vez al año y los otros cultivos no son hospedantes de la polilla (Figura 6). En cambio, en la zona de San Isidro, el nivel poblacional de *P. operculella* fue bastante significativo con un promedio máximo de 278 adultos/trampa/semana (Figura 7) (Lino et al., 1998b).

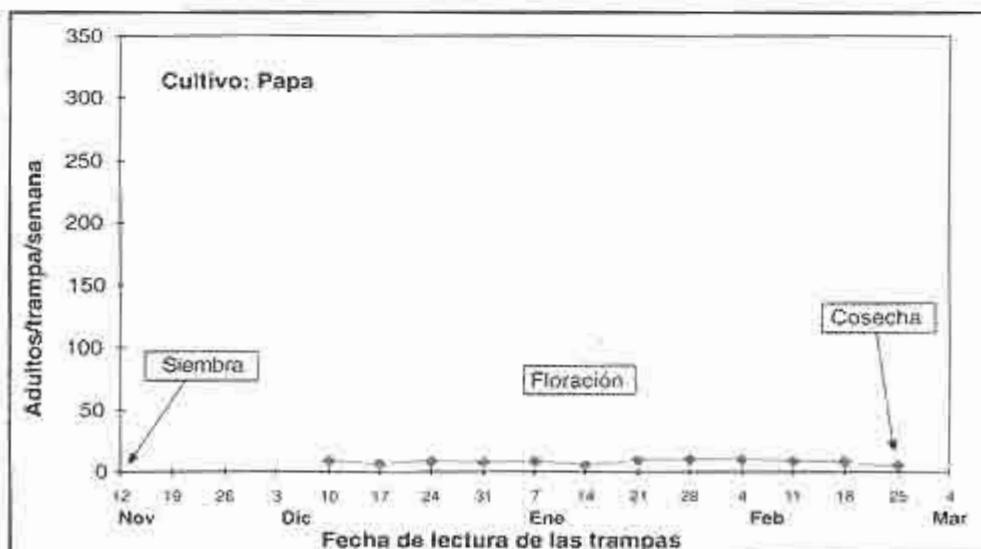


Figura 6. Fluctuación poblacional de *P. operculella* en El Vallecillo (Samaipata), Santa Cruz, 1997-98.

En estos estudios también se observó que el incremento poblacional es gradual y paralelo al desarrollo fenológico del cultivo hospedante. Las mayores poblaciones de polilla se concentran durante la floración y fructificación del tomate y disminuyen durante la senectud (Figura 7).

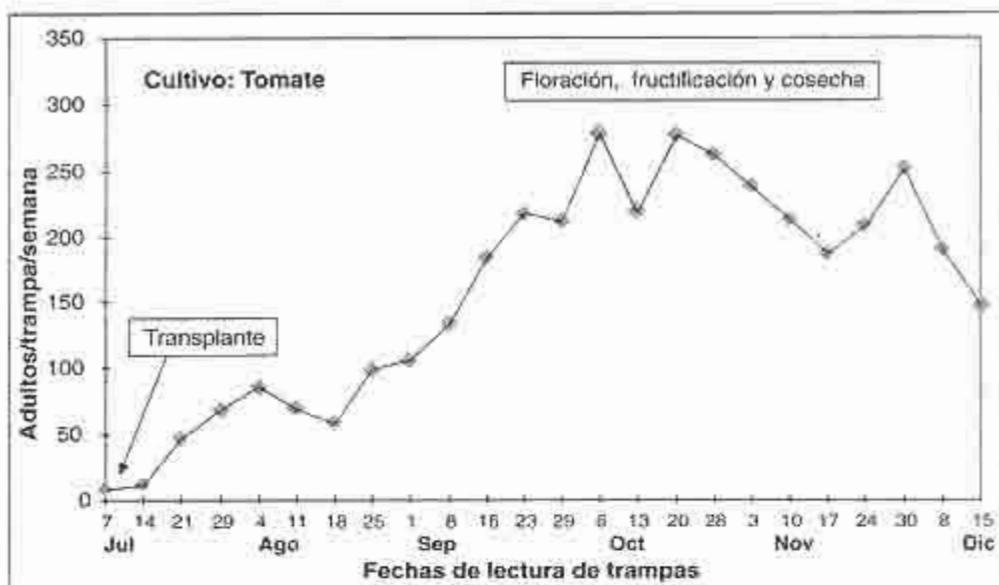


Figura 7. Fluctuación poblacional de *P. operculella* en San Isidro, Comarapa, Santa Cruz, 1997-98.

Sin embargo, en condiciones de clima frío en las Pampas de Lequezana (Potosí), la polilla también aumenta su población durante la floración del cultivo, si no se realizan tratamientos fitosanitarios y además, entre la senectud de las plantas y la cosecha de los tubérculos desarrolla una generación de polillas que afecta a los tubérculos (Iporre y Llanos, 1996).

1.1.2. *Symmetrischema tangolias*

1.1.2.1. Origen

Symmetrischema tangolias (Gyen) fue reportada por primera vez en América del Sur, en el Valle del Mantaro (Perú) (Alcazar et al., 1982) y después en otras zonas de los Andes en el Perú, Bolivia y Colombia (Griepink & Visser, 1996).

S. tangolias fue reportada por primera vez en Bolivia en julio de 1988, en la localidad de Tolomosa a 1900 msnm (Valle central de Tarija). Fue considerada la plaga más dañina de este cultivo porque causa serios perjuicios económicos al agricultor, especialmente durante el almacenamiento y no así en campo, mermando la producción en un 45 a 70% e inclusive en 100% cuando no se aplica ningún método de control (Elias, 1989).

Posteriormente, la presencia de *S. tangolias* fue confirmada en 1992-93 en evaluaciones de tratamientos contra *P. operculella* en almacenes de agricultores en el valle Central de Tarija (San Andrés, Tolomosa Norte, Guerrahuayco y San Pedro de Sola) (Arenas, 1994).

1.1.2.2. Distribución

Symmetrischema tangolias se encuentra distribuida en varias zonas de Perú y Colombia, también ha sido reportada, en Australia y E.E.U.U (Osmelak, 1987), donde todavía no se le considera una plaga. Se la encuentra

en altitudes por encima de los 3400 msnm, en contraste con *Phthorimaea operculella* que habita zonas más cálidas y secas (Griepink & Visser, 1996).

S. tangolias ingresó a Bolivia por el departamento de Tarija, al sur del país, probablemente en tubérculos provenientes de la República Argentina, después de la fuerte sequía ocurrida en Bolivia, en el año 1983-84; y posteriormente, a través de flujos inadecuados de tubérculos-semillas, *S. tangolias* se diseminó hacia Chuquisaca y Cochabamba. Hasta 1999, en Tarija esta polilla se encontraba distribuida en diferentes zonas agroecológicas como Iscayachi (zona de altura > 3200 msnm), en los Valles del Río Pilaya (2200 a 2800 msnm) y en todo el Valle Central o Bajo de Tarija (1700 a 2100 msnm). Las zonas mencionadas de Tarija, corresponden geográficamente a las provincias Cercado, Arce, Méndez y Avilés (Registro de especímenes, Laboratorio Entomológico, Centro de Servicios Toralapa, 2002).

En 1995 se confirmó que *S. tangolias* era importante en otros departamentos de Bolivia. Efectivamente, desde 1995 a 1999, en las provincias Sud Cinti (Culpina) y Nor Cinti (Incahuasi y Villa Charcas) de Chuquisaca, se observó que esta especie causaba daños considerables en los tubérculos apilados en el campo después de la cosecha y que su presencia se debería al flujo de tubérculos semilla desde el Valle de San Andrés, Tarija. También se observó *S. tangolias* en comunidades de la provincia Yamparaez, como consecuencia del flujo de semillas desde las comunidades de la provincia Sud Cinti.

Posteriormente, hasta 1999, los diagnósticos efectuados por PROINPA y otras instituciones, indicaron que esta polilla se encontraba en las zonas paperas de los departamentos de Potosí (Prov. Saavedra), Cochabamba (Prov. Tiraque, Ayopaya y Chapare), Santa Cruz (Prov. Vallegrande) y La Paz (Prov. Sud Yungas y Loayza). En La Paz, *S. tangolias* fue encontrada en muestras de tubérculos provenientes de la provincia Sud Yungas, y asimismo, en la comunidad de Wilapampa, situada en la Quinta sección de Cairoma de la provincia Loayza. En Santa Cruz, *S. tangolias* se observó en los diagnósticos efectuados en la provincia Vallegrande, en las comunidades de El Vello, Coloradillo, Lagunillas, Alto Veladero y Abra Grande (Registro de especímenes, Laboratorio Entomológico, Centro de Servicios Toralapa, 2002).

A la fecha, *S. tangolias*, esta presente en mayores áreas geográficas del departamento de La Paz (provincias: Omasuyos, Los Andes, Murillo, Larecaja, Loayza, Inquisivi y en forma localizada en Aroma y Sud Yungas-Irupana), Cochabamba (provincias: Ayopaya, Tapacari, Arque, Capinota, Quillacollo, Cercado, Punata, Jordan, Arani, Esteban Arze, Tiraque, Carrasco, Mizque y Campero), Santa Cruz (provincias: Caballero, Florida y Vallegrande), Potosí (provincias: Bilbao, Ibañez, Charcas, Chayanta, Tomás Frías, Saavedra, Unares, Nor Chichas, Sud Chichas, M. Omiste y parte de la provincia Quijarro), Chuquisaca (provincias Oropeza, Zudañez, Yamparaez, Tomina, Azurduy, Nor Cinti, Sud Cinti y parte de la provincia Hernando Siles) y Tarija (provincias: Méndez, Avilés, Cercado y parte de la provincia O'Connor) (Registro de especímenes, Laboratorio Entomológico, Centro de Servicios Toralapa, 2002) (Figura 8).

Por otra parte, en base a la ubicación geográfica actualizada de ambas polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* en Bolivia, se ha elaborado un tercer mapa que identifica las áreas de infestación comunes a ambas especies y la ubicación geográfica exclusiva de cada una de ellas (Figura 9).



Figura 8. Distribución geográfica de la polilla *Symmetrischema tangolias* en Bolivia.

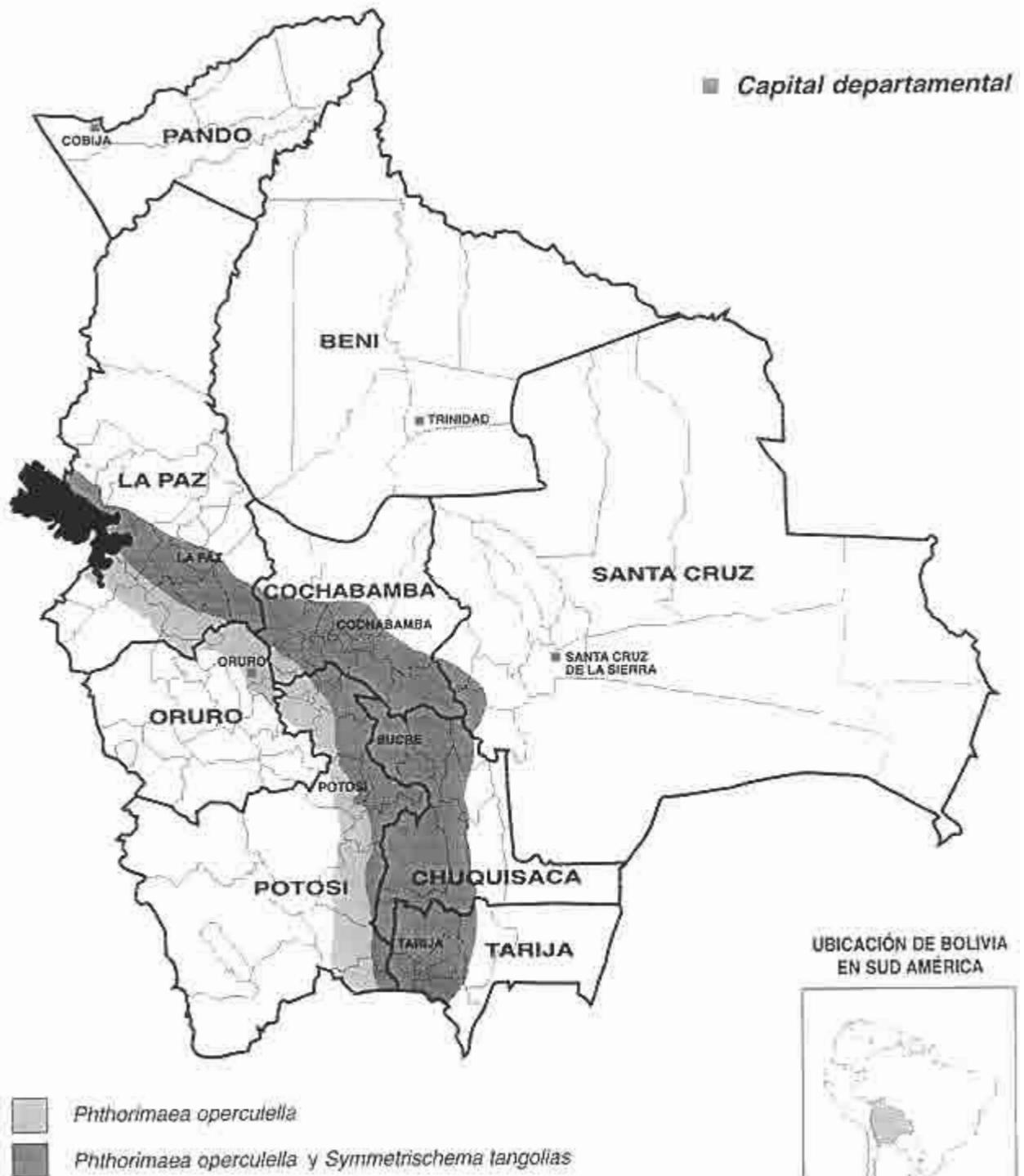


Figura 9. Distribución geográfica de las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* en Bolivia.

1.1.2.3. Ciclo biológico y morfología

El ciclo biológico de la polilla *Symmetrischema tangolias* presenta cuatro fases de desarrollo diferenciados, huevo, larva, pupa y adulto (Figura 10).

En condiciones de laboratorio (22.6°C; H. R. no controlada), se observó que el ciclo de vida de *S. tangolias* está influenciado por la temperatura y el hospedante (tubérculos de papa). Desde el estado de huevo hasta adulto, el ciclo de vida tiene una duración promedio de 67.5 días. Bajo estas condiciones, la duración de cada estadio de *S. tangolias* es: huevo-incubación de 6 a 8 días, larva 22 a 24 días, pupa de 12 a 15 días y adulto de 23 a 25 días (Figura 9). Por este ciclo de vida, pueden presentarse hasta 6 generaciones del insecto por año (Arenas, 1995; Arenas *et al.*, 1998). Sin embargo, en un estudio anterior, en condiciones de laboratorio (T min 17.5°C, T max 24°C) en un año de observación, se lograron siete generaciones en la localidad de Tolomosa del Departamento de Tarija (Eliás, 1989).

En otro estudio bajo condiciones de laboratorio (T. med 20.3°C, T. min 17.7°C, T. max 22.9°C) a 2750 msnm en Chuquisaca, se determinó que el ciclo biológico de *S. tangolias* tiene una duración de 79 a 82 días (Cervantes, 2000).

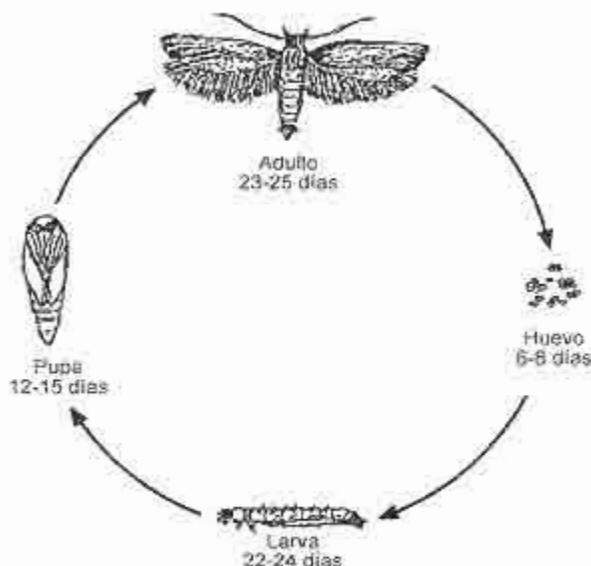


Figura 10. Ciclo biológico de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias*.

Los huevos son de forma elíptica achatada, la superficie externa presenta finas rugosidades y estrias que se entrecruzan como una red (Eliás, 1989; Andrew *et al.*, 1999b, Cervantes, 2000). Tienen un extremo más ancho que el otro y miden aproximadamente 0.55 mm de largo y 0.26 mm de ancho.

Inicialmente son de color blanco aperlado y a medida que maduran toman un color amarillo intenso, anaranjado brillante y posteriormente plomo claro, donde se puede observar un punto negro que es la cabeza de la pequeña larva. La eclosión se inicia generalmente en el polo opuesto al que está adherido a la superficie (Arenas, 1995; Cervantes, 2000).

La incubación de los huevos toma de 6 a 8 días en condiciones de laboratorio con T med 22.6°C y humedad relativa no controlada, con luz natural y artificial (Arenas, 1995).

Esta especie presenta cinco estadios larvales bien definidos. Las larvas son de tipo eruciforme. Las larvas recién nacidas son de color blanco cremoso, la cabeza ligeramente es más ancha y robusta que el resto del cuerpo y miden aproximadamente 1 mm (Eliás, 1989; Arenas, 1995, Andrew *et al.*, 1999b). En el último estadio la cabeza es de color marrón oscuro y el cuerpo es cilíndrico, blando, de color verde claro con cinco franjas longitudinales en el dorso de color rojo, rosado o violáceo. Presentan tres pares de patas torácicas o verdaderas y cinco pares de pseudopatas en el abdomen. Su tamaño varía de a 1 12.5 mm de largo. El estado de larva dura

de 22 a 24 días en condiciones de laboratorio (22.6°C de temperatura media y H. R. no controlada) (Arenas, 1995) y de 30.7 días desde la eclosión del huevo hasta antes del estado de prepupa, en condiciones de laboratorio con T med de 20.3°C a una altitud de 2750 msnm. (Cervantes, 2000).

El estado de prepupa se inicia cuando la larva en su último estadio se vuelve inactiva, los procesos metabólicos se reducen al mínimo (Eliás, 1989; Andrew et al., 1999b); la larva también reduce su tamaño formando un capullo para empupar. La prepupa mide 9.2 mm de largo y 2.5 mm de ancho en promedio. Este estado dura 2.7 días (Cervantes, 2000).

Las pupas al inicio son verdes y se pueden distinguir franjas guindas sobre el dorso, luego cambian a color café claro y finalmente café brillante. La pupa se momifica, las patas, alas y antenas se encuentran pegadas al cuerpo (Andrew et al., 1999b). Cuando se aproxima la emergencia de los adultos la pupa se torna de color negro, la emergencia de los adultos se realiza por la parte superior de la pupa. Las hembras son de mayor tamaño que los machos, los machos miden 7.79 mm de largo y las hembras 8.04 mm (Arenas, 1995); en otro estudio se dio una sola medida para esta fase, una longitud de 8.1 mm y un diámetro de 2.2 mm (Andrew et al., 1999b). La duración de esta fase varía, según las condiciones de laboratorio, entre 12 a 15 días (Arenas, 1995) y 18.7 días (Cervantes, 2000).

El adulto es una pequeña polilla de color pajizo, que en el campo se puede confundir con otras polillas de la misma familia. Las hembras presentan una expansión alar de 17.8 a 20.2 mm y los machos de 17.8 a 18.5 mm con finas escamas grisáceas que cubren todo el cuerpo. Una de las características más notables de esta especie y que permite diferenciarla del género *Phthorimaea*, es que en el margen costal de las alas anteriores presenta una mancha marrón oscura de forma triangular (Eliás, 1989; Arenas, 1995). El aparato bucal es chupador y en estado de reposo se enrolla en forma de espiral. Los machos son más pequeños que las hembras, presentan el abdomen más delgado con una estructura terminal ahusada y curvada hacia arriba en forma de "W", en cambio el abdomen en las hembras es más ancho de terminación roma (Arenas, 1995; Cervantes, 2000). Las hembras comienzan a ovipositar a los tres días de haber emergido de la pupa. Los adultos viven de 23 a 25 días con dieta de miel de abeja al 5% en condiciones de laboratorio (22.6°C de temperatura media y H.R. no controlada) (Arenas, 1995; Cervantes, 2000).

1.1.2.4. Hábitos de vida

Huevo: La incubación de los huevecillos varía de 6 a 8 días en condiciones de laboratorio (22.6°C; H.R. no controlada). Los huevos pueden ser ovipositados individualmente o en pequeños grupos, principalmente cerca de los ojos de los tubérculos o en los ojos alrededor de la yema (Arenas, 1995).

Larva: Las larvas recién eclosionadas se desplazan lentamente. Dentro el cultivo en campo barrenan el tallo y se alimentan del cilindro central perjudicando el flujo de la savia en la planta.

En los tubérculos el daño es severo, las larvas penetran al interior a través de los ojos. Barrenan y realizan galerías superficiales y profundas (Sanchez y Aquino, 1986) donde depositan sus excrementos. Las larvas pueden infestar otros tubérculos, es decir pueden dañar más de un tubérculo. Al acercarse el final del último estadio, se puede observar larvas caminando en las paredes de los almacenes en busca de un lugar para empupar; estos sitios pueden ser cajas de almacenamiento, bolsas, rajaduras de las paredes, techos de caña hueca y dentro de los tubérculos (Barea et al., 1998; Andrew et al., 1999b; Cervantes, 2000).

Pupa: Cuando la larva completa su desarrollo, puede abandonar el tubérculo para formar un cocón de seda de color grisáceo, dentro del cual se transforma en pupa (Arenas, 1995). Pueden empupar dentro del órgano infestado (tubérculos), en el suelo, costales, paredes de almacenes, etc. (Sanchez y Aquino, 1986). En campo, la fase de pupa se desarrolla en el interior de los tallos y/o en el suelo (Barea et al., 1998).

Adulto: Los adultos son de actividad nocturna, especialmente para la cópula (Barea et al., 1998); durante el día buscan lugares oscuros para refugiarse. En campo se esconden entre el follaje de plantas de papa, en malezas, en residuos del cultivo anterior, terrones, etc. En almacén el adulto es favorecido por los lugares oscuros que le facilitan mayor actividad tanto en el día como en la noche. La cópula ocurre pocos días después de la emergencia del adulto, sin embargo, al día siguiente de convertirse en adulto, la polilla está en condiciones de copular y la oviposición se inicia de uno o dos días después de la cópula. Una hembra deposita alrededor de 108 huevos durante su vida (Arenas, 1995; Cervantes, 2000).

Durante el almacenamiento los adultos hembras depositan los huevos sobre y cerca de los ojos de los tubérculos; en los tubérculos en brotamiento ovipositan sobre el brote o en la base, en forma aislada. En el campo, las hembras ovipositan los huevos en los tubérculos expuestos debido a un mal aporque o por la presencia de demasiados terrones o rajaduras que facilitan la oviposición. (Sanchez y Aquino, 1986; Andrew *et al.*, 1999b; Cervantes, 2000).

1.1.2.5. Fluctuación poblacional

El seguimiento de las poblaciones de polilla, como en el caso de *P. operculella*, también se realizó para *S. tangolias* haciendo uso de dispersores Impregnados con feromona sexual, específica para esta especie, en trampas de agua.

Un estudio en campo y almacén en las zonas de San Andrés y Sella (Departamento de Tarija), dio a conocer que *S. tangolias* presenta los mayores picos poblacionales en San Andrés (Fig. 11 y Fig. 12). La población más alta en condiciones de campo se presenta de septiembre a diciembre, que corresponde a la época de la floración a la cosecha. Dentro de almacén (diciembre a febrero-marzo) los niveles poblacionales de la polilla también se mantuvieron altos -aunque variables- en San Andrés en comparación con las poblaciones observadas en la zona de Sella. Las capturas posteriores en campo (marzo a agosto) demostraron que los adultos de esta polilla persisten todo el año en ambos lugares, aunque los campos no estén cultivados con papa (Arnold *et al.*, 1995 c).

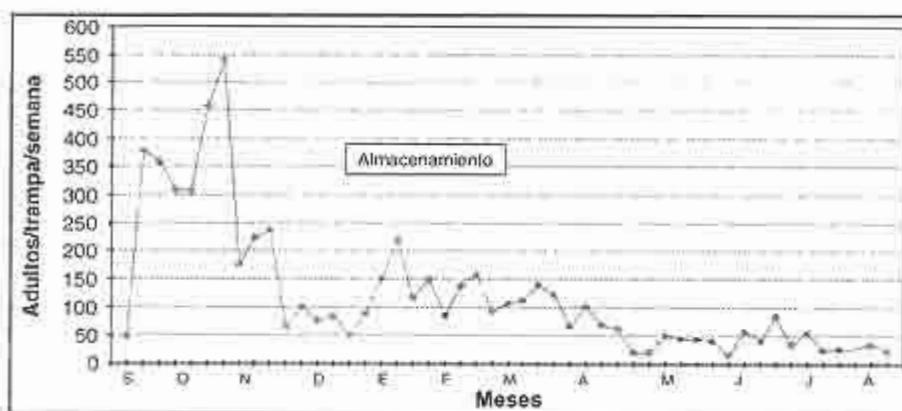


Figura 11. Captura de adultos de *S. tangolias* con trampas de agua en almacenes de dos comunidades del valle de San Andrés, Tarija. 1994-95.

Las altas poblaciones de polilla en San Andrés no pudieron ser igualadas por las de Sella, debido a que en esta última zona *S. tangolias* era una plaga relativamente nueva (Arnold *et al.*, 1995 c).

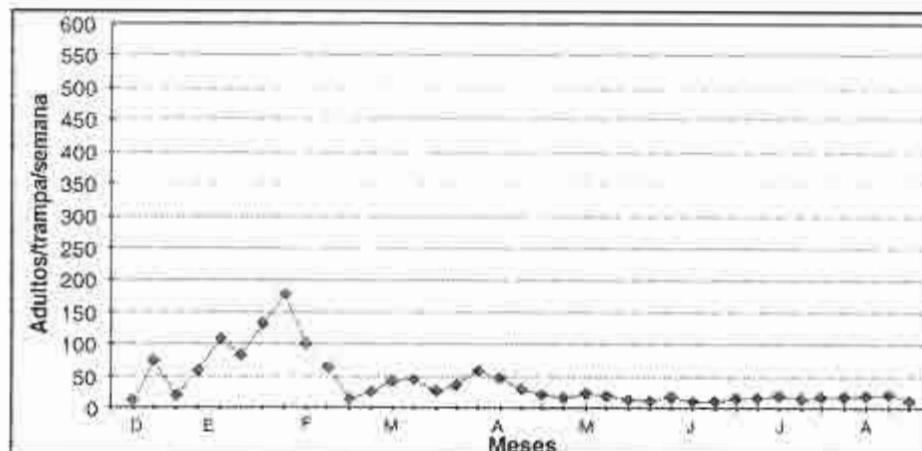


Figura 12. Captura de adultos de *S. tangolias* con trampas de agua en almacenes de dos comunidades de Sella, Tarija. 1994-95.

Finalmente, la duración del ciclo biológico así como las características comparativas de *P. operculella* y *S. tangolias* han sido resumidas en los Cuadros 1 y 2, de los que se concluye que *P. operculella* es de menor tamaño que *S. tangolias* y que su ciclo biológico también es más corto.

Cuadro 1. Duración en días del ciclo biológico de *P. operculella* y *S. tangolias* por estadio en condiciones de laboratorio.

Estadio biológico	<i>Phthorimaea operculella</i> *		<i>Symmetrischema tangolias</i> **	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio
Huevo	3-7	5	9-12	10.8
Larva	16-25	20.5	29-32	30.8
Prepupa			2-3	2.7
Pupa	3-11	7	17-23	18.9
Adulto		21.5		
Macho	19-23		21-24	22.4
Hembra	19-26		17-20	18.7
Total		54	78-94	85.6

Fuente: *Chura, 1992; **Andrew et al., 1999b; **Cervantes, 2000.

Cuadro 2. Características morfológicas de los diferentes estados biológicos de *P. operculella* y *S. tangolias*.

Estado Biológico	<i>Phthorimaea operculella</i>		<i>Symmetrischema tangolias</i>	
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
Huevo	0.5 - 0.53	0.32 - 0.37	0.55	0.26
Larva	1 (recién nacidas) 11.6 (último estadio)	2.47 (último estadio)	1 (recién nacidas) 12.5 (último estadio larval)	
Prepupa			9.2	2.5
Pupa	8.69 (Pupa macho) 9.01 (Pupa hembra)	2.21 (Pupa macho) 2.85 (Pupa hembra)	8.1	2.2
Adulto	9.86-10 (largo cuerpo) 12-15 (envergadura alar)	17.8-18.5 (envergadura alar machos)	17.8 - 20.2 (envergadura alar hembras)	

Fuente: Chura, 1992; Andrew et al., 1999 a; Luis Crespo, Comunicación personal (1999); Cervantes, 2000.

1.2. PÉRDIDAS OCASIONADAS POR LA POLILLA DE LA PAPA

1.2.1. *Phthorimaea operculella*

El daño económico que causa *P. operculella* en la papa se manifiesta en el estado larval, desde la eclosión del huevo hasta el último estadio, y no así en el estado adulto (Andrew et al., 1992 a). La larva penetra al tubérculo principalmente a través de los ojos; primero se alimenta en forma superficial, para luego barrenar más profundamente formando galerías en el interior, contaminando el tubérculo con excrementos con apariencia de aserrín. Debido a este daño, los tubérculos pierden agua y adquieren una consistencia "corchosa", que no sirve ni para consumo ni como semilla (Andrew et al., 1991 a).

El daño inicial en los tubérculos recién cosechados es el resultado de bajas infestaciones, pero es un punto crítico en el control de la polilla de la papa, ya que a partir de este momento se presentan infestaciones posteriores, debido principalmente al tiempo de permanencia de la semilla en campo después de la cosecha (Zurita & Andrew, 1994 a). Las bajas infestaciones en la cosecha se magnifican al final del período de

almacenamiento (3 a 4 meses), debido a que durante este período la polilla puede desarrollar varias generaciones (Andrew *et al.*, 1992 c).

Se ha recibido información de daños de la polilla *P. operculella* en Bolivia en diferentes zonas y en diferentes fechas. Por ejemplo, en 1989, en la localidad de Toralapa y Rodeo Chico (Cochabamba) se describieron los daños causados por *P. operculella* en el cultivo de papa. El daño de las larvas en los tubérculos era evidente al final del ciclo del cultivo y a los adultos se les observó causando daño al follaje (Herbas, 1992). En el Valle de Mizque (Cochabamba) se demostró que el promedio de las pérdidas por la infestación de los tubérculos por *P. operculella* llegaba a más del 50% (Andrew *et al.*, 1992 b). Posteriormente, a través de diferentes estudios de la polilla en este valle, se consideró que la plaga era poco importante en el follaje y que el daño se limitaba a los tubérculos durante el almacenamiento (Zurita & Andrew, 1994 d).

En tres comunidades del valle de Mizque se reportaron infestaciones en el follaje, como resultado de los estudios realizados en tres siembras por año durante dos años. En general se observó que las infestaciones de *P. operculella* en el follaje son imperceptibles (4%), considerando que el 33% de daño en el follaje no influye significativamente los rendimientos (Rocha *et al.*, 1990). No se encontró diferencias significativas de daño entre épocas de siembra en las dos campañas. Esta baja infestación del follaje posiblemente se debió a que el medio ambiente no era favorable para la plaga y a la presencia de plantas hospederas más apetecibles, en contraste con lo que ocurre en almacén, donde la polilla encuentra un ambiente favorable (poca luz y temperatura alta) (Figura 13) (Zurita & Andrew, 1994 d).

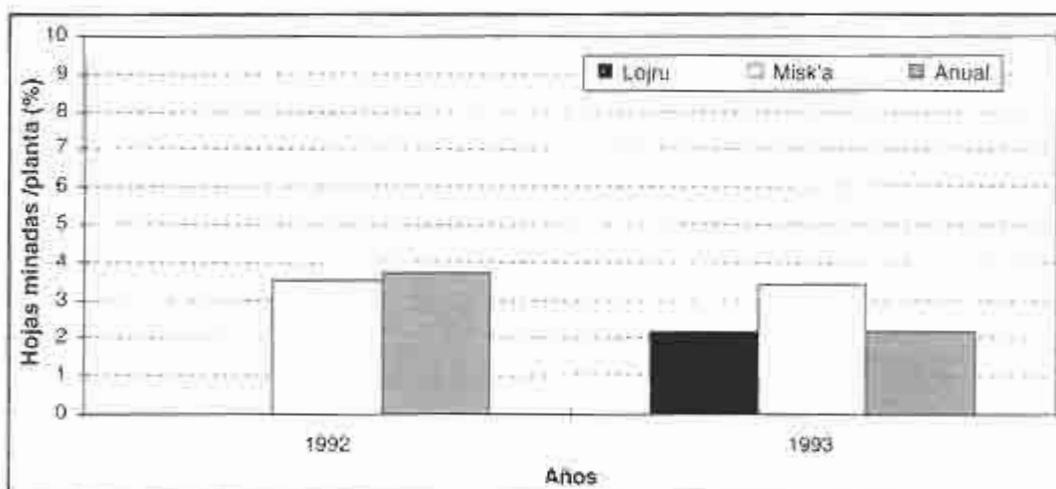


Figura 13. Daño al follaje ocasionado por la polilla de la papa *P. operculella* en tres siembras y dos campañas agrícolas. Mizque, Cochabamba. 1993-94.

Los daños de *P. operculella* en Chuquisaca (prov. Yamparaez, Zudañez y Tomina) en almacenes de agricultores fueron altos, de 14% (Presto, Zudañez) a 59% (Tarabuco, Yamparaez) y tuvieron relación con los períodos prolongados de sequía en campo y cosecha no oportuna (Bejarano y Pérez, 1995).

En siete comunidades en las Pampas de Lequezana (Potosí), los daños por la polilla fueron relativamente menores a los observados en Chuquisaca. La incidencia de la polilla osciló entre 26% y 48% y la intensidad de daño de 12% a 33% (Iporre y Perez, 1995). En cambio, en las comunidades de Victata y Querosuyo de Llalagua (Prov. Bustillos, Potosí), 19 agricultores entrevistados indicaron daños promedio en los tubérculos de 50 a 100%, y que este último porcentaje, ocurre en tubérculos donde no se practica ningún control (Calderón, 2000).

En los valles mesotérmicos de Santa Cruz (Prov. Florida: El Vallecito, Las Cruces, Los Negros y Prov. Caballero: Río Arriba, Comarapa, San Isidro) las pérdidas en almacén son más importantes porque la plaga encuentra condiciones de ambiente muy favorables para su desarrollo y multiplicación. Muchos agricultores ya no

almacenan los tubérculos porque en algunos casos han perdido toda la papa almacenada. El daño promedio en los tubérculos recién cosechados (daño inicial) llega hasta 15.6%, con una variación de 6 a 36% (Lino *et al.*, 1997 b).

Finalmente, gracias a los trabajos realizados por técnicos de la Federación Departamental de Cooperativas Agropecuarias (FEDECOAC) y otros agricultores en el valle de Capinota, se ha determinado que en los últimos años *P. operculella* ha ocasionado daños significativos en el cultivo de la papa a nivel de campo y almacén (Lino *et al.*, 1997 a).

1.2.2. *Symmetrischema tangolias*

Los Informes sobre daños ocasionados por *S. tangolias* en el cultivo de la papa en Bolivia fueron generados primero en el departamento de Tarija y luego en Chuquisaca. En 1988 en la localidad de Tolomosa (Valle Central de Tarija, provincia Cercado) se informó de daños ocasionados por *S. tangolias*, que afectaron económicamente a los agricultores, principalmente durante el almacenamiento y no tanto en condiciones de campo. La producción de papa en condiciones de Tolomosa (1900 msnm), por efecto de esta polilla, mermaba en un 45 a 70% e inclusive en 100% cuando no se aplicaba ningún método de control (Elias, 1989).

S. tangolias en los últimos años está cobrando más importancia por su mayor rusticidad y agresividad en comparación de *P. operculella*, por los graves daños que ocasiona especialmente en almacenes de agricultores con pérdidas de hasta el 100% y por su rápida dispersión en las zonas paperas del país (Arenas *et al.*, 1998).

S. tangolias causa daños tanto en campo como en almacén. En campo se ha visto que las larvas de *S. tangolias* ocasionan daños en los tallos porque se alimentan del floema y perjudican el flujo de la savia en la planta. En un estudio en la provincia Yamparazé (Chuquisaca), 85 días después de la siembra, se observó la presencia esporádica de larvas en los tallos, pero posteriormente cerca de la cosecha su presencia en los tallos fue más frecuente llegando a encontrarse de 1 a 1.5 larvas por tallo (Barea *et al.*, 1998).

En otro estudio, bajo condiciones de laboratorio, se colocaron especímenes de *S. tangolias* en jaulas entomológicas para observar el daño que ocasionan en el follaje y otros aspectos sobre sus hábitos de vida. Hasta 95 días después de la siembra no se pudo evidenciar minas en el follaje, pero sí daños significativos en los tallos. Los tallos fueron totalmente barrenados y con gran cantidad de residuos de tejidos dañados en las áreas afectadas. El promedio de larvas encontradas por tallo fue de 1.54; en 13 tallos evaluados, se encontraron 20 larvas (tres en un tercer estadio y 17 en el último estadio, próximos a empupar) (Herbas *et al.*, 1996 a).

Sin embargo, en condiciones de campo no se ha encontrado tallos y menos aún hojas afectadas por *S. tangolias*, presumiblemente porque los agricultores utilizan constantemente insecticidas de amplio espectro para combatir otras plagas, lo cual de alguna manera también controlaría a la polilla de la papa (Herbas *et al.*, 1996 a).

Por otro lado, en 1992-93 cuando se detectó *S. tangolias* en el Valle Central de Tarija, se supo que esta polilla causaba mayor daño en los almacenes que *P. operculella*, aunque la población adulta de la última en campo era mayor (Arenas, 1995).

Mediante evaluaciones en laboratorio de tubérculos de papa aparentemente sanos al momento de la cosecha se determinó que el daño inicial en almacén causado por *S. tangolias* procede del campo. Posteriormente, las condiciones favorables de temperatura, humedad y oscuridad que ofrece el almacén del agricultor hacen que la plaga cause daños considerables que son observados al final el período de almacenamiento (Herbas *et al.*, 1994 b).

También se evaluó el daño de esta polilla en almacén en los Valles Altos del Río Pilaya (Prov. Méndez, Tarija) a altitudes por encima a los 2700 msnm. Los daños en los tubérculos, según las evaluaciones, fueron relativamente bajos por la selección adecuada de la semilla -por parte de los agricultores- antes de almacenarla y porque el tiempo de pre-almacenamiento de la semilla (tubérculos acumulados en los patios de sus casas) fue

corto; además los agricultores emplearon insecticidas que previnieron el ataque de la plaga (Figura 14) (Herbas et al., 1996 b).

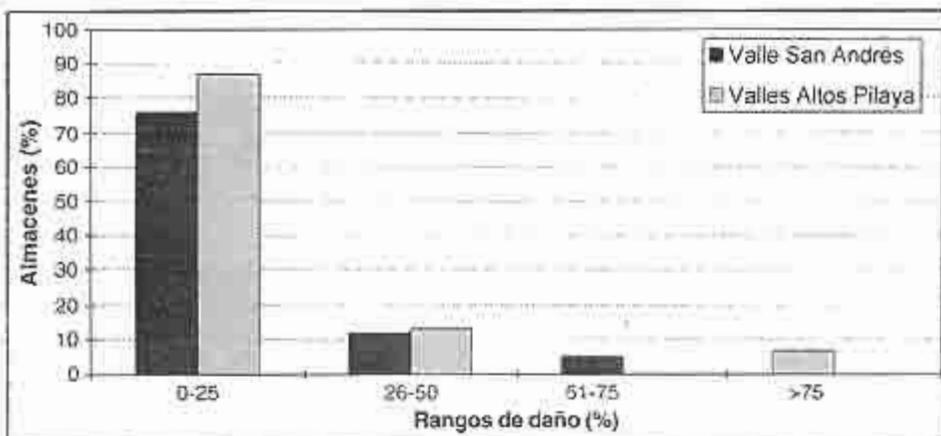


Figura 14. Porcentaje de daño de la polilla de la papa *S. tangolias* en almacenes del Valle de San Andrés y Valles altos del Río Pilaya, Tarija. 1995-96.

En otras dos zonas agroecológicas del mismo departamento (Valles a 1950 msnm y Cabeceras de Valle a 2600 msnm) se encontró a *S. tangolias* en almacén desplazando a *P. operculella* y ocasionando daños que fluctuaron entre 0 y 50%, aunque la mayor frecuencia de daño estuvo en el rango de 1 a 20% (Herbas et al., 1997 b).

1.3. FORMAS DE CONTROL DE LA POLILLA DE LA PAPA

1.3.1. *Phthorimaea operculella*

Diagnósticos iniciales en el valle de Mizque revelaron que el control de *P. operculella* estaba basado principalmente en el uso de insecticidas químicos. Sin embargo, posteriormente se constató que algunos agricultores ya conocían y practicaban el uso de productos naturales (Zurita y Andrew, 1993) y que otro buen número de agricultores no realizaba ninguna práctica de control de la polilla. Según estos últimos agricultores, la presencia así como los daños ocasionados por la polilla de la papa recién fueron considerables en campo y en almacén a partir de 1990, por lo que desconocían cualquier tipo de control para esta plaga (Figura 15) (Blanco, 1994). Sin embargo, ninguno de los métodos de control, químico o natural, controlaban satisfactoriamente a la polilla,

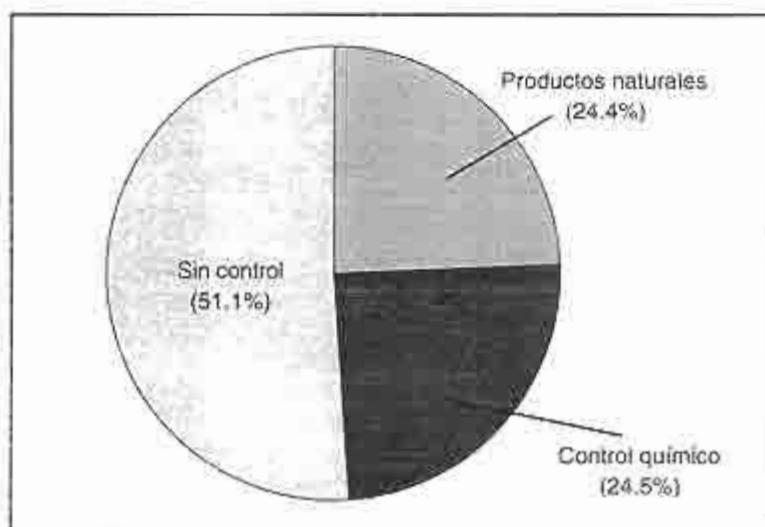


Figura 15. Formas de control de la polilla de la papa usadas por los agricultores en Mizque. (Blanco, 1994).

En el valle de Mizque, principalmente en condiciones de campo, se usaban insecticidas tóxicos como Folidol líquido (Metil Parathion), por su efectividad y por la falta de productos alternativos; este producto también se usaba en almacén pero en polvo. Para controlar la polilla en almacén, se usaban, Malathion, Phostoxin (Fosforo de aluminio) y otros de alta toxicidad y que aún se usan en zonas tradicionales de producción de papa, como el Norte de Potosí (Victata y Quesucoyu, de la zona de Llalagua, Potosí), tales como Tamaron, Nuvacron y Karate. Los agricultores de Victata y Quesucoyu, utilizan estos productos dos veces por campaña agrícola, en la mayoría de los casos, aplican el mismo producto en ambas oportunidades (Calderón, 2000).

Entre los productos naturales usados por el agricultor del valle de Mizque, se mencionaba la ceniza, la cual se colocaba sobre los tubérculos; asimismo, se usaban ramas de eucalipto debajo y sobre los tubérculos (Lino, 1994).

Este tipo de control practicado por los agricultores contra la polilla en el valle de Mizque, fue también observado repetidamente, pero con algunas variantes, en otras zonas paperas de clima cálido como Tarija, Chuquisaca y Santa Cruz. (Cardozo y Andrew, 1992). En Tarija, además de los insecticidas mencionados, los agricultores empleaban insectos predadores (hormigas) y residuos de ceniza para controlar la polilla (Cardozo y Andrew, 1992).

1.3.2. *Symmetrischema tangolias*

En el Valle Central de Tarija y en las provincias Sud Cinti y Yamparaez de Chuquisaca, los agricultores no empleaban ningún método de control específico de *S. tangolias* cuando el cultivo se encontraba en campo, ya que aplicaban constantemente insecticidas de amplio espectro para combatir plagas en general, lo cual de alguna manera controlaba a la polilla de la papa. Un 80% de los agricultores realizaban el control durante el período de almacenamiento haciendo uso Intensivo e Indiscriminado de productos químicos altamente tóxicos como Folidol (Parathion), Tamarón (Metamidophos), Sevin (Carbaryl) y Malathion. Sin embargo, al finalizar el período de almacenamiento los daños en los tubérculos alcanzaban un 40 a 45% (Arnold et al., 1995b; Herbas et al., 1995).

En la zona de San Andrés (San Andrés y Tolomosa Norte) y los Valles Altos del Río Pilaya (Huacata, Zapatera y El Rosal: 2500 a 2700 msnm) en Tarija, a través de una encuesta preestablecida en 21 y 10 almacenes, respectivamente, sobre los insecticidas de uso común para el control del insecto, se determinó que predominaba el uso de Insecticidas químicos en contraste con unos cuantos agricultores que no empleaban ningún método de control y los que usaban plantas repelentes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Insecticidas empleados para el control de las polillas de la papa en la zona de San Andrés y los Valles Altos del Río Pilaya (Tarija 1996-97).

Método de Control	%	
	Valles de San Andrés	Valles Altos del Río Pilaya
Folidol	19	42
Nuvam	5	13
K'otrine	10	7
Tamarón	5	10
Baygon	14	-
Todoión	14	-
Cypadur	4	-
Sevin	14	-
Carbodan	6	-
Plantas repelentes	-	8
No usan control	9	20

Biología de las polillas de la papa (*S. tangolias* y *P. operculella*)



- A) Adulto *Phthorimaea operculella*
- B) Adulto *Symmetrischema tangolias*
- C) Huevos
- D) Nacimiento de larva
- E) Larva *Symmetrischema tangolias*
- F) Larva *Phthorimaea operculella*

- G) Pupa
- H) Pupas de polilla
- I) Emergencia de adultos
- J) Daño de polilla en tubérculos
- K) Daño de polillas en tallos de papa

CAPÍTULO II

DESARROLLO DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA

Técnicos de PROINPA que participaron con los resultados de sus trabajos de investigación en este capítulo:

Oscar Barea
Jaime Herbas
Rayne Calderón
Luis Crespo
Carlos Bejarano
Vladimir Lino

DESARROLLO DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA

2.1. INTRODUCCIÓN

Con la información inicial sobre las prácticas de control del agricultor para reducir los daños ocasionados por la polilla a los tubérculos en almacén, PROINPA –en colaboración con el Centro Internacional de la Papa (CIP)– comenzó a desarrollar algunas alternativas al control químico, ya que éste representaba un peligro para la salud de los agricultores, debido a que generalmente ellos almacenan los tubérculos dentro sus viviendas, quedando expuestos a la acción directa e indirecta del pesticida.

La necesidad de contar con otras alternativas para el control de la polilla, sin causar efectos nocivos a la salud humana y al medio ambiente, involucró el conocimiento de componentes etológicos para hacer efectivo el control cultural, biológico y químico que, aplicados en forma conjunta y organizada, constituyen el Programa de Manejo Integrado de la Polilla.

2.2. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE CONTROL DE LA POLILLA DE LA PAPA

2.2.1. *Phthorimaea operculella*

2.2.1.1. Control con variedades resistentes

El control a través de variedades resistentes constituye un componente importante del Manejo Integrado de Plagas, por su eficiencia, persistencia y costo reducido. Desde 1991 se llevaron a cabo evaluaciones para seleccionar material genético resistente a la polilla *P. operculella*.

Hasta la campaña agrícola 1994-95, PROINPA evaluó material genético desarrollado en el CIP e híbridos generados anualmente por PROINPA. Posteriormente se evaluó la resistencia a *P. operculella* en cultivares potenciales (Chaposa, Gendarme, India, Jaspe, Perla, Puquina, Robusta) y en material genético promisorio resistente a heladas y a nematodos.

Con este material los resultados fueron más prometedores a nivel de laboratorio. La variedad Robusta (resistente al tizón tardío) (Figura 16), el clon promisorio para heladas 90-123-18 y el clon promisorio G89174.6 para *Nacobius* y *Globodera* spp., albergaron un menor número de larvas de *P. operculella* (Calderón et al., 1996). Por otro lado, se observó que las variedades potenciales para resistencia a heladas Illimani y Condori, fueron preferidas por la polilla en relación con la variedad Waych'a, que fue la menos apetecida (Figura 17) (Calderón y Crespo, 1997).

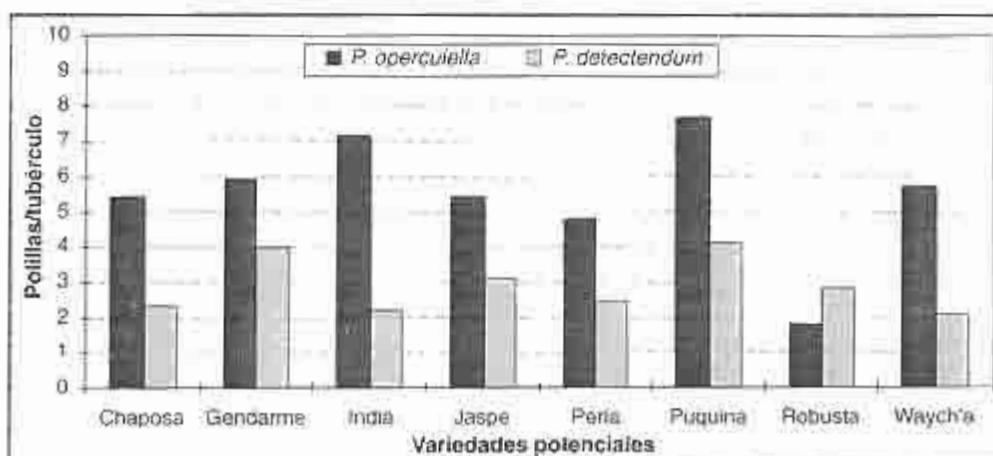


Figura 16. Prueba de variedades potenciales de papa para determinar su resistencia a poblaciones de las polillas *P. operculella* y *Paraschermis detectendum* 1995-96.

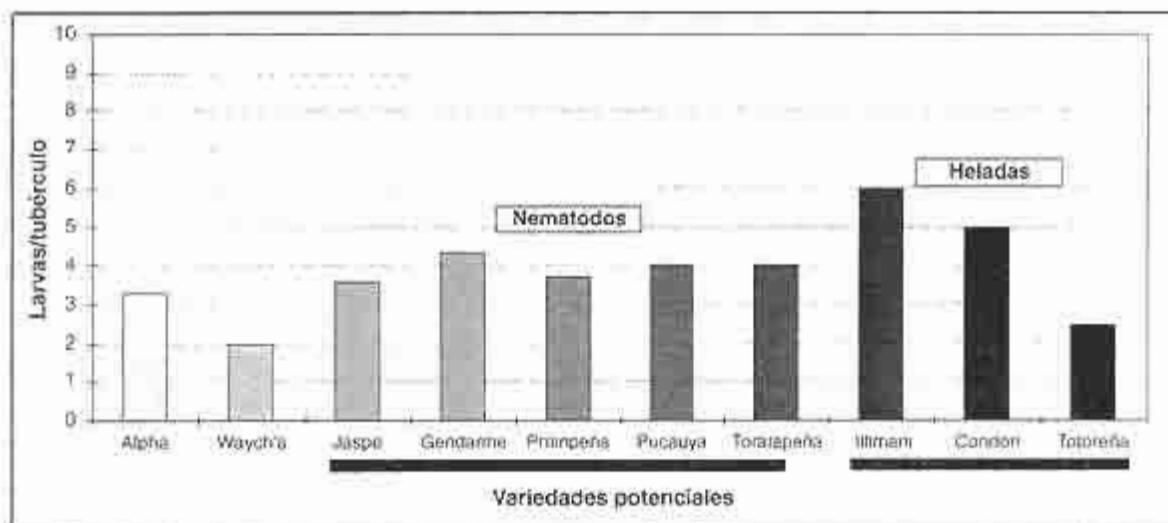


Figura 17. Prueba de variedades potenciales para determinar su resistencia a la polilla *P. operculella*. Cochabamba, 1997.

En cambio, en condiciones de campo, los resultados no fueron alentadores con este material evaluado, debido principalmente a que cuando se realizó la prueba, fue baja la presión de población de la plaga y no hubo diferencias significativas en el porcentaje de daño causado por la polilla entre las variedades y clones estudiados.

Por lo que, en general, debido a que el material evaluado no presentó características de resistencia a *P. operculella*, este no ha considerado hasta el momento dentro del Manejo Integrado de esta polilla.

2.2.1.2. Control biológico

En la campaña agrícola 1990-91, a partir de muestras de tubérculos colectados en varias provincias de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí, se detectaron larvas de la polilla *P. operculella* parasitadas por *Copidosoma* spp. Gracias a estos hallazgos se consideró al parasitoide *Copidosoma* sp., una alternativa promisorio de control biológico para el Manejo Integrado de la polilla de la papa, *P. operculella*. Por este motivo, se inició la cría masiva de *Copidosoma* sp. en laboratorio para realizar investigaciones preliminares en campo y almacén (Andrew *et al.*, 1991 c).

2.2.1.2.1. Control biológico en campo con *Copidosoma* spp.

Copidosoma sp. es una pequeña avispa de la familia *Encyrtidae* que pertenece al orden *Hymenoptera* y es un parasitoide primario de la polilla de la papa *P. operculella*. La reproducción de esta avispa es de tipo poliembrionario ya que de un huevo ovipositado salen varios individuos adultos (30-35 individuos). Las hembras de *Copidosoma* sp. ovipositan en los huevecillos de la polilla, posteriormente la polilla en estado de larva muere antes de empupar. De las larvas muertas de la polilla emergen adultos de *Copidosoma* sp. (Comunicación personal de Luis Crespo).

En primer lugar se estudió el nivel de adaptación de *Copidosoma* sp. en condiciones de campo y se demostró que el parasitismo se puede incrementar de 14 a 37% y de 12 a 22%, en una primera y segunda liberación, respectivamente. Sin embargo, la cantidad de larvas parasitadas (156/200 m²) en dos liberaciones no fueron suficientes para mantener un nivel estable de control de la polilla. Fue necesario aumentar la cantidad de parasitoides liberados, conforme avanzaba el ciclo del cultivo (Andrew *et al.*, 1992 a).

Posteriormente, dada la importancia de la liberación del parasitoide *Copidosoma* sp., en el control de *P. operculella*, también se monitoreó la fluctuación poblacional de la polilla en dos épocas de siembra (Lojru y Mishk'a). Aunque las tres liberaciones de *Copidosoma* sp. incrementaron su parasitismo de 13 a 30% en la siembra Lojru y de 27 a 65% en la siembra Mishk'a, se constató nuevamente que para mantener estable el control de la polilla era necesario incrementar no sólo el número de liberaciones sino además el número de parasitoides (Calderón y Perez, 1993 b).

Dado que la mayor población de adultos coincidía con el periodo de floración del cultivo, se realizaron liberaciones de los parasitoides respetando dos frecuencias de tiempo, a partir de la floración del cultivo. Los resultados mostraron que cuanto mayor es la presión de liberación de *Copidosoma* sp., el porcentaje de infestación de los tubérculos a la cosecha disminuye, debido a la reducción de las poblaciones de la polilla. Con liberaciones cada cuatro días se registró una menor infestación de los tubérculos (1.5%) que cuando éstas se realizaron cada 9 días (2.2%) en relación del testigo cuya infestación alcanzó el 3.2% (Figura 18) (Zurita, Andrew, 1994 c).



Figura 18. Porcentaje de daño de *P. operculella* en tubérculos-semilla a la cosecha, en parcelas donde se liberó *Copidosoma* sp. Mizque, 1993-94.

Sin embargo, también se observó que cuando las poblaciones de polilla son bajas (50 adultos/semana), las liberaciones de *Copidosoma* sp. no afectan la infestación de los tubérculos cosechados después de liberar parasitoides. Con una dosificación de 1:6 parasitoides liberados (polilla atrapada: 6 larvas de polilla parasitadas (288 parasitoides)) a partir de la floración del cultivo cada 4 y 9 días, el daño de la polilla en los tubérculos a la cosecha fue similar (Lino *et al.*, 1995 a).

De estos resultados se concluyó que la liberación de *Copidosoma* sp. en campo reduce la población de la polilla de la papa, pero que este efecto no se traduce en reducciones significativas de daño de la polilla a nivel de los tubérculos infectados (Lino *et al.*, 1995 a). Por otro lado, se determinó que la liberación de *Copidosoma* sp. en campo, tiene desventajas cuando se aplica agroquímicos y cuando las inclemencias del tiempo persisten. En estas condiciones, se observó que las avispas que emergieron de las larvas parasitadas de polilla liberadas (50-60 parasitoides/larva de polilla parasitada), fueron más débiles que la polilla, lo cual afectó que las avispas alcancen niveles de parasitismo aceptables (Zurita y Andrew, 1994 c).

2.2.1.2.2. Control biológico en almacén con *Copidosoma* sp.

Para estudios de adaptación de *Copidosoma* sp. en almacén, se realizaron siete liberaciones del parasitoide en dos almacenes cada 15 días. A cada almacén se le asignó una densidad variable de parasitoides para determinar cuál era la densidad más eficaz. De estos estudios, se llegó a concluir que para lograr un control eficiente de la polilla con el parasitoide en almacén, es más importante liberar una mayor cantidad de parasitoides, principalmente en las etapas iniciales de almacenamiento (Andrew *et al.*, 1992 a).

2.2.1.3. Control etológico

2.2.1.3.1. Confusión de machos utilizando feromonas sexuales

El uso de feromonas interrumpe la comunicación química entre machos y hembras e impide la cópula. Se consideró el uso de feromonas sexuales como una forma de manipular y combatir a *P. operculella*, tanto en campo como en almacén.

Se eligieron dos zonas de diferente nivel poblacional de la polilla (alta versus baja) para estudiar el efecto de las feromonas en el control de la polilla. De este estudio se determinó que las feromonas, usadas solas (confusión de machos) o en trampas de agua (trampeo masal), no afectan significativamente la infestación de los tubérculos en campo, aunque se comprobó que sí disminuyen las poblaciones de adultos principalmente cuando las poblaciones de la polilla son altas (Zurita y Andrew, 1994 b).

2.2.1.4. Control con bioinsecticidas, productos naturales y químicos

2.2.1.4.1. Control en almacén

Es importante realizar un control de la polilla en los almacenes para reducir drásticamente la infestación y su ulterior infestación de los tubérculos, y el uso de plaguicidas en el campo.

Con este objetivo, en la campaña 1990-91 se probaron 10 tratamientos para el control de la polilla en almacén: 1) Polvo agotado de piretro, 2) Hojas secas de muña, 3) Hojas secas de eucalipto, 4) Extractos de piretro 5.1 %, 5) Extracto de muña 1.5%, 6) Extracto de eucalipto, 7) Bioinsecticida Baculovirus, 8) K'otrine (Delthametrina), 9) Testigo sin infestación y 10) Testigo infestado. Los resultados más eficaces se obtuvieron con el bioinsecticida y con las hojas de muña; los tubérculos tratados con estos tratamientos presentaron menor número de orificios de entrada por tubérculo (Figura 19), menor cantidad de brotes atacados y menor incidencia e intensidad de daño (Figura 20), principalmente por la protección física que ambos productos ofrecen y/o la mayor persistencia del ingrediente activo. El tratamiento con insecticida químico K'otrine, también fue eficaz, pero en menor grado que los dos anteriores (Lino, 1994).

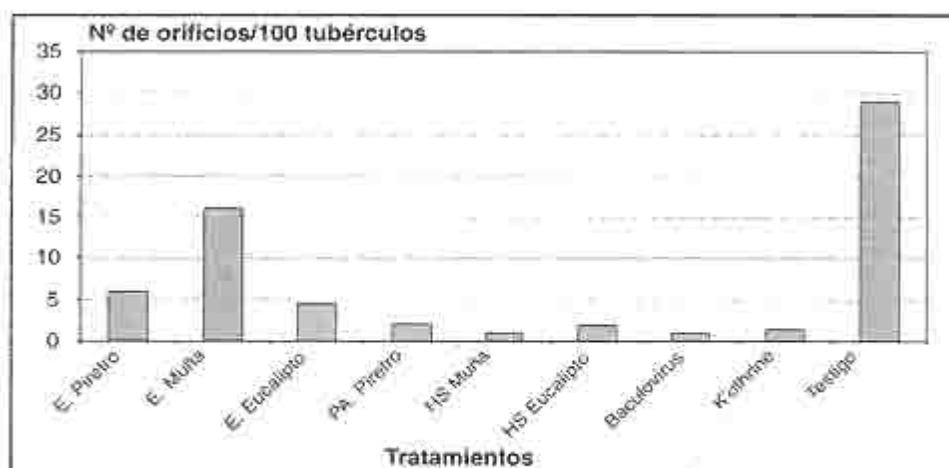


Figura 19. Número de orificios de entrada de larvas de *P. operculella* en 100 tubérculos de papa evaluados.

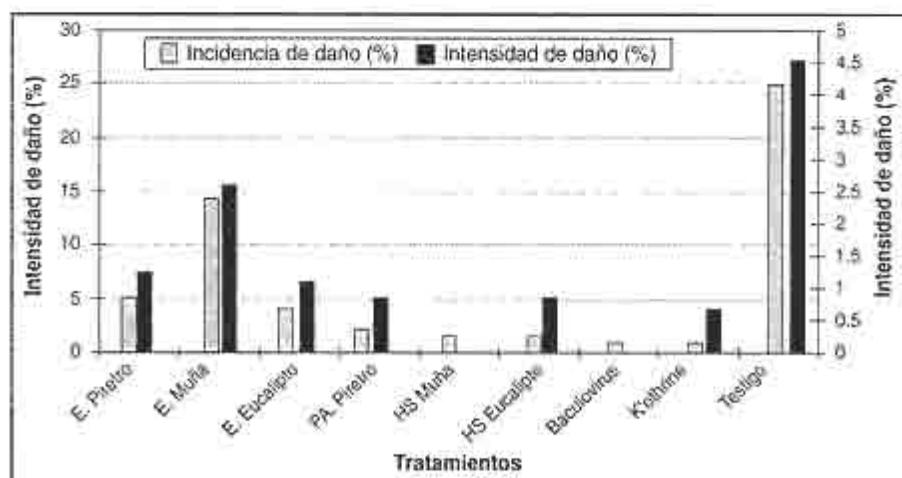


Figura 20. Incidencia e intensidad de daño de la polilla *P. operculella* en tubérculos tratados con productos naturales y químicos (Lino, 1994).

En un segundo ensayo en el mismo año, además del bioinsecticida Baculovirus, se incluyeron otros tres tratamientos para estimar los niveles de infestación de *P. operculella*: la técnica conocida como "sandwich" -que consiste en colocar hojas estrujadas de eucalipto en la base y encima de los montones de papa-, el insecticida Phostoxin y un testigo no tratado. Aunque la desinfección inicial de los almacenes, limitó el daño en todos los tratamientos, con el Phostoxin se observó un alto nivel de daño (18%), debido a su corto periodo de efectividad. La evaluación económica preliminar sugirió que existe ventaja comparativa para los tratamientos que no emplean productos químicos (Andrew y Herbas, 1991).

En base a esta experiencia, también se probó ceniza (ampliamente usada por los agricultores) y otro testigo sin tratamiento. Cuando la infestación inicial fue baja, con las hojas de eucalipto y el bioinsecticida Baculovirus se logró un control eficiente en relación que con la ceniza y el testigo. Cuando la infestación inicial fue alta, los tratamientos alternativos de control fueron menos eficientes. Esto indicó que la oportuna aplicación de productos preventivos (hojas de eucalipto y bioinsecticida) y la selección de semilla antes de almacenarla, son muy importantes para el control de la polilla (Andrew et al., 1992 a).

En el valle de Tarija, en ocho almacenes, también se comprobó que el control de la infestación de los tubérculos por *P. operculella* fue efectivo con el bioinsecticida Baculovirus, como con el eucalipto y Folidol, en relación del testigo (Herbas et al., 1993 b).

2.2.1.4.2. Control en campo

El control oportuno de la polilla de la papa *P. operculella* en campo, por medio de insecticidas biológicos o químicos, para reducir la infestación del tubérculo a la cosecha, es una necesidad y al mismo tiempo un componente importante para su manejo integrado.

En un estudio sobre la efectividad de diversos productos biológicos y químicos para el control de *P. operculella* en campo, el bioinsecticida Baculovirus demostró una alta especificidad y efectividad para reducir la infestación de los tubérculos por la polilla frente a otros productos biológicos como Deltramethrin (Decis) y Dipel (*Bacillus thuringiensis*). Con estos dos últimos productos, en campo, se encontraron más focos de infestación que luego podrían prosperar durante el periodo de almacenamiento de los tubérculos. Por otra parte, el insecticida químico Carbofuran (Carboden 48 FW) controló relativamente mejor a la polilla comparado con el Baculovirus, principalmente por su alta toxicidad y prolongado efecto residual (Figura 21) (Zurita, 1994).

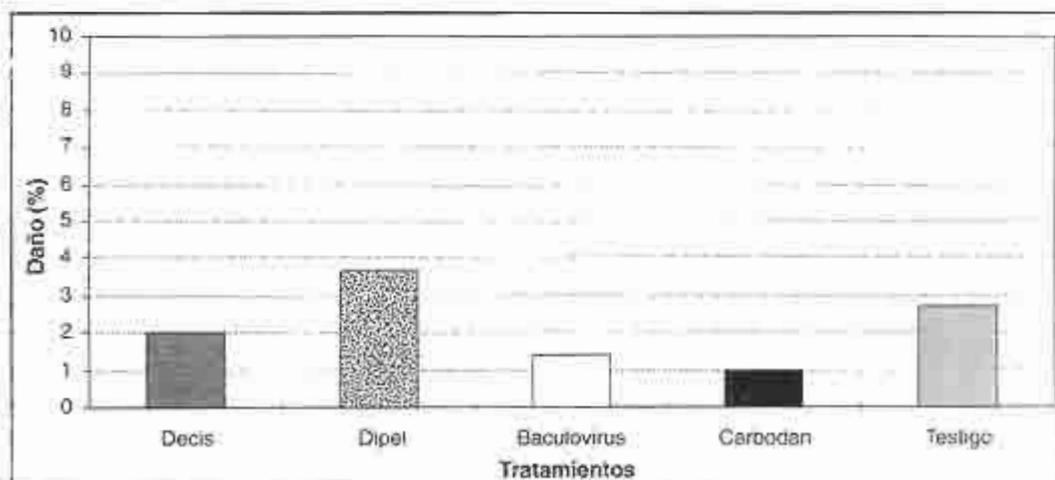


Figura 21. Porcentaje de infestación en tubérculos a la cosecha por efecto de la aplicación de productos químicos y biológicos para el control de *P. operculella*. Mizque, Cochabamba 1993-94.

Otros trabajos en dos épocas de siembra (Mishk'a y Temporal) confirmaron la no existencia de diferencias significativas en el control de la polilla con el uso del bioinsecticida Baculovirus y otros insecticidas como Triflururon (Alsystin), Clorpirifos (Pyrinex 48 EC) y Lufenuron (Match 50 EC), en relación del tratamiento testigo. Se estableció que cuando las poblaciones de la polilla en campo son bajas -una incidencia de daño de 6% al nivel de follaje- no

se justifica aplicar insecticidas al cultivo en campo. Bajo estas circunstancias, se concluyó que es más importante considerar la infestación inicial de los tubérculos (daño a la cosecha), ya que estos se deterioran hasta alcanzar un daño final de 80 a 100%, principalmente si las condiciones del almacén son inadecuadas (Lino, 1995 b).

Los insecticidas controlaron favorablemente la plaga, cuando las aplicaciones se realizaron a intervalos de 15 a 20 días, a partir de los 45 días después de la siembra. Los mayores daños (26-48%) se presentaron cuando la aplicación de los insecticidas se realizó después de la mitad del ciclo del cultivo. Al probar la eficiencia de los insecticidas químicos Carbofuran (Carbofuran 48 WF), Dimetoato (Perfektion), Metamidofos (Stermin) y Match (Lufenuron), se comprobó que el primero controla mejor a la polilla, fundamentalmente por su alta toxicidad y acción prolongada. También se observó que el Carbofuran y el Perfektion, controlan efectivamente a la mosca barrenadora del tallo, el gorgojo y la pulgulla, a diferencia de los otros tres insecticidas (Figura 22) (Iporre y Llanos, 1996).

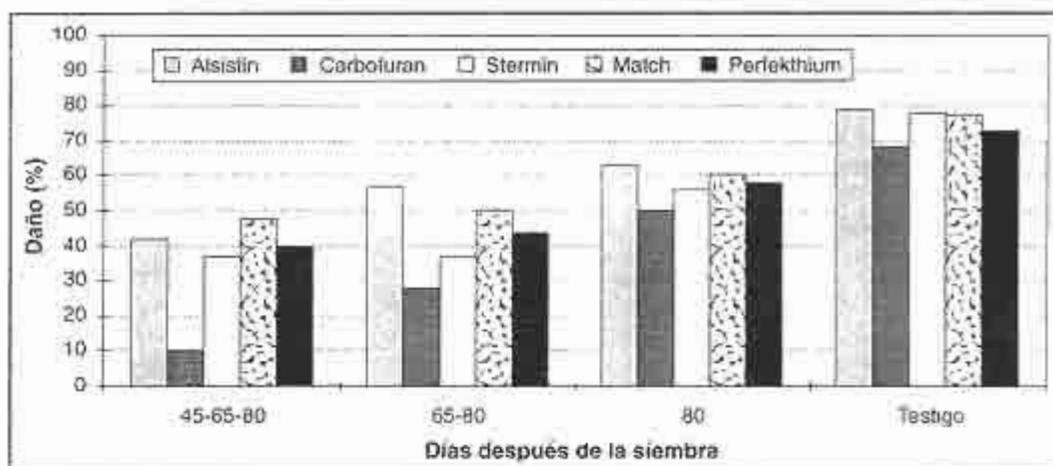


Figura 22. Porcentaje de daño de la polilla *P. operculella* en tubérculos tratados con cinco insecticidas químicos en tres periodos de tiempo, Khasa Wasi, Potosí, 1995-96.

2.2.2. *Symmetrischema tangolias*

Actualmente, *S. tangolias* es más importante como factor limitante durante el periodo de almacenamiento de la papa en comparación con *P. operculella*, y su distribución se ha ampliado en las zonas cálidas y de altura en Bolivia. Sin embargo, ya desde 1995, se consideró importante aplicar para el control de esta plaga, las prácticas de Manejo Integrado desarrolladas inicialmente para el control de *P. operculella*.

Se eligió como área piloto para el control de *S. tangolias*, el valle de San Andrés (Valle Central de Tarija) motivando a los agricultores a emplear las prácticas de Manejo Integrado desarrollados para *P. operculella*, para el control de *S. tangolias*. Luego en Chuquisaca, en el área piloto de Yamparaez, se desarrollaron importantes investigaciones en algunos de los componentes del MIP para el control de *S. tangolias*.

2.2.2.1. Control biológico

2.2.2.1.1. Control con *Copidosoma* spp.

En Tarija, en la búsqueda de alternativas al bioinsecticida Baculovirus para el control de *S. tangolias*, se realizaron pruebas para evaluar si la avispa *Copidosoma* sp. también ovipositaba en los huevecillos de *S. tangolias* hasta emerger en estado adulto.

Las larvas de *P. operculella* parasitadas (momias) por *Copidosoma* sp. se colocaron junto a huevecillos de *S. tangolias* en papeles filtro dentro frascos especiales. Posteriormente los huevecillos de *S. tangolias*, fueron colocados en bolsas de papel madera, en las cuales se introdujeron tubérculos que servirían de alimento para las larvas supuestamente afectadas por el parasitoide. Sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios en

esta primera prueba, porque no se recuperaron larvas parasitadas. Se determinó que este resultado se debía a que el parasitoide *Copidosoma* sp. es específico para *P. operculella* (Herbas *et al.*, 1996 a).

En una segunda prueba en laboratorio, los huevecillos de *S. tangolias* se colocaron junto a las larvas de *P. operculella* parasitadas con *Copidosoma* sp., en papeles filtro dentro frascos especiales. Luego de un tiempo, los huevecillos se traspasaron a envases plásticos donde se colocaron tubérculos sobre una capa fina de arena, para que las larvas que emergieran se alimentaran de ellos. En esta segunda prueba tampoco se recuperaron larvas de *S. tangolias* parasitadas por la avispa, lo que demostró nuevamente que *Copidosoma* sp. es específico para *P. operculella* (Herbas *et al.*, 1996 b).

2.2.2.1.2. Determinación e identificación de posibles controladores biológicos de *S. tangolias*

En la búsqueda de alternativas para el control de *S. tangolias*, en 1996-97 se iniciaron trabajos para buscar especímenes de *S. tangolias* muertos con características atípicas -causadas por virus o otro organismo- que se pudieran multiplicar fácilmente e iniciar trabajos para verificar su posible patogenicidad como controlador biológico.

En un primer trabajo en un almacén en Iscayachi, Tarija (3400 msnm), se recuperaron larvas de *S. tangolias* muertas con características atípicas (coloración negra y totalmente flácidas). Estas larvas fueron cuidadosamente seleccionadas y enviadas al CIP, para determinar la presencia de algún patógeno causante de la muerte prematura de las larvas. En este primer envío se diagnosticó la presencia de un posible virus al que se denominó "virus exógeno" (Herbas *et al.*, 1996 a; Herbas *et al.*, 1997 a).

Por otro lado, bajo condiciones de laboratorio, con una cantidad determinada de estas larvas atípicas colectadas, se programaron cinco tratamientos (20, 40, 80 larvas por litro de agua, 80 y 160 pupas por litro de agua) versus el testigo (sin tratamiento) para observar en forma preliminar su posible efecto en el control de *S. tangolias*. Los resultados fueron desalentadores, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas entre sí, ni frente al testigo, y por otra parte, en el seguimiento del ciclo biológico de las larvas de *S. tangolias* recuperadas, todas llegaron al estado adulto. De acuerdo a los resultados, se consideró que las cantidades empleadas de larvas atípicas de *S. tangolias* fueron muy bajas para el control de esta especie (Figura 23) (Herbas *et al.*, 1997 a).

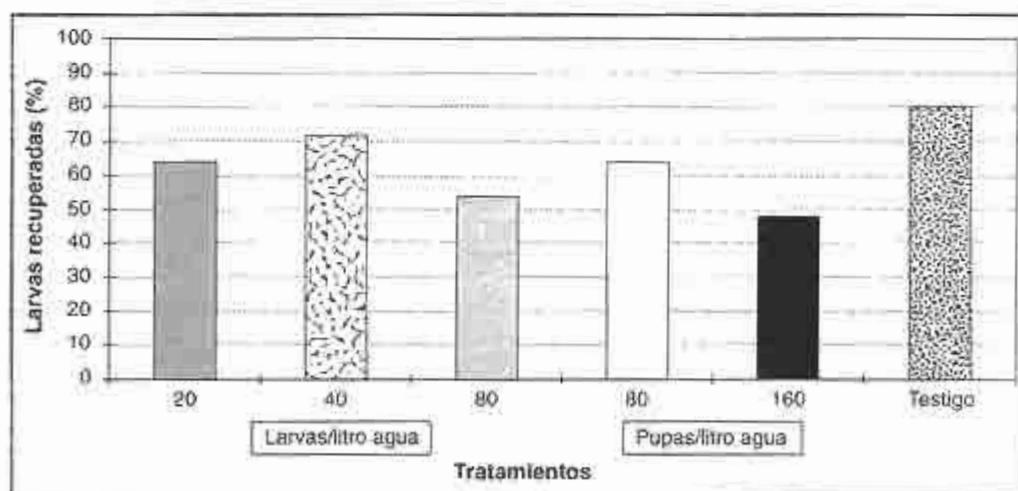


Figura 23. Porcentaje de larvas de *S. tangolias* recuperadas de tubérculos previamente infestados y tratados con diferentes concentraciones de un posible virus exógeno. Tarija, 1997.

Aún cuando los primeros resultados fueron desalentadores, se continuaron recolectando especímenes atípicos de noctúdeos, *S. tangolias* y *Eurysacca melanocampta*, para su análisis en el Centro Internacional de la Papa (CIP), con la idea de encontrar virus patogénicos para las polillas de los cultivos de papa, quinua y tomate. Estas muestras se encontraron infectadas con virus granulosis (VG) y virus poliedrosis (VPN) en forma natural. Las muestras de noctúdeos y de *E. melanocampta* contenían VG y VPN en regular cantidad y *S. tangolias* VG en mayor cantidad (Calderón *et al.*, 1998 c).

Simultáneamente, en el laboratorio de Entomología del Centro Toralapa (Tiraque, Cochabamba), se trató de multiplicar los agentes patogénicos presentes en el material remanente del enviado al CIP, mediante la purificación del virus con concentraciones de sacarosa, eliminación de la sacarosa e inoculación intracelómica. No se logró multiplicar a los agentes patogénicos por contaminación del alimento y porque se contaba con muy poco material. Se determinó que la falta de respuesta de los virus se debió a su baja concentración (Calderón *et al.*, 1998 c).

Un tercer envío al CIP consistió en 14 muestras de *E. melanocampta* recolectadas de un cultivo de quinua, que con anterioridad había sido sometido a diferentes dosis del virus *Baculovirus phthorimaea*, ocho muestras de *S. tangolias* de la cría que se maneja en laboratorio del Centro Toralapa y cuatro muestras de Noctuides, recolectadas de un cultivo de quinua en La Paz. Las muestras se analizaron mediante observaciones al microscopio de luz de campo oscuro y por métodos electroforéticos usando geles de poliacrilamida (Calderón y Crespo, 1999).

Al microscopio de luz de campo oscuro, se confirmó la presencia de partículas del virus granulosis (VG) en catorce muestras: 10 correspondían a *E. melanocampta*; 1 a *S. tangolias* y 3 a Noctuides. Por electroforesis en geles de poliacrilamida, se determinó la presencia de proteínas del virus *B. phthorimaea* en 16 muestras, de las cuales, 1 correspondía a *E. melanocampta* y 2 a *S. tangolias*. En ningún caso se detectó el virus Poliedrosis VPN. Las concentraciones del virus granulosis VG difirieron entre las muestras, las concentraciones altas del virus correspondieron a 5 de *E. melanocampta* y a 1 de *S. tangolias* (Calderón y Crespo, 1999). Estos resultados al final, fueron útiles sólo para confirmar la baja efectividad del VG en el parasitismo de *S. tangolias*.

Se continuó investigando con probables biocontroladores de *S. tangolias*, con este propósito, primero se multiplicó un material consistente en ocho aislados de la bacteria *Bacillus thuringiensis*: cinco efectivos en el control de larvas de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera; Noctuidae) y tres, en el control de *P. operculella* (Andrew, 1997). La probable nocividad de este material para la polilla *S. tangolias*, se sustentaba en que ésta, pertenece a la misma familia de *P. operculella* y al mismo orden de *S. exigua*. Una vez que se dispuso con suficiente cantidad de los ocho aislados de *B. thuringiensis*, estos se evaluaron con poblaciones de *S. tangolias* (Crespo y Rocabado, 2000).

2.2.2.2. Control etológico

Las feromonas sexuales han sido utilizadas para controlar *S. tangolias*, en la misma forma que para *P. operculella*, para monitorear la población, manipularla y combatirla, porque el uso adecuado de las feromonas interrumpe la comunicación química entre machos y hembras e impide la cópula.

El uso de feromonas para controlar *S. tangolias*, se inició en Tarija (zona de San Andrés) en el segundo semestre de 1994, usando seis trampas de agua tipo bandeja en campos de agricultores sembrados con papa y dos trampas en almacén. Un trabajo similar se llevó a cabo en la zona de Sella, en almacenes de agricultores. El monitoreo de la polilla en campo como en almacén, continuó hasta septiembre de 1995, sin embargo, las feromonas después de transcurrido este período, perdieron su capacidad de atracción, principalmente en condiciones de campo. Esto sugirió que las feromonas sexuales en campo, deben renovarse con mayor frecuencia (Herbas *et al.*, 1994b; Herbas *et al.*, 1995a; Herbas *et al.*, 1995b).

En cambio, en condiciones de almacén, el uso de feromonas sexuales fué más prometedor en el control de *S. tangolias*. Los mismos agricultores verificaron la utilidad de las feromonas al capturar con ellas, una gran cantidad de adultos en sus almacenes, lo cual posteriormente, los llevó a solicitarlas con mayor frecuencia para disminuir el daño en sus papas almacenadas (Comunicación personal Jaime Herbas y Rayne Calderón, 1999).

Gracias a estas experiencias, el uso de feromonas sexuales en almacén, se consideró factible dentro la estrategia de Manejo Integrado de la polilla *S. tangolias*.

2.2.2.3. Control con bioinsecticidas, productos naturales y químicos

2.2.2.3.1. Control en almacén

Durante una evaluación de tratamientos aplicados para el control de *P. operculella* en almacén en el Valle Central de Tarija, se constató la presencia de *S. tangolias*. Los tratamientos consistieron en aplicar a los tubérculos, el bioinsecticida Baculovirus (140g/25kg de tubérculos), hojas de eucalipto (2,5 kg/m²), Folidol (120-150g/50kg de tubérculos) y un testigo. De todos, el bioinsecticida Baculovirus no controló satisfactoriamente a *S. tangolias*, éste demostró ser específico para *P. operculella*. La aplicación de Folidol, controló mejor a *S.*

tangolias, el daño de los tubérculos con este producto alcanzó a 4.75%, y los daños con eucalipto y Baculovirus, a 10.06% y 11.19%, respectivamente (Arenas, 1995).

Posteriormente, el Baculovirus (120g/25 kg de semilla) se comparó con el bioinsecticida Dipel (i. a. *Bacillus thuringiensis*: 100g/25 kg de semilla) en el control de *S. tangolias*. Ambos bioinsecticidas se aplicaron en polvo en tubérculos con 3.2% de daño inicial. Sin embargo, al final del período de almacenamiento, se observó nuevamente que el Baculovirus no controlaba satisfactoriamente a *S. tangolias*, con este bioinsecticida los tubérculos presentaron daños promedio de 24% y con el bioinsecticida Dipel 12.5% (Cuadro 4) (Herbas et al., 1994 a).

Cuadro 4. Porcentajes de daño y tiempo de almacenamiento de tubérculos infectados con *S. tangolias* en tres variedades de papa tratadas con los bioinsecticidas Baculovirus y Dipel. San Andrés, Tarija 1994.

Nº almacén	Variedad	Daño inicial (%)	Daño final (%)		Tiempo días
			Dipel	Baculovirus	
1	Americana	5	17	32	55
2	Americana	3	12	25	50
3	Runa kala	1	8	19	91
4	Americana	4	14	23	50
5	Manzanilla	3	11	20	73
Promedio		3.2	12.4	23.8	63.8

Otras pruebas en el valle Central de Tarija, en almacenes de agricultores (11 almacenes) para controlar *S. tangolias*, confirmaron la especificidad del bioinsecticida Baculovirus a *P. operculella*, aún se hayan desinfectado los almacenes con el insecticida químico Deltrametrina (K'otrine), seleccionado los tubérculos-semilla y se haya aplicado el Baculovirus concentrado a los tubérculos (50 larvas/kg de material inerte), es decir, con una concentración mayor a la comercial que es de 20 larvas/kg material inerte.

Entre las desventajas que habían corroborado a que los daños en los tubérculos fueran altos, se identificaron los almacenes que no reunían las condiciones adecuadas (sin paredes revestidas, ni puertas) y al largo tiempo de pre- almacenamiento de los tubérculos recién cosechados sin tratar (Herbas et al., 1995 a; Arnold, 1995 b).

Los estudios en el control de *S. tangolias* continuaron en Tarija (San Andrés y Tolomosa Norte), se observó que la concentración de 500 larvas/kg de material inerte (m.i.) en el bioinsecticida Baculovirus aplicado a los tubérculos, tuvieron mayor efectividad en el control de la plaga, que la concentración de 50 larvas/kg de material inerte (Cuadro 5) (Herbas et al., 1995 b; Herbas et al., 1995 c).

Cuadro 5. Control de *S. tangolias* en laboratorio con el bioinsecticida Baculovirus (500 larvas/kg m.i.).

Almacén	Comunidad	Cantidad (kg)	Daño (%)		Tiempo en almacén (días)
			Inicial	Final	
1	San Andrés	250.00	4.0	21.00	64
2	San Andrés	315.00	4.0	14.00	68
3	Tolomosa Norte	380.00	1.0	4.00	57
4	Tolomosa Norte	140.00	3.0	10.00	62
5	Tolomosa Norte	350.00	2.0	6.00	68

Posteriormente, se confirmó que las altas concentraciones del virus *B. phthorimaea* en la formulación del bioinsecticida Baculovirus (420 y 520 larvas/kg material inerte), disminuyen los porcentajes de daño de *S. tangolias* en los tubérculos, frente a la concentración comercial del virus de 20 larvas/kg de m.i. y concentraciones de 120, 220 y 320 larvas/kg m.i., pero no afectan el ciclo biológico de esta polilla, las larvas y pupas recuperadas de los tubérculos tratados con estas seis concentraciones del virus, completaron su ciclo sin ninguna diferencia (Figura 24) (Herbas et al., 1996; Herbas et al., 1996 a).

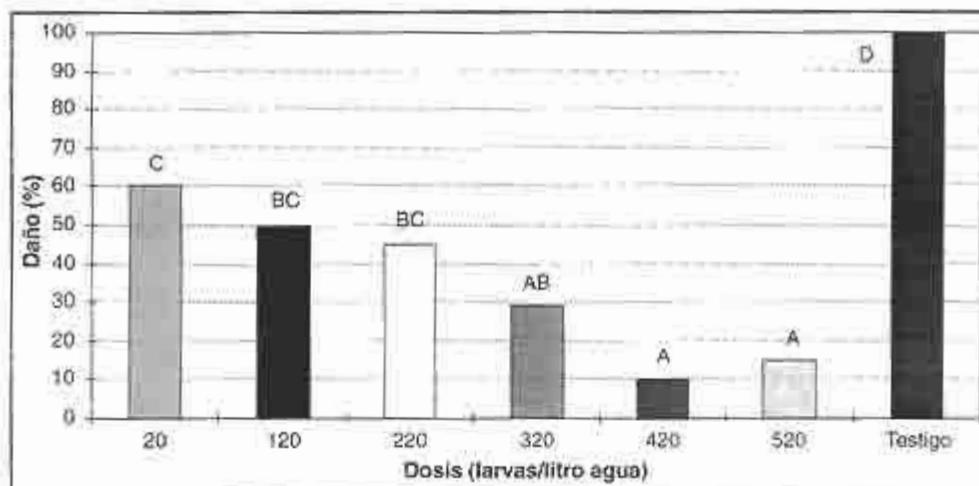


Figura 24. Porcentaje de daño de la polilla *S. tangolias* con diferentes concentraciones del virus *B. phthorimaea* en el Bioinsecticida Baculovirus. Tarija, 1997

Por otro lado, en el valle de San Andrés (Tarija), se observó que los daños de *S. tangolias* en los tubérculos son elevados cuando la infestación inicial de esta polilla es mayor a 3%. Este resultado se observó al comparar los efectos del bioinsecticida Baculovirus (20 larvas/kg m. y.) a una dosis de 85g/25 kg de tubérculos, con los del insecticida moderadamente tóxico Carbaryl (Sevin 80). Este insecticida químico frente al bioinsecticida Baculovirus, controló adecuadamente a la polilla en tubérculos con porcentajes de infestación menores o iguales a 3%, cuando fue integrado con otras prácticas como la desinfección del almacén y la selección de los tubérculos dañados. Por estos resultados, se consideró a los productos químicos moderadamente tóxicos dentro de la estrategia de Manejo Integrado de *S. tangolias* (Arnold et al., 1996 a).

En Chuquisaca, *S. tangolias* como *P. operculella*, también se encontraron presentes en almacenes de agricultores. Durante diagnósticos, se constató que los daños de *S. tangolias* en los tubérculos fueron mayores, cuando estos después de la cosecha se amontonaron en campo por más de 24 horas antes de almacenarlos. En laboratorio, también se observó que la dosis comercial del bioinsecticida Baculovirus (20 larvas/kg de m. y.), no fue eficaz para poblaciones de 30 a 70 adultos de *S. tangolias* por jaula entomológica, esta concentración, elevó el porcentaje de daño en los tubérculos, se encontró en promedio de 3 a 4 individuos por tubérculo (Figura 25) (Barea y Bejarano, 1996).

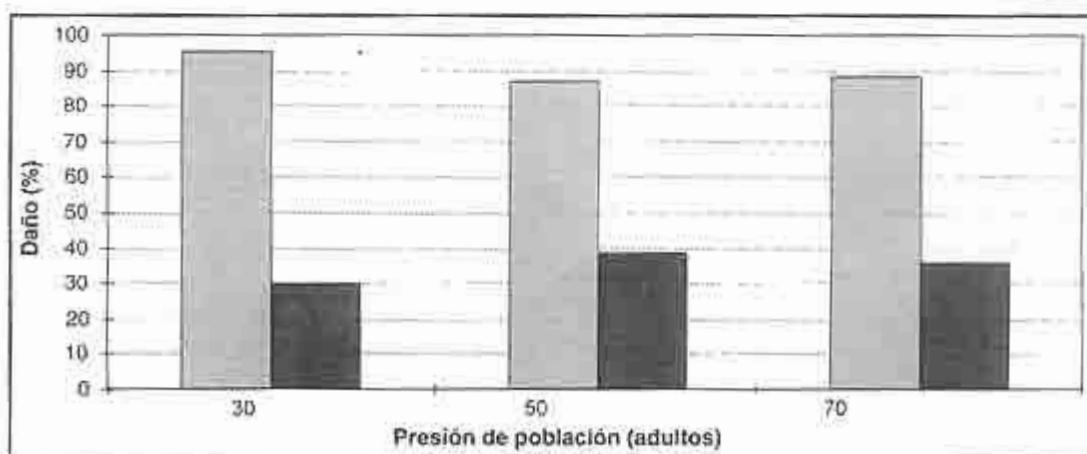


Figura 25. Porcentaje de daño y número de adultos de la polilla *S. tangolias* en tubérculos semilla tratados con Baculovirus, en jaulas entomológicas con tres poblaciones de la polilla. Chuquisaca, 1995-1996.

Sin embargo, en condiciones de almacén en la provincia Yampare, Chuquisaca (3105 msnm), el bioinsecticida Baculovirus (20 larvas/kg de m.l.) aplicado en tubérculos de la variedad Malcacho, en dosis mayores a la recomendada (100 g/25 kg de papa), fue eficiente en la protección de los tubérculos de *S.*

tangolias, cuando las prácticas de control comenzaron a aplicarse organizadamente en campo desde el inicio del ciclo del cultivo de papa. Las prácticas de control de *S. tangolias*, que también fueron dirigidas para controlar al gorgojo de los Andes *Rhigopsidius tucumanus*, comenzaron por aplicarse en campo con el Insecticida Carbofuran a la emergencia y al aporque, en realizar aporques altos y oportunos, eliminar los tubérculos dañados antes de almacenar los sanos y desinfectar el almacén con un insecticida de baja toxicidad. Posteriormente, se aplicó el bioinsecticida a los tubérculos.

Durante cinco meses, el Baculovirus evitó que las larvas de *S. tangolias* penetraran en los tubérculos almacenados. Este comportamiento pudo ser favorecido por la baja humedad relativa de la temporada, ya que a principios del mes de octubre, la población de la plaga aumentó con las primeras lluvias al igual que la humedad relativa, y los tubérculos comenzaron a presentar daños iniciales con tendencia a incrementarse (Barea y Bejarano, 1998).

Estos efectos favorables al uso del Baculovirus, se desecharon por considerarlos aislados, y por otro lado, por su mayor costo al requerir una doble dosis del bioinsecticida (100 g/25 kg de papa) y aplicaciones adicionales de insecticidas en campo. Por lo que en Chuquisaca, las siguientes investigaciones en el control de *S. tangolias*, ya no consideraron al bioinsecticida Baculovirus, los trabajos se concentraron en encontrar resultados satisfactorios con el uso de otros productos químicos y naturales. En este propósito, en Yamparaez, se estudiaron ocho tratamientos en seis almacenes, estos consistieron en tratar los tubérculos con 1) Malathion, 2) Actellic 50 CE, 3) Dipel con caolín, previa inmersión de los tubérculos en solución azucarada, 4) Dipel con caolín aplicado en polvo, 5) Dipel en solución aplicado a los tubérculos por inmersión, 6) uso de hojas de eucalipto, 7) hojas de muña y 8) ceniza.

Después de 50 días de almacenar los tubérculos tratados, se observó que los productos que controlaron optimamente a *S. tangolias*, fueron Malathion 10PM y Actellic 50 CE, con ambos, los daños en los tubérculos por la polilla sólo alcanzaron a 1.3%, en cambio, los daños en los tubérculos sin tratar (testigo) y en los tubérculos tratados con ceniza, fueron mayores de 95% (Cuadro 6) (Barea et al., 1998).

Cuadro 6. Porcentaje de daño de *S. tangolias* por efecto de la aplicación de diferentes tratamientos químicos y naturales.

Tratamientos	Porcentaje de daño (%)
Malathion 10 PM	1,3
Actellic 50 CE (Pyrimiphos-methyl)	1,3
Dipel en mezcla con caolín, previa inmersión de los tubérculos en solución azucarada	2
Dipel en mezcla con caolín aplicado en polvo	5,3
Dipel en solución aplicado por inmersión de los tubérculos	65,3
Hojas de eucalipto	10
Hojas de muña	6,7
Ceniza	95,3
Testigo	100

Posteriormente, en laboratorio del Centro Toralapa (Tiraque, Cochabamba), se comparó la efectividad de los aislamientos de *Bacillus thuringiensis* (5 efectivos para *Spodoptera exigua* y 3 para *Phthorimaea operculella*) con el bioinsecticida Baculovirus (MATAPOL) y otros productos proporcionados por el Centro Internacional de la Papa, en el control de *S. tangolias*. Los productos proporcionados por el CIP fueron, el MVP (*B. thuringiensis*) en formulación líquida y en polvo (MVP y CON), y una formulación en polvo denominada LUPE (polvo en base a granos de *Lupinus mutabilis*).

Las pruebas en almacén, se realizaron en Sucre (Chuquisaca), con altas poblaciones de *S. tangolias*. En estas condiciones, *S. tangolias* fue controlado en 80% por la cepa C24P13 de *B. thuringiensis*, el producto CON controló a *P. operculella* en 96% y a *S. tangolias* en 97%. Otros productos, como el MVP en polvo y el MATAPOL, también controlaron satisfactoriamente en almacén a *P. operculella* y *S. tangolias*. El primer producto controló en 84% a *P. operculella* y en 83% a *S. tangolias*; y el segundo, en 91% a *P. operculella* y en 75% a *S. tangolias* (Figura 26) (Crespo y Rocabado, 2000 b).

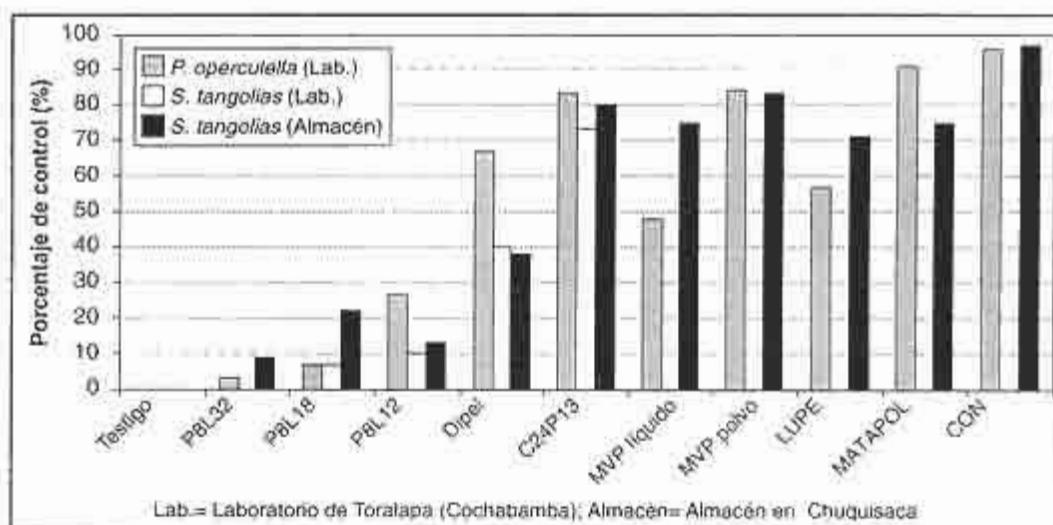


Figura 26. Porcentaje de control de las polillas *P. operculella* y *S. tangolias* con aislados de *Bacillus thuringiensis* y otros productos en condiciones de laboratorio (Toralapa, Cochabamba) y almacén (Sucre, Chuquisaca).

Estos resultados, influyeron en la decisión de multiplicar la bacteria *B. thuringiensis* cepa C24P13 a mayor escala, para validar su efecto en almacenes de agricultores plagados con *S. tangolias*, en diferentes zonas. También se validarían el MVP en polvo y el bioinsecticida Matapol, siempre y cuando, el primero sea accesible económicamente al agricultor (Crespo y Rocabado, 2000 b).

2.2.2.3.2. Control en campo

La aplicación de productos químicos al cultivo de papa en campo, fue considerada una alternativa para evitar que los tubérculos cosechados e infestados por *S. tangolias*, ingresen a los almacenes con daños iniciales altos.

En el valle Central de Tarija se probó esta alternativa, se evaluaron cuatro insecticidas: Ambush 500 CE (Permethrin), Baytroid 50 EC (Cyfluthrin), Pirinex 48 EC (Clorpirifos) y AIsystin 25 PM (Triflumuron), en las épocas de mayor presencia de adultos de *S. tangolias* en campo (en la floración y 20 o 30 días antes de la cosecha). El insecticida Ambush 500 CE se destacó entre los otros tres en el control de *S. tangolias*, porque su uso registró menores daños en el follaje y no se observó ningún daño en los tubérculos en almacén después de 60 días de la cosecha, en tres de las comunidades donde se realizaron las pruebas (Figura 27). Con este ensayo quedó demostrado que *S. tangolias* daña al follaje, cuando se encuentra en poblaciones altas (Herbas et al., 1995 c; Arnold et al., 1996 b).

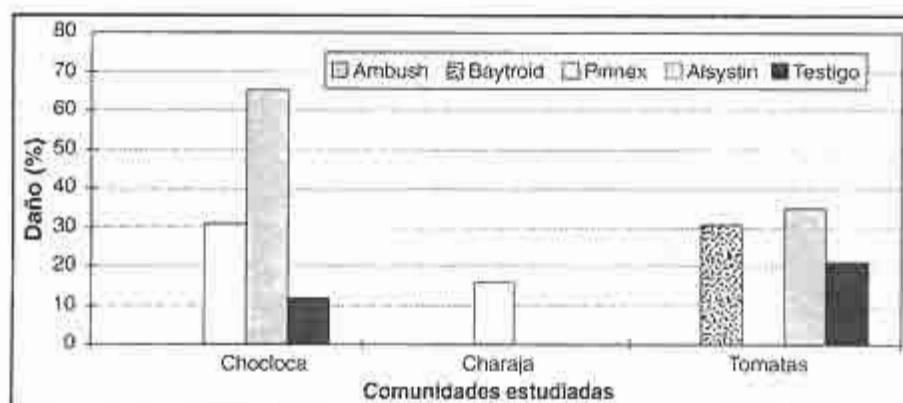


Figura 27. Porcentaje de daño de *S. tangolias* en tubérculos de papa por efecto de cinco insecticidas químicos en tres comunidades del Valle Central de Tarija. 1995-96.

2.3. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS

2.3.1. Introducción

Tomando como base las investigaciones realizadas por el CIP bajo condiciones similares, el PROINPA inició la búsqueda de controladores biológicos en tubérculos dañados. Se hallaron larvas de *P. operculella* enfermas con el virus de la granulosis *Baculovirus phthorimaea* (patógeno natural de las larvas de polilla) en el almacén de un agricultor del valle de Mizque (Andrew *et al.*, 1991 b).

Con esas larvas nativas infectadas con el virus, se iniciaron estudios para determinar el potencial de *B. phthorimaea* como controlador de *P. operculella*, usando metodologías desarrolladas por el CIP. Luego se incluyó este virus como controlador biológico de la polilla en condiciones de almacén.

2.3.2. Baculovirus, producto comercial a base del virus *Baculovirus phthorimaea*

El bioinsecticida Baculovirus es una formulación en polvo contenida en una bolsa de 1 kg. La formulación esta compuesta por larvas de la polilla *P. operculella* infectadas con el virus granulosis (*Baculovirus phthorimaea*) como ingrediente activo; caolín (material inerte) y tritón (dispersante).

Este bioinsecticida no afecta al hombre, animales, plantas ni al medio ambiente, al contrario de lo que ocurre con la mayoría de los insecticidas químicos. Otra ventaja es su alta efectividad en el control de la polilla *P. operculella*, cuando es aplicado en la forma apropiada y momento oportuno.

El Baculovirus en polvo se aplica a los tubérculos-semilla antes de almacenarlos. La dosis del producto por tonelada de papa es de 2 kg (50 g/25 kg de papa). Para lograr una buena aplicación del producto en los tubérculos, se emplea una bolsa de tejido fino en la que se introducen los tubérculos (25 kg) y cuatro cucharas llenas del bioinsecticida (50 g). Luego se cierra la bolsa y se agita el contenido hasta que las papas estén completamente blancas. La aplicación se realiza una sola vez, al momento del almacenamiento.

2.3.3. Formulación del bioinsecticida Baculovirus

El virus granulosis *Baculovirus phthorimaea* se incluyó al manejo integrado de *P. operculella* en Bolivia, como parte del control biológico empleado. La multiplicación del virus se efectuó por metodologías empleadas en el CIP y en la primera cría se obtuvieron 34% de larvas infectadas (Andrew *et al.*, 1991 b).

En 1992 se definió que si se confirmaba el potencial del bioinsecticida Baculovirus, PROINPA proporcionaría apoyo técnico a las organizaciones locales de desarrollo de las zonas infestadas por la polilla en Mizque (Cochabamba), para que multiplicaran el bioinsecticida en gran escala, promuevan su distribución y uso por los agricultores (Andrew *et al.*, 1992 b). Sin embargo, por las experiencias negativas del personal técnico en el Perú en la cría de insectos (CIU: Cría de Insectos Útiles), se optó que PROINPA se hiciera cargo de la cría de *P. operculella*, multiplicación del virus *B. phthorimaea* y de la elaboración del bioinsecticida (comunicación personal Rene Andrew¹).

Los estudios iniciales consistieron en probar tres tipos de materiales para determinar el material inerte más eficiente en la formulación del bioinsecticida. Se observó que la mortalidad de las larvas de *P. operculella* fue mayor con el uso de caolín (98%), debido a su buena adherencia a los tubérculos tratados, en comparación con los otros dos materiales, tiza molida (83%) y cal hidratada (20%) (Calderón y Perez, 1993 c).

Finalmente, la producción del bioinsecticida Baculovirus fue resultado de dos años de investigación en el control de la polilla *P. operculella* en almacén. La multiplicación del virus se realizó infectando el alimento que se da a las larvas de polilla. Para preparar el bioinsecticida Baculovirus, las larvas infectadas y molidas de *P. operculella* son diluidas en agua, a la que se agrega tritón y caolín (silicato de alumina), todos estos componentes se mezclan bien hasta obtener una pasta uniforme. La pasta se extiende sobre una superficie plana a la sombra. Una vez seco el material se muele y embolsa.

¹ Ph.D. Entomólogo consultor de la Fundación PROINPA (julio de 1999 a agosto de 1999).

2.3.4. Determinación del TL50 con diferentes concentraciones de *B. phthorimae* en laboratorio

El potencial del virus *Baculovirus phthorimae* como controlador biológico de *Phthorimaea operculella*, se evaluó en laboratorio con cinco diferentes concentraciones del virus. Sólo una TL50 de 80 larvas/l de agua, fue eficiente para eliminar el 50% de la población de larvas de polilla a los 7 días de haber ingerido el virus. Con las otras dosis las diferencias no fueron claras, sin embargo, se determinó que las larvas infectadas no llegan a empupar y mueren entre 7 y 28 días después de haber ingerido el virus (Figura 28) (Machicao et al., 1996 b).

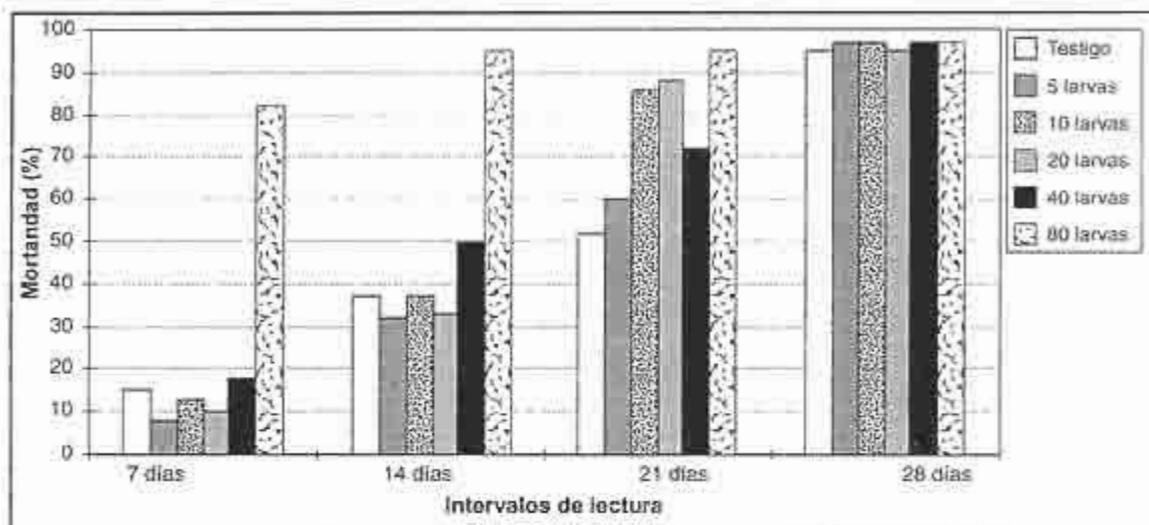


Figura 28. Determinación de la TL50 de *P. operculella* a diferentes concentraciones del *Baculovirus phthorimae*. Mizque. 1995-96.

2.3.5. Optimización de la eficiencia del bioinsecticida Baculovirus de acuerdo al sistema de almacenamiento

P. operculella ocasiona mayores daños durante el periodo de almacenamiento de los tubérculos. Al comparar dos sistemas de almacenamiento, se observó que el almacén con luz difusa favorece relativamente la eficiencia del Baculovirus en el control de la polilla; en estas condiciones los tubérculos disminuyen la pérdida de peso y el desarrollo de los brotes son más vigorosos en comparación con lo observado en el almacenamiento tradicional (semilla colocada en el suelo de una habitación oscura) (Figura 29) (Lino et al., 1995 d).

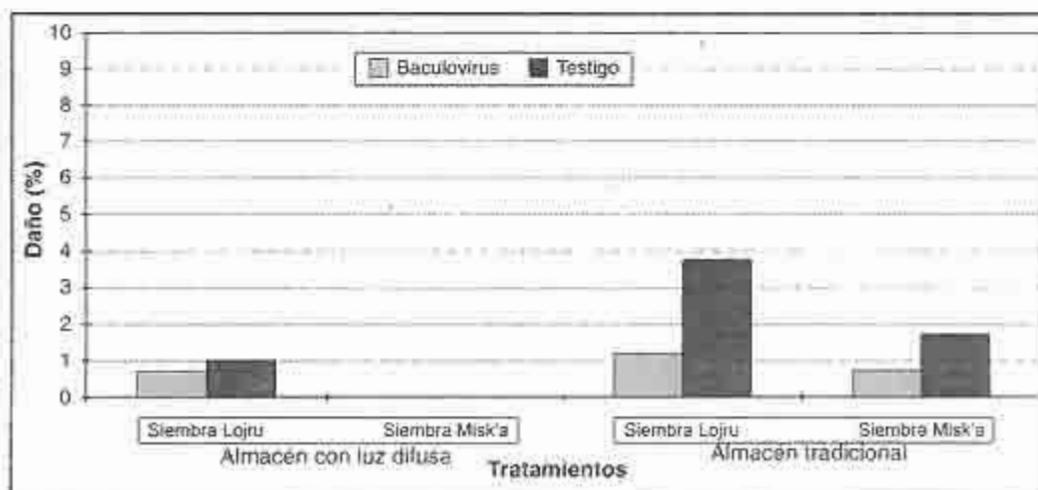


Figura 29. Eficiencia de dos tipos de almacén para el control de *P. operculella*. Mizque. 1994-95.

2.3.6. Efecto de diferentes formas de aplicación del bioinsecticida Baculovirus en almacén

El tiempo que requiere aplicar el bioinsecticida Baculovirus a volúmenes de semilla de 1 a 5t es un factor negativo, por lo cual se comparó la forma de aplicación tradicional -que consiste en colocar en una bolsa de tejido fino 25 kg de papa y cuatro cucharas llenas del Baculovirus comercial, cerrar la bolsa y entre dos personas sacudirla hasta que las papas estén completamente blancas, para almacenarlas posteriormente- con otras formas (formal por capas, formal en la capa superficial del montón de papa y aplicación por espolvoreo con aplicador).

Con este estudio se comprobó una mayor eficiencia relativa en las formas de aplicación tradicional o formal y formal por bandas (dos capas de tubérculos con aplicación formal previa y una capa intermedia sin aplicación), en ambos tratamientos los daños iniciales en los tubérculos se mantuvieron hasta el final del período de almacenamiento. La aplicación del Baculovirus por espolvoreo con aplicador, pese a ser práctico (porque requiere menor tiempo y esfuerzo) no demostró ser eficiente, por cubrir muy finamente el tubérculo con el Baculovirus, lo cual redujo la resistencia mecánica que ofrece el bioinsecticida en el ingreso de la plaga al tubérculo cuando éste es aplicado formalmente (Figura 30) (Machicao *et al.*, 1996 a).

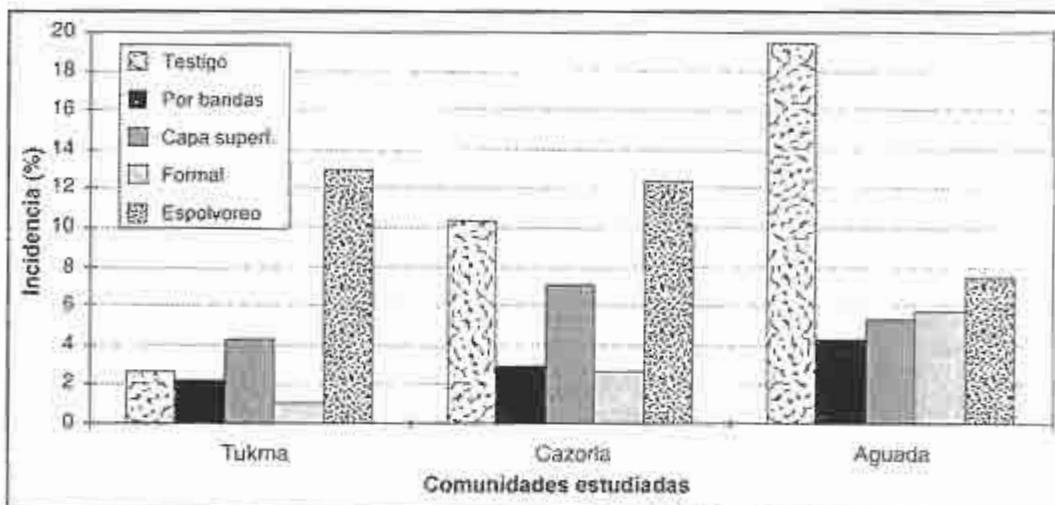


Figura 30. Efecto de diferentes formas de aplicación del bioinsecticida Baculovirus en la incidencia de *P. operculella* en tres comunidades, Mizque, Cochabamba, 1995-96.

2.3.7. Resistencia de la polilla *Phthorimaea operculella* al bioinsecticida Baculovirus

Las pruebas de resistencia de la polilla *P. operculella* al bioinsecticida Baculovirus para definir futuras estrategias que posibiliten el manejo adecuado de la resistencia en las polillas fueron iniciadas en 1990. Este estudio, importante en programas de control biológico, está dirigido a entender los mecanismos que regulan la manifestación de resistencia y a establecer patrones para su desarrollo (Sosa-Gómez & Moscardi, 1994).

Se realizaron dos ensayos consecutivos de inducción de resistencia gradual de la polilla al bioinsecticida, mediante presión de selección en condiciones aisladas. Como punto de partida de las pruebas se emplearon adultos que no fueron afectados por el virus, procedentes de la cría masal de larvas con virus. Esta población inicial se multiplicó masivamente hasta obtener una población de 500 individuos. Las larvas de esta cría se alimentaron con tubérculos tratados por inmersión en el Baculovirus con la dosis habitual empleada para la multiplicación masiva (20 larvas/litro agua/kg caolín).

Se demostró que el factor de resistencia (porcentaje de la población que no es afectada por el Baculovirus) aumenta conforme aumenta el número de generaciones de la población aparentemente resistente, alimentada con tubérculos tratados con el bioinsecticida.

Después de cuatro generaciones se incrementó la resistencia de la polilla al Baculovirus. El factor de resistencia, en relación con la población normal o susceptible, es 0.5 en la primera generación y 2.6 en la cuarta (Calderón *et al.*, 1998 a). En un trabajo anterior, la población resistente llegó a incrementar su factor de resistencia en 1.1 veces

después de dos generaciones, en relación con la población normal o susceptible (Calderón *et al.*, 1997 c). Estos trabajos continúan ejecutándose hasta generar una población resistente al Baculovirus.

2.4. IMPLEMENTACIÓN Y DIFUSIÓN DEL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA DE LA PAPA *Phthorimaea operculella*

2.4.1. Manejo Integrado de la polilla *P. operculella* en condiciones de campo

En PROINPA el Manejo Integrado de la Polilla (MIP) fue concebido como el uso de diversos componentes seleccionados en forma combinada durante un ciclo completo, es decir abarca el control en campo y en almacén. Los componentes del MIP fueron: preparación del terreno, siembra adecuada, control etológico, control cultural, uso racional de insecticidas químicos, insecticidas biológicos, parasitoides, cosecha oportuna, selección y tratamiento de tubérculos-semilla antes del almacenamiento. La combinación de estos componentes fue evaluada mediante el porcentaje de infestación a la cosecha (indicativo a corto plazo) y la reducción de las poblaciones en una zona determinada (a largo plazo: medición de impacto). Este estudio fue iniciado en la gestión 1992-93.

Se compararon dos estrategias de Manejo Integrado con el manejo tradicional del cultivo en campo y almacén practicado por el agricultor. Como resultado se determinó la importancia de la práctica conjunta y organizada de los diferentes componentes considerados en las estrategias del MIP. Los métodos aplicados en el estudio fueron:

MIP 1: Metodología PROINPA

- Preparación del terreno para eliminar estados inmaduros de la plaga por exposición al sol y al medio ambiente adverso.
- Limpieza del campo, mediante la eliminación de plantas hospedantes y espontáneas, que son un foco de infestación potencial para el cultivo.
- Selección y desinfestación de la semilla antes de la siembra, uso de semilla uniforme y con menos del 5% de infestación (semilla tratada tres meses antes de la siembra con el bioinsecticida Baculovirus). La semilla con 5% de infestación se trató con Decis (Deltametrina) o Malathion.
- Siembra con tubérculos sanos y bien cubiertos dentro el surco.
- Seguimiento de poblaciones, colocando una trampa de agua con feromona sexual en cada una de las parcelas en estudio, para identificar el pico poblacional del insecto y determinar la cantidad de parasitoides que se requiere liberar.
- Control cultural, por medio de aporques adecuados para no dejar tubérculos expuestos, realizado por el agricultor bajo la supervisión del técnico.
- Control químico con insecticida Decis (Deltamethrina) específico para la polilla, asperjando el cuello de la planta, a partir de la floración, con el fin de evitar futuras infestaciones.
- Control biológico: liberación del parasitoide *Copidosoma* sp. 15 días después del tratamiento con insecticida químico, a una densidad de 6 momias del parasitoide por cada polilla capturada en la trampa y la segunda liberación 7 a 10 días de la primera; en ambos casos se hizo una aspersion con Dipel (*Bacillus thuringiensis*) dos a tres días antes.
- Cosecha oportuna: La cosecha se realizó cuando el tubérculo alcanzó la madurez fisiológica. Se evaluó el daño en 500 tubérculos por parcela de 2000 m² (de cinco puntos/parcela), los cuales fueron llevados a cajas micro-almacén para ser evaluados 10 días después de la cosecha.
- Selección de tubérculos-semilla: la selección se realizó uno a dos días después de la cosecha, ya que en estudios anteriores se determinó que en tubérculos expuestos 24 horas al medio ambiente la infestación aumentó considerablemente.
- Tratamiento con el bioinsecticida Baculovirus a tubérculos-semillas con 2 a 4% de infestación; por encima de este porcentaje la eficiencia del bioinsecticida disminuía considerablemente. Después del tratamiento, los tubérculos se colocaron bajo diferentes tipos de almacenes con diferente tipo de techo (calamina, teja, barro) y en un almacén de luz difusa.

MIP 2: El agricultor manejó el cultivo en campo bajo su criterio y el MIP1 se aplicó sólo en almacén luego de una cosecha oportuna y de la selección de los tubérculos cosechados

En la primera siembra (primera fase de ejecución), sólo se aplicó el MIP en condiciones de campo. Se comprobó la importancia de eliminar las plantas hospederas (papas q'ipas), porque en ellas se había registrado fuertes infestaciones (0.4 huevecillos, 6 larvas/planta). Se observó que las poblaciones de la polilla disminuyen conforme avanza la senectud del cultivo y que las poblaciones más altas coinciden con la etapa de la floración del cultivo. A la cosecha, el porcentaje de infestación inicial fue muy bajo, sólo se observó 1% de infestación en los tubérculos de la parcela con la estrategia MIP1 (Rodríguez & Andrew, 1993).

En otro estudio se comprobó que el daño de la polilla al follaje es muy bajo (2%), por lo que no se observó diferencias entre los tratamientos. Esta baja incidencia fue atribuida a la aplicación previa de insecticidas contra otras plagas como *Epitrix* sp., *Diabrotica* sp., etc. que también afectaron a la población adulta de la polilla, ya que los tratamientos en el cuello de las plantas para bajar las poblaciones de la plaga se realizaron después de la floración. A la cosecha los tubérculos presentaron mayor infestación en la parcela testigo (4.5%) y la parcela MIP2 (4.2%), porque no se hizo control alguno de la plaga en campo; en cambio la infestación de los tubérculos cosechados en la parcela MIP1 llegó al 2% (Figura 31).

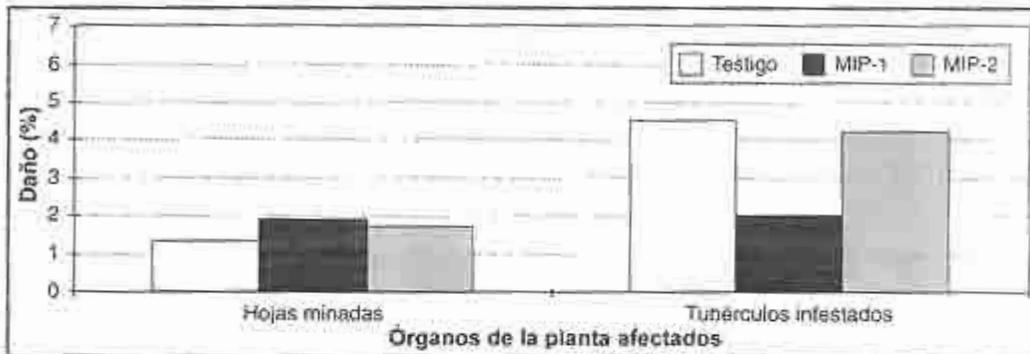


Figura 31. Porcentaje de daño al follaje y al tubérculo causado por *P. operculella*. Mizque 1993-94.

Por otro lado, se observó que en las parcelas testigo y MIP2 los porcentajes de larvas sanas fueron altos (90 y 70%, respectivamente) y en las parcelas de larvas parasitadas por *Copidosoma* sp. el porcentaje fue bajo (9 y 28%); en cambio en la parcela MIP I se observó un menor porcentaje de larvas sanas (27%) y un alto porcentaje de larvas parasitadas (60%), además se registró un 10% de larvas muertas, posiblemente por la aplicación del bioinsecticida Dipel (*Bacillus thurgiensis*) (Figura 32).

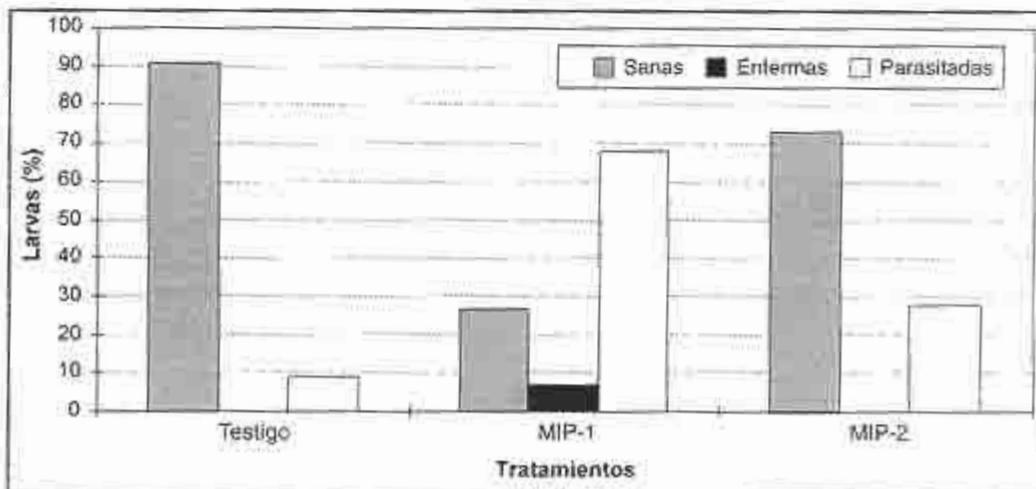


Figura 32. Porcentaje de larvas sanas, enfermas y parasitadas, con tres estrategias de control para la polilla *P. operculella*. Mizque, Cochabamba, 1993-94.

Asimismo, al finalizar el período de almacenamiento (después de 3 meses), se observó que en todos los almacenes donde se utilizó la estrategia MIP 1, el daño a los tubérculos fue menor. Por otra parte, entre los diferentes tipos de almacenes, el almacén con luz difusa favoreció una menor infestación de los tubérculos ya que la luz favoreció el verdeamiento y vigorizó los brotes en relación con los tubérculos en los otros almacenes. El almacén con techo de calamina favoreció una mayor infestación (20% MIP 2 y 60% testigo), seguido de los almacenes con techo de barro y de teja (Zurita & Andrew, 1994 a).

2.4.2. Manejo Integrado de la polilla *P. operculella* en condiciones de almacén

Para controlar la polilla de la papa *P. operculella* en almacén antes de 1993 se estudiaron estrategias de control diferentes al uso de productos químicos, donde el insecticida biológico Baculovirus ofreció la mejor alternativa. Se añadieron elementos complementarios a esta estrategia para asegurar una mayor eficacia del bioinsecticida y constituir el Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Almacén (MIPPA). Esta estrategia comprende la selección de semilla sana, la desinfección de almacenes, el tratamiento de los tubérculos con *Baculovirus phthorimaea* y la eliminación de focos de infección dentro del almacén.

El estudio se realizó en el Valle de Mizque en las épocas de mayor almacenamiento de papa que corresponde a la cosecha de la siembra Misk'a (almacenamiento de noviembre a febrero) y de la siembra Temporal (almacenamiento de marzo a junio) en 44 y 9 almacenes, respectivamente, y en las comunidades de Cazorla, Tukma Baja y Bañado (Blanco, 1994).

Para evaluar la tecnología del MIPPA se cuidó que los tubérculos-semilla para almacenar tuvieran un porcentaje de infestación menor al 5%, se desinfectaron los almacenes utilizando K'otrine (Deltametrina: 50g/5l agua) y se trataron los tubérculos con el bioinsecticida Baculovirus a una dosis de 125g/25 kg de tubérculos. Al cabo de tres meses de almacenamiento se realizó la evaluación del porcentaje de infestación final. Los resultados mostraron claramente la eficiencia del MIPPA respecto de los métodos tradicionales practicados por los agricultores (como el uso de eucalipto y ceniza y de los insecticidas químicos Folidol y Malathion). Un factor importante en el éxito del MIPPA fue la oportunidad de aplicación del bioinsecticida para evitar la multiplicación de la plaga y también la desinfestación del almacén principalmente en aquellos con antecedentes de altas poblaciones de la plaga. A continuación se comparan los datos de los tubérculos en porcentaje por efecto de la tecnología del MIPPA frente al tratamiento testigo (sin ningún tratamiento) (Figura 33) (Blanco, 1994).

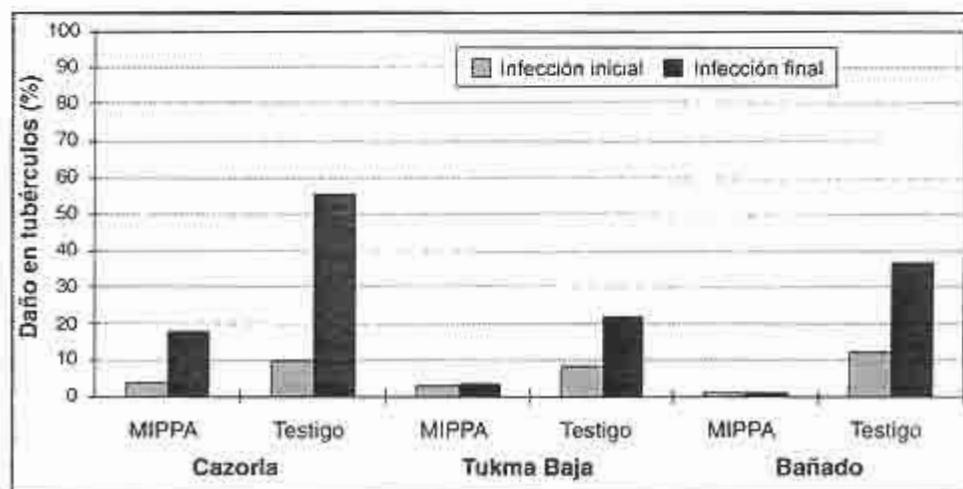


Figura 33. Comparación del daño al utilizar MIPPA versus testigo en tres comunidades del Valle de Mizque, 1994.

Al final del período de almacenamiento se observó que el daño fue menor en aquellos tubérculos tratados 1 a 2 semanas después de la cosecha. En ese corto tiempo los adultos hembras de la polilla apenas lograron ovipositar sobre los tubérculos; los individuos en su mayoría murieron antes de emerger de los huevos por efecto del insecticida. El daño fue mayor en los tubérculos cuando el tratamiento se efectuó después de un mes de la

cosecha, lo cual favoreció la multiplicación de varias generaciones de la polilla incrementando la posibilidad de su supervivencia en el almacén y dañando los tubérculos (Figura 34).

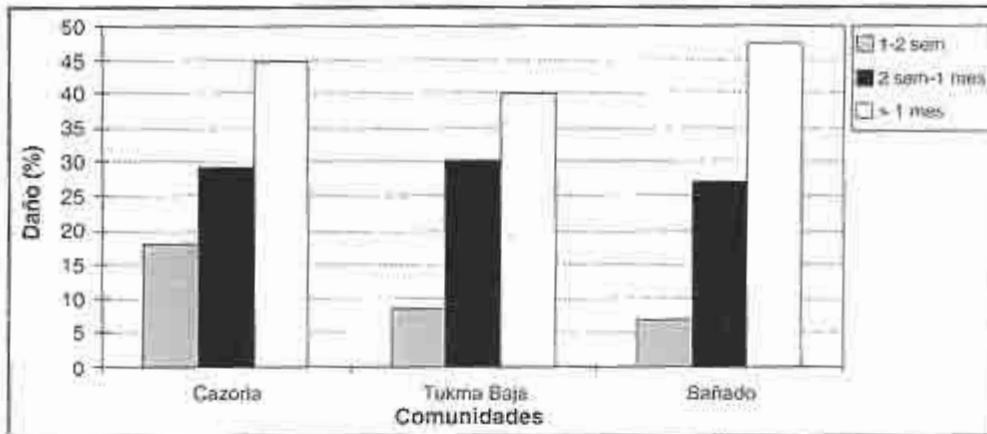


Figura 34. Efecto de tres periodos de exposición de los tubérculos al ataque de *P. operculella* en almacén, en tres comunidades de Mizque, Cochabamba.

Aplicando la estrategia del MIPPA, el daño ocasionado por la polilla fue del grado 2 y ocasionalmente del grado 3 (Cuadro 11), ninguno limitó el uso de los tubérculos como semilla. Por el contrario, cuando no se realizó ningún tipo de control se observaron pérdidas en los tubérculos hasta los grados 4 y 5, en los cuales los tubérculos no pueden ser usados como semilla. Este resultado se debe al mayor tiempo de permanencia de la plaga en almacén sin ningún tratamiento.

Por otro lado, también se observó que el tratamiento de los tubérculos con productos químicos garantiza el uso de 70.8% del total de semilla almacenada, en cambio con el MIPPA se garantiza el uso del 100% de la semilla.

En términos numéricos, el MIPPA, donde el bioinsecticida Baculovirus se aplica hasta la segunda semana después de la cosecha, mostró una eficiencia del 84.15% en el control de la polilla de la papa y demostró que no está limitado por factores como el tipo de techo del almacén o las variedades de papa almacenadas. Además, favoreció el desarrollo de brotes vigorosos, debido a que la cobertura del bioinsecticida reduce las pérdidas por humedad que normalmente se presentan durante el almacenamiento (Blanco, 1994).

2.4.3. Efecto del manejo integrado sobre la fluctuación poblacional de *Phthorimaea operculella*

A partir de 1991, en colaboración con el CIP, PROINPA instaló y evaluó en forma gradual y progresiva diferentes componentes en el Manejo Integrado de la Polilla, principalmente en el Valle de Mizque (liberación de parasitoides, control masal, confusión de machos, uso del Baculovirus, control químico y otros). La permanente evaluación permitió a la vez determinar las debilidades de cada uno de los métodos de control desde una perspectiva ecológica.

Sin embargo, para analizar el efecto global del Programa de Manejo Integrado, se recurrió a los resultados de los monitoreos permanentes de la fluctuación poblacional del adulto de *P. operculella* a través de la especificidad de las feromonas sexuales durante cuatro años.

Los resultados de la fluctuación poblacional de la polilla adulta demostraron que el Manejo Integrado redujo las poblaciones sobre todo en el primer año, y se mantuvo en niveles bajos en los últimos años. También se observó que la mayor población de *P. operculella* se presenta en la siembra Temporal y la menor población durante la siembra Lojru. Por otra parte, en la gestión de 1995-96, se observaron pocos almacenes con alta incidencia de ataque de polilla, y se constató que en estos almacenes la alta incidencia se debió al desconocimiento del MIPPA por parte del agricultor.

Sin embargo, no se pudo determinar ni cuantificar cuáles son los componentes más importantes del Manejo Integrado. Por otro lado, antes de 1996 algunas circunstancias pusieron en duda que la reducción de la población adulta de la polilla fuera un efecto exclusivo de la aplicación del Manejo Integrado. Estableciendo un análisis

cronológico de los datos, se observó que las poblaciones de *P. operculella*, también descendieron significativamente en 1992, 1993 y 1994 mientras en 1991-92 se presentó la mayor población del insecto. La reducción se debió principalmente a que en esa época empezaron los estudios básicos de la polilla de papa y el desarrollo de alternativas de control para el Manejo Integrado, los cuales estuvieron acompañados por algunos factores favorables para control de esta plaga como el cambio en la importancia de las especies cultivadas (cebolla y frijol) y la aplicación masiva de K'otrine (Deltrametrina) a las casas del Valle de Mizque, a consecuencia de una campaña general contra el mal de chagas liderada por CEDEAGRO (Centro de Desarrollo Agropecuario) (Figura 35) (Lino et al., 1998).

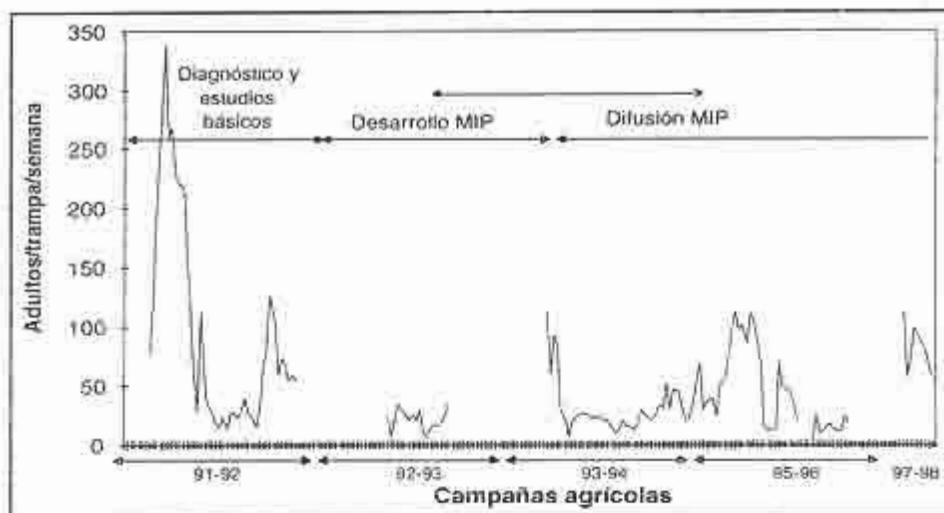


Figura 35. Secuencia cronológica de la fluctuación poblacional de *P. operculella* en el Valle de Mizque (1991-98).

2.4.4. Transferencia del Manejo Integrado de la Polilla *P. operculella* en Almacén (MIPPA) y el bioinsecticida Baculovirus

2.4.4.1. Validación, difusión, capacitación

Desde 1991, en colaboración con el CIP, se iniciaron ensayos en almacenes de agricultores de la provincia Mizque (Cochabamba) para evaluar alternativas diferentes al control químico de la polilla *P. operculella* en las que se incluyó el control biológico con el virus *B. phthorimaeae*. Se demostró que es posible controlar la polilla con varias alternativas seleccionadas previamente (bioinsecticida Baculovirus, hojas de muña, hojas de eucalipto), en las que adquiere un papel importante la oportunidad de la aplicación de los productos preventivos y la selección de la semilla antes de almacenarla. Estas pruebas iniciales en los almacenes generaron gran interés entre los agricultores e instituciones de desarrollo.

Hasta ese entonces no se trabajaba con un enfoque de manejo integrado, lo que se hacía era investigar diferentes formas de controlar la polilla (Blajos et al., 1997 a).

En la campaña 1991-92 se preparó la primera cartilla sobre control de la polilla (Calderón y Lino, 1992) que fue evaluada con ocasión de la feria agrícola de Aiquile y se observó que el mayor problema para promover el uso del Baculovirus fue explicar el ciclo de vida del insecto. Esta cartilla ayudó mucho en este aspecto, sin embargo, el agricultor no entendía porque el lenguaje era muy técnico. Por otro lado, se pudo notar que los agricultores preferían carteles para colocarlos en las paredes, porque que de esta forma no se perderían (Gandarillas, 1993).

Posteriormente hasta la campaña 1993-94, se definió la estrategia más eficaz para combatir a la polilla a través de la identificación y evaluación de diferentes componentes que podrían formar parte del Manejo Integrado; a esta estrategia se puso el nombre de Manejo Integrado de la Polilla de la Papa que incluía los siguientes componentes (Gandarillas, 1995).

- Aporqué alto para reducir el riesgo que las larvas ingresen a los tubérculos en campo.
- Cosechar por separado las papas que no estaban bien cubiertas con tierra (porque pueden tener larvas).

- Cosechar la papa a tiempo.
- Seleccionar la semilla y separar los tubérculos con larvas para asegurar un nivel inicial de infestación menor a 5%.
- Fumigar el lugar donde se almacena la papa con una K'othrine (Deltametrina) para eliminar la población remanente de polilla.
- Mezclar los tubérculos con Baculovirus en una bolsa hasta que queden completamente cubiertos. Usar una dosis de 3 kg. por tonelada de papa.

Esta estrategia fue validada en el Valle de Mizque, definida como área piloto para la difusión del MIP-Polilla a través de un proyecto especial. Se establecieron "almacenes demostrativos" en las épocas de cosecha de la "Siembra Mishka" (noviembre-febrero) en 44 almacenes y la cosecha de la "Siembra Temporal" (marzo-junio) en nueve almacenes, en las comunidades de Cazorla, Tukma Bajo y Bañado. Después de tres meses de almacenamiento el MIP-Polilla mostró una eficiencia de 84.15% en el control de la polilla en comparación de otros productos y procedimientos practicados por el agricultor. Además, mediante la medición de la intensidad de daño, se observó que si se tratan los tubérculos con productos químicos, se garantiza el uso de un 70.8%, en cambio con el MIP-Polilla se garantiza el uso de toda la semilla almacenada.

Estos almacenes, además de ser útiles para los días de demostración, fueron favorables para realizar cursillos que incrementaron la cobertura de aceptación entre los agricultores y el interés y entusiasmo de parte de las instituciones locales de desarrollo que colaboraron formalmente en las actividades de difusión del MIP-Polilla, como ASTEC (Asistencia Técnica para el Desarrollo de Proyectos) y CEDEAGRO (Centro de Desarrollo Agropecuario), para coordinar acciones e implementar alternativas de control de la polilla. Los cursillos consistieron en charlas apoyadas con diapositivas que mostraban el ciclo de vida del insecto, los daños, la elaboración y formulación del bioinsecticida Baculovirus y el método del MIP-Polilla. El cursillo concluía con una práctica en la que los participantes aprendían-haciendo el método de aplicación del producto.

Entre 1993 y 1994 se dictaron cursos sobre MIP-Polilla en eventos organizados por ASTEC en los que se trataban esencialmente otros temas y por lo tanto se limitaban sólo a charlas sobre el uso del Baculovirus y se mostraba un video de un ensayo comparativo del Baculovirus con muña, eucalipto y químicos (Folldol y Fostoxin) o se proyectaban diapositivas. Al concluir el curso se solicitaba a un agricultor participante que proporcione su almacén para poner en práctica lo expuesto; posteriormente estos almacenes se utilizaban como almacenes demostrativos. En cada almacén se dejaba papa sin tratar como testigo. Después de un periodo de tiempo se llamaba a la comunidad para observar los resultados, que en general fueron muy satisfactorios.

En la misma campaña en el Valle de Mizque se inició un programa de difusión masiva del MIP-Polilla a través de una propaganda radial con "spots" de tres minutos, tres veces al día durante todo el año, y se difundió por dos campañas más (1994-95 y 1995-96). En el "spot" se mencionaban las organizaciones que comercializaban el bioinsecticida (i.e. ASTEC). Asimismo, durante dos campañas consecutivas (1993-94 y 1994-95) PROINPA intensificó la campaña de venta y difusión del uso de Baculovirus en las comunidades de Cazorla, Tukma bajo, Bañado, Taboada, Incahuasi, Poligono, Chura y Tukma Centro (Blajos *et al.*, 1997 a).

También se dieron charlas sobre la polilla en Aiquile y al año siguiente (1994-95) se incluyó esta región en el área piloto. En Aiquile se coordinaron trabajos con PROBIOMA (Productividad, Biosfera y Medio Ambiente), INDRI (Instituto Nacional de Desarrollo Rural Integrado) y Radio Esperanza.

En 1994-95, con el fin de intensificar la campaña de difusión del MIP-Polilla, se repartieron almanaques en toda el área piloto de difusión del MIP-Polilla, que mostraban y promocionaban el uso del Baculovirus. Asimismo, se publicó una segunda versión de la primera cartilla con palabras más sencillas y un formato que permitía colocarlos en la pared (Carvajal, 1995), además de un segundo video que mostraba el MIP-Polilla. En este segundo video se mostraban los resultados obtenidos en almacenes manejados con y sin MIP-Polilla, así como los daños en los tubérculos. También se incluyeron testimonios de agricultores y una explicación del ciclo de vida de la polilla.

En la misma campaña, CEDEAGRO jugó un importante papel en la difusión del MIP-Polilla, al convocar y organizar reuniones y cursillos en la noche. Durante los cursillos los técnicos de PROINPA explicaban y realizaban la práctica, y posteriormente se fijaba un día con un agricultor para establecer un almacén demostrativo. El apoyo de CEDEAGRO en el proceso de difusión y capacitación permitió que los técnicos de PROINPA tuvieran tiempo para difundir más intensamente el empleo del Baculovirus en la zona de Aiquile (Blajos *et al.*, 1997 a).

En 1995-96, el trabajo de promoción del MIP-Polilla disminuyó en forma sustancial, PROINPA suspendió los almacenes demostrativos y las ventas directas del Baculovirus en el campo y ASTEC, INDRÍ y Radio Esperanza, fueron afectados por recortes financieros que redujeron sus actividades en la parte agrícola. Asimismo, CEDEAGRO que ya enfrentaba problemas de financiamiento, redujo su apoyo en la promoción del Baculovirus y la organización de cursillos (Blajos et al., 1997 a.). Sin embargo, como otra alternativa de investigación participativa con agricultores, PROINPA a través del Comité de Investigación Agrícola Local (CIAL) realizó otra prueba de la tecnología MIP-Polilla contra *P. operculella* en Tukma Bajo (Mizque) en almacenes de agricultores, quienes evaluaron los diferentes tratamientos (Folidol, Eucalipto, Muña, Baculovirus y testigo sin control) y nuevamente el control con el bioinsecticida Baculovirus fue el mejor (Cuadro 7). Aunque los agricultores consideraron favorable el uso del Folidol porque "casi todos lo tenían en la casa", en general prefirieron el Baculovirus porque "no es tóxico para la gente o los animales" y "se puede usar para papa de consumo". El aspecto menos positivo del Baculovirus era la dificultad de aplicarlo en grandes cantidades de papa. En el Cuadro 8, se muestra un resumen de los medios empleados para la difusión del MIP-Polilla y venta del Baculovirus hasta la campaña 1995-96.

Cuadro 7. Evaluación absoluta de MIP-Polilla con CIAL de Mizque 1995-96.

Tratamiento	Puntajes	Total	Aceptación(%)
Baculovirus	5,5,3,5,5,5,3,5,5	46	92
Folidol	3,5,5,5,1,1,5,3,3,5	36	72
Eucalipto	5,3,3,3,3,3,3,1,3	30	60
Muña	3,3,1,3,3,3,3,5,1,3	28	56
Testigo	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	10	20

Fuente: Blajos et al., 1997 a.

Cuadro 8. Medios usados para la difusión del MIP-Polilla y venta directa del Baculovirus por PROINPA en Mizque

Campaña	Almacén demostración	Cursillo	Cartilla	Radio	Venta/promo	Venta oficina
93-94	+++	+++	++	+++	+++ regalo	+
94-95	++	+++	+++	+++	+++	++
95-96	+	+	++	+++	+	+++

Intensidad de empleo: +++ alta; ++ media; + baja.

Fuente: Blajos et al., 1997 a.

En la campaña 1996-97 PROINPA se retiró de Mizque y los trabajos de promoción del MIP-Polilla terminaron, quedando las oficinas del IBTA y CEDEAGRO como responsables de la venta del Baculovirus. En Aiquile PROBIOMA empezó a jugar un papel importante en la capacitación en MIP-Polilla y en la venta del Baculovirus. Asimismo, en los valles mesotérmicos de Santa Cruz, PROBIOMA y el CIAT iniciaron la promoción del uso del Baculovirus; y se consideró conveniente que PROINPA también iniciara sus actividades de promoción y capacitación en MIP-Polilla en la zona, asignando un técnico en convenio con el Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT). El técnico asignado también se encargaba de las ventas del Baculovirus y su radio de trabajo llegaba hasta las zonas de Mizque y Aiquile.

2.4.4.2. Adopción del MIPPA

Una encuesta de 247 agricultores en 1995 en Mizque, dio a conocer que el 36% de los mismos habían usado Baculovirus en la forma correcta (PROINPA, 1995). En 1996 se entrevistó a ocho agricultores de Mizque y se observó en sus casas o chacras, la forma en que estos aprendieron a usar el Baculovirus y los componentes del MIP-Polilla que habían adoptado (Cuadro 9). La mayoría de estos agricultores, por lo menos, había oído hablar del Baculovirus. Sin embargo, aparentemente el mensaje de "Manejo Integrado" como tal, no había llegado a la mayoría de ellos (Cuadro 10), porque se vio que la tendencia estaba dirigida al uso del Baculovirus como sustituto de los productos químicos. Esto reflejó la necesidad de repetir la difusión del MIP-Polilla para enfatizar la metodología. El agricultor que ignora o no practica todos los pasos de la estrategia MIP-Polilla, al observar los daños de los tubérculos en su almacén que él esperaba iban a

disminuir, automáticamente dejaría de utilizar el Baculovirus por considerarlo ineficaz y su preferencia se inclinaría a los productos que normalmente acostumbraba a utilizar; esto afectaría negativamente la sostenibilidad del bioinsecticida (Blajos *et al.*, 1997 a).

Cuadro 9. Tabla de conocimiento y forma de aprender el uso del bioinsecticida Baculovirus. Mizque, 1996.

Nombre	Comunidad	Tipo de agricultor	Ciclo de vida	Toxicidad	Como aprendió, consiguió
Filemon	Tacakaho Bajo		Parcial, piensa que larva baja del tallo	Papas no tóxicas si se lavan	Visita, venta después de cursillo
Jorge	Tacakaho Bajo	El más rico	s.d.	x	Cursillo, almacén demostrativo, compró una vez por cuenta propia
Maximo García	Tukma Bajo	CIAL	x	x	Cursillo, compra
Marcial Guerrero	Tukma Bajo	CIAL	x	x	Cursillo, compra
Teofilo Perez	Cazorla	Rico, colaboró en ensayos PROINPA	x	x	Venta en casa, tenía papa lista para aplicar BV
Lucio Lozal	Buena Vista		x	x	Participó en pruebas de PROINPA, compra por cuenta propia, sin folleto
Constantino	Buena Vista	Mediano	no	no	Escuchó de la radio, no usa, papa en almacén con 20% infestación
Elmer	Buena Vista	Encontrado en	s.d.	x	ASTEC le informó, compra, sin folleto, compró por cuenta propia

s.d. = sin datos

Fuente: Blajos *et al.*, 1997 a.

Cuadro 10. Tabla de adopción de componentes de MIP-Polilla. Mizque, 1996

Nombre	Aporque alto	Cosecha papas expuestas	Aplicación Inmediata	Muestreo	Fumigación y limpieza	Mezcla en bolsa	Dosis
Filemon	-	-	x	-	-	x	-
Jorge	-	-	x	-	x	x	x
Maximo García	x	-	x	-	x	x	x
Marcial Guerrero	x	-	x	x	x	x	x
Teofilo Perez	x	-	x (pero no hace)	-	x	x	x
Lucio Lozal	x	-	?	-	x (folíol)	espolvoreo	3 cuch.
Elmer	-	-	x	-	x (folíol)	x	3 cuch.

Fuente: Blajos *et al.*, 1997 a.

2.4.5. Evaluación de los beneficios económicos del MIPPA

La característica más apreciada por los agricultores desde el punto de vista agro-socio-económico al aplicar el MIP-Polilla fue la eficiencia del control de la polilla *P. operculella* (87%), aunque el precio era relativamente alto en relación de otros productos insecticidas (Figura 36). Esta característica, asociada a que garantiza el uso de toda de la semilla almacenada de buena calidad, promovió su adopción, aun cuando en almacenes con poblaciones altas de polilla, la desinfección del almacén, el componente más importante del MIP-Polilla, tiene un costo elevado (41 Bs) (Blanco, 1994).

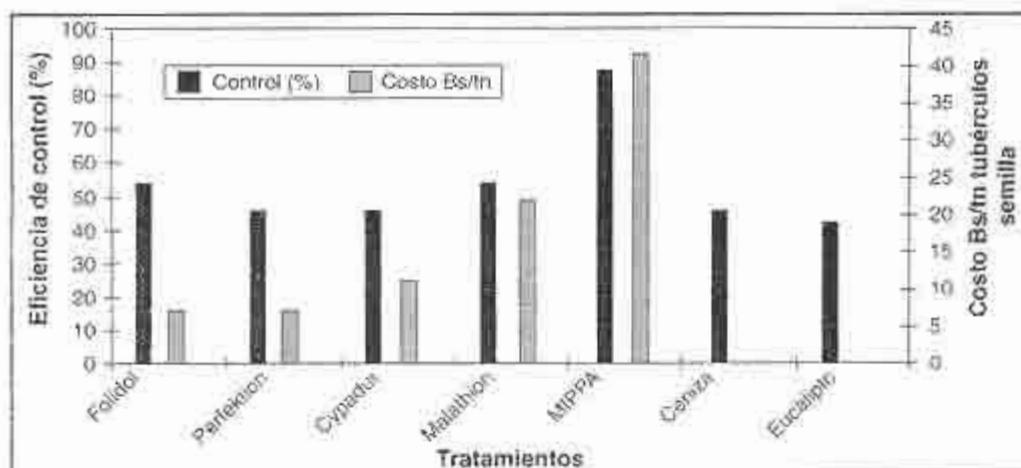


Figura 36. Eficiencia de control y costos de diferentes tratamientos en almacenes de agricultores. Mizqué, 1993-94.

Entre las otras medidas alternativas de control, que comprenden los insecticidas preventivos Folidol y Malathion que muestran un control del 54.5%, el Folidol tiene menor costo (7.2 Bs) que el Malathion (21 Bs). Los insecticidas Perfektion y Cypadur, utilizados generalmente en campo y a veces en almacén -por desconocimiento de prácticas alternativas en el control de esta plaga- tienen un costo mayor que los otros dos productos (cerca de 45 Bs). Sin embargo, se determinó que el tratamiento de los tubérculos con productos químicos sólo garantizó el uso de la semilla almacenada en un 70.8% en promedio.

La ceniza y el eucalipto, no tienen costo alguno y ejercen un control de 43%, sin embargo, no son muy usados por los agricultores por desconocimiento.

Los beneficios y costos generados por el empleo de la metodología MIP-Polilla se basaron en los costos de almacenamiento de una tonelada de semilla de papa en 1997 en Aiquile. Tales costos incluyeron: mano de obra (aplicación del insecticida K'otrine y bioinsecticida Baculovirus, limpieza almacén, traslado de las bolsas de papa), flete de transporte de la semilla al almacén, precio del Baculovirus (13 Bs:2.45 US\$/bolsa, 52 Bs/4 bolsas/t semilla) y precio del insecticida K'otrine (0.02 kg/t semilla). Se utilizó la metodología del CIMMYT (1988) para estimar los beneficios marginales y la Tasa de Retorno Marginal (TRM) del uso del Baculovirus. Los beneficios de utilizar el MIP-Polilla con el Baculovirus en el tratamiento de los tubérculos, contemplaron parámetros utilizados por PROINPA para evaluar diferentes grados de ataque por polilla y su equivalente en costo (Cuadros 11, 12 y 13 y 14).

Cuadro 11. Escala de ataque de la polilla en tubérculos usada por el Proyecto MIP-Plagas. Fundación PROINPA.

Grado infección	Síntomas y utilidad del tubérculo
0	Tubérculo sano, sin ataque. El tubérculo puede ser utilizado como semilla.
1	Tubérculo con ataque de 1 a 25% de su volumen. El tubérculo puede ser utilizado como semilla.
2	Tubérculo afectado entre 26 a 50% de su volumen. Existe una probabilidad de 50% de ser utilizado como semilla. Es utilizado generalmente como alimento de cerdos.
3	Entre el 51 a 75% del volumen del tubérculo se encuentra dañado. El tubérculo no sirve como semilla. En cocción puede ser usado como alimento de cerdos.
4	Entre el 76 y 100% del volumen del tubérculo se encuentra afectado. No sirve como semilla ni como alimento de cerdos.

Fuente: Blanco, 1994.

Cuadro 12. Beneficio bruto por el almacenamiento de una tonelada de semilla de papa.

Grado de daño	Con Baculovirus			Sin tratamiento		
	Tonelada	Precio Bs/tn	Valor en Bs.	Tonelada	Precio Bs/tn	Valor en Bs.
Sin daño	0.88	1610	1420	0.33	1610	530
Daño grado 1-2	0.12	1610	190	0.48	1610	770
Daño grado 3-4	0.0	0	0	0.19	0	0
Total Bs.			1610			1300

Fuente: Blanco, 1994.

En el Cuadro 13 se detallan los costos entre las diferentes opciones de almacenamiento de semilla.

Cuadro 13. Costos variables (Bs/tn semilla almacenada)

Concepto	Costo con Baculovirus (Bs)	Costo sin tratamiento
Baculovirus	52	0
Mano de obra para aplicación	50	0
K'otrine	18	0
Mano de obra (aplicación K'otrine)	5	0
Total costos variables (Bs)	125	0

Fuente: Blajos et al., 1997 b.

De la información proporcionada en los dos cuadros anteriores, se ha elaborado un presupuesto parcial y se ha calculado el beneficio neto (Cuadro 14).

Cuadro 14. Presupuesto parcial de almacenamiento de semilla de papa.

	Con Baculovirus	Sin tratamiento
Beneficios brutos (Bs)	1610	1300
Total costos variables (Bs/tn)	125	0
Beneficios netos (Bs/tn)	1485	1300

Fuente: Blajos et al., 1997 b.

Posteriormente, se observó que la Tasa de Retorno Marginal (TRM) al usar Baculovirus en lugar de Folidol es 148%. El beneficio neto adicional por tonelada de semilla tratada con Baculovirus es de 185 bs. Estos valores satisfactorios, indicaron las ventajas de usar el MIP-Polilla y las posibilidades de su adopción. Además de los beneficios económicos, es importante recalcar que el MIP-Polilla tiene ventajas porque el Baculovirus no es tóxico y se puede usar para proteger la papa consumo. Sin embargo, estos aspectos que fueron valorados por los mismos agricultores no fueron cuantificados para el cálculo de la TRM (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis marginal del uso del bioinsecticida Baculovirus en el tratamiento de tubérculos semilla.

	Costos variables (Bs/t)	Costos marginales (Bs/t)	Beneficios netos	Beneficios netos marginales (Bs/tn semilla)	Tasa de retorno marginal (TRM)
Sin tratamiento	0		1300		
		125		185	148%
Con Baculovirus	125		1485		

Fuente: Blajos et al., 1997 b.

En los cálculos (1997) se consideró un incremento en el precio del Baculovirus a 18 Bs/kg y se observó que la TRM llegó a 113% y el Beneficio Neto adicional a 165 Bs por tonelada de semilla tratada. En esa oportunidad, se consideró que las ventajas del MIP-Polilla eran consistentes (Cuadro 16) (Blajos et al., 1997 b).

Cuadro 16. Análisis marginal con un precio del bioinsecticida Baculovirus de 18 Bs/kg.

	Costos que varían (Bs/tn)	Costos marginales (Bs/tn)	Beneficios netos (Bs/tn)	Beneficios netos marginal (Bs/tn)	Tasa de retorno marginal (TRM)
Sin tratamiento	0		1300		
		145		165	113%
Baculovirus	145		1465		

Fuente: Blajos et al., 1997 b.

2.4.6. Evaluación del impacto económico de la investigación y transferencia del MIPPA

La evaluación del retorno económico de la investigación y transferencia del MIP-Polilla ha sido estimada comparando los beneficios generados con los costos de investigación y transferencia entre 1989-2012 (Cuadro 17).

La estimación de los beneficios se realizó con una curva de adopción del MIPPA calculada sobre las proyecciones de demanda del Baculovirus. De acuerdo a un análisis preliminar de mercado, la demanda potencial estimada para las zonas de Mizque y Valles Mesotérmicos de Santa Cruz llegó a 20 t/año (Calderón, 1997), sin embargo, para fines de cálculo sólo se consideró la mitad (10 tn), proyectada hasta el año 2005.

Cuadro 17. Costos estimados y proyectados sobre el retorno económico de la investigación y transferencia del MIP-Polilla.

Año	Costos de investigación y de transferencia	Beneficios del MIP	Beneficios netos	Beneficios del MIP	
				Producción BV (kg)	Beneficio (\$US)
1989	11000	0	-11000		
1990	13200	0	-13200		
1991	16500	0	-16500		
1992	16500	0	-16500		
1993	16500	2426	-14074	278	2426
1994	27544	7164	-20380	821	7164
1995	24451	16493	-7958	1890	16493
1996	15675	15376	-299	1762	15376
1997	11000	21816	10816	2500	21816
1998	11000	26179	15179	3000	26179
1999	11000	30542	19542	3500	30542
2000	11000	39269	28269	4500	39269
2001	11000	47995	36995	5500	47995
2002	11000	56722	45722	6500	56722
2003	11000	69811	58811	8000	69811
2004	11000	78538	67538	9000	78538

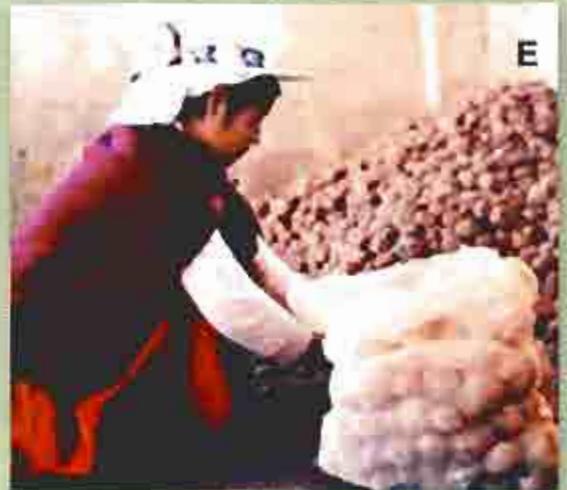
Año	Costos de investigación y de transferencia	Beneficios del MIP	Beneficios netos	Beneficios del MIP	
				Producción BV (kg)	Beneficio (\$US)
2005	11000	87264	76264	10000	87264
2006	11000	87264	76264	10000	87264
2007	11000	87264	76264	10000	87264
2008	11000	87264	76264	10000	87264
2009	11000	87264	76264	10000	87264
2010	11000	87264	76264	10000	87264
2011	11000	87264	76264	10000	87264
2012	11000	87264	76264	10000	87264

Suponiendo que el uso de Baculovirus en una tonelada de papa genera un beneficio neto de Bs. 185 se ha obtenido la proyección de los BN desde 1993 (cuando se empezó a comercializar el Baculovirus) hasta el año 2012. A partir de 1996 los costos corresponden en mayor proporción a las actividades de difusión y se consigna una pequeña proporción para actividades de investigación.

Con estos datos proyectados de BN y costos de la generación y transferencia, se hallaron los siguientes valores positivos para los indicadores de rentabilidad (Blajos *et al.*, 1997 b).

TIR (Tasa de Retorno de Interés)	18%
VAN (Valor Actual Neto; al 12%)	58 450 \$US
B/C (Relación Beneficio/Costo)	1.51

Cómo combatir a las polillas de la papa



- A) Aporques altos
- B) Recoyo de tubérculos superficiales
- C) Desinfección del almacén
- D) Limpieza del almacén
- E) Selección de tubérculos sanos

- F) Tratamiento con MATAPOL PLUS
- G) Trampa de feromona
- H) MATAPOL PLUS
- I) Tubérculos tratados con MATAPOL PLUS

CAPÍTULO III

PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS

Técnicos de PROINPA que participaron con los resultados de sus trabajos de Investigación en este capítulo:

Rayne Calderón
Luis Crespo
René Andrew

PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS

3.1. INTRODUCCIÓN

La planta piloto de producción del bioinsecticida Baculovirus en el Centro de Servicios y Producción Toralapa, fue construida en 1994 con una capacidad de producción de aproximadamente 5t/año y con financiamiento a fondo perdido del FIS-BALPAG (Carvajal, 1998). Sin embargo, la producción artesanal (pequeña escala) del bioinsecticida ya se había iniciado en la campaña 1993-94 en el laboratorio de Entomología.

La producción del bioinsecticida para el control de la polilla *P. operculella* dentro el concepto del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Almacén (MIPPA) desarrollado por PROINPA, constituye una actividad apoyada por un sistema de asistencia técnica para maximizar su eficiencia y reducir el uso de pesticidas químicos, disminuyendo simultáneamente los riesgos de la contaminación por los insecticidas químicos por parte del agricultor, su familia, el ecosistema y el consumidor final.

3.2. PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS

La tecnología de producción del bioinsecticida contempló dos procesos sincronizados. El primer proceso fue la producción masal de *P. operculella* y el segundo, la producción propiamente dicha del Baculovirus como producto comercial; de modo que las larvas infectadas producidas en el primer proceso fueran utilizadas en la elaboración del producto.

3.2.1. Producción masal de *P. operculella* para la multiplicación del virus *Baculovirus phthorimaea* y de otros biocontroladores

Una de las principales actividades de la planta instalada en el laboratorio de Entomología del Centro de Servicios y Producción Toralapa fue mantener el pie de cría de la polilla y producir la cantidad de huevos necesarios para obtener larvas infectadas con el virus granulosis (VG), de acuerdo al plan de producción del bioinsecticida. Por otro lado, producir los huevos necesarios para multiplicar el parasitoide *Copidosoma* sp.

En el proceso de producción del pie de cría de *P. operculella*, se observó que la polilla se desarrolla fácilmente en cautiverio, si las condiciones de humedad, temperatura y alimentación son adecuadas. Esta plaga posee varios controladores biológicos como *Copidosoma* sp., *B. phthorimaea* y *Trichogramma pretiosum*. Los tres se multiplicaron en el Centro de Servicios y Producción Toralapa para probar su eficiencia e incorporarlos al Manejo Integrado de la Polilla en campo y almacén, una vez que se determinaron aspectos que involucraban su biología y comportamiento.

Se inició luego la cría masiva de *Copidosoma* sp. y se observó que los estadios de desarrollo de este parasitoide presentaban diferentes promedios de duración. Posteriormente se determinó que entre los ciclos de vida de la plaga y *Copidosoma* sp. existía sincronización, lo cual a nivel de laboratorio se reflejó en una producción eficiente del parasitoide. De esta forma se obtuvo un incremento paulatino en el porcentaje de parasitismo de las larvas de la polilla, que en el primer ciclo fue de 22%, en el segundo 33% y en el último de 49% (Andrew et al., 1991 c). En un último intento se obtuvo un 79% de eficiencia en el parasitismo de las larvas de la polilla por *Copidosoma* con un promedio mensual de 2600 a 3000 larvas parasitadas a partir de diciembre de 1991. Estos aspectos se tomaron en cuenta para la liberación del parasitoide en almacén y/o campo (Calderón y Andrew, 1992 b; Calderón y Perez, 1993 a).

En los estudios preliminares sobre la cría de la polilla en laboratorio se observó que la temperatura y la alimentación de las polillas adultas influyen en la oviposición de las hembras. Las hembras ovipositaron entre 100 a 130 huevecillos durante su ciclo de vida (23 a 26 días) y los huevecillos tenían una viabilidad de 75 a 83%. La humedad relativa fue el factor limitante más importante para la eclosión (Calderón y Perez, 1993 a).

En 1993-94 la producción de larvas sanas de *P. operculella* llegó a 65000 que constituyeron la cría madre. Se obtuvo aproximadamente 40000 larvas infectadas por *B. phthorimaea* destinadas a la producción del bioinsecticida Baculovirus; y 20000 larvas parasitadas por *Copidosoma* sp. para ser liberadas en campo en trabajos de control biológico de la polilla en el Valle de Mizque (Figura 37) (Calderón y Perez, 1994).

La producción acumulada (pie de cría) de *P. operculella* durante la gestión 94-95 alcanzó un leve incremento de 68000 especímenes en relación a la gestión 93-94 por lo tanto se continuó abasteciendo la producción de larvas infectadas y parasitadas con *B. phthorimaea* y *Copidosoma* sp., respectivamente; las larvas parasitadas por *Copidosoma* sp. llegaron a 25000 y las larvas infectadas con *B. phthorimaea* a 42000 (Figura 37) (Calderón et al., 1995).

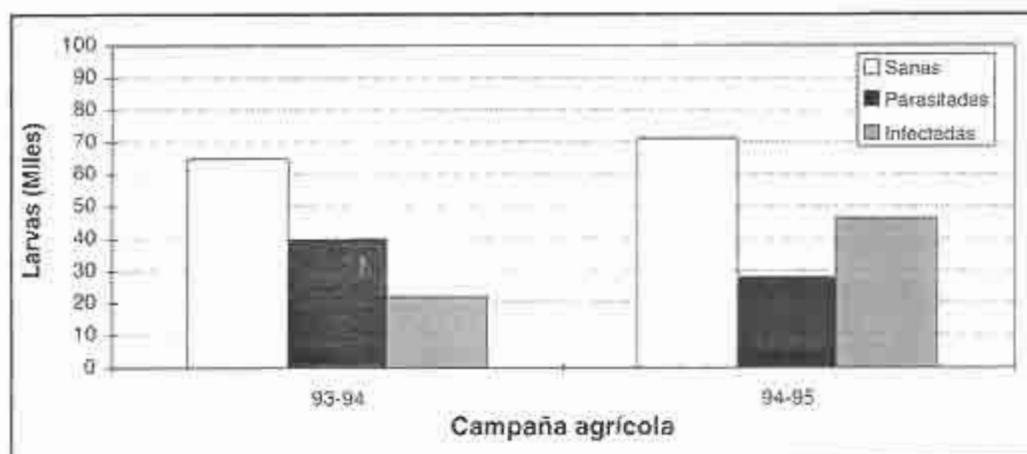


Figura 37. Producción de larvas sanas, larvas parasitadas por *Copidosoma* sp. y larvas infectadas con *B. phthorimaea* en dos años. Toralapa, 1993-94 y 1994-95.

La cría de la polilla hasta ese periodo fue relativamente fácil y rutinaria, con pequeños altibajos ocasionales en la producción por cambios en la temperatura, humedad y agotamiento del pie de cría.

En 1997 las condiciones de humedad (60%) y temperatura 24 °C para la cría de la polilla y del entomopatógeno *Baculovirus phthorimaea* eran apropiadas, y la producción acumulada del pie de cría de la polilla a partir de 1993 alcanzó a 275000 individuos, en tanto que la del parasitoide *Copidosoma* sp. a 84000 y la de las larvas infectadas con *B. phthorimaea* a 143500.

La producción fluctuaba de acuerdo a las necesidades de comercialización e investigación (transferencia y difusión); en términos generales el 45% de la cría masal era destinada para la multiplicación de controladores biológicos y el 55% restante se mantenía para continuar la cría masal (Figura 38) (Calderón et al., 1997 d).

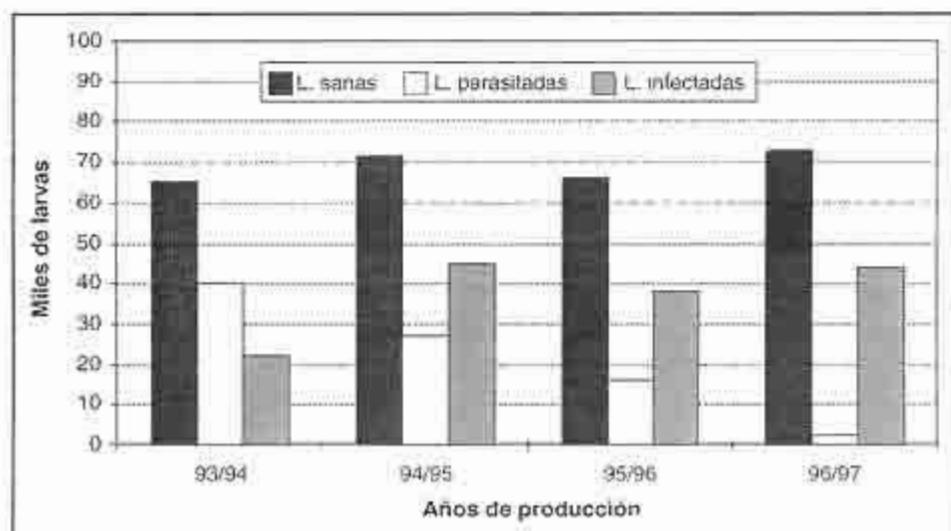


Figura 38. Producción de larvas sanas, parasitadas e infectadas de *P. operculella*. Toralapa 1993-97.

La producción acumulada (pie de cría) de *P. operculella* durante la gestión 94-95 alcanzó un leve incremento de 68000 especímenes en relación a la gestión 93-94 por lo tanto se continuó abasteciendo la producción de larvas infectadas y parasitadas con *B. phthorimaea* y *Copidosoma* sp., respectivamente; las larvas parasitadas por *Copidosoma* sp. llegaron a 25000 y las larvas infectadas con *B. phthorimaea* a 42000 (Figura 37) (Calderón et al., 1995).

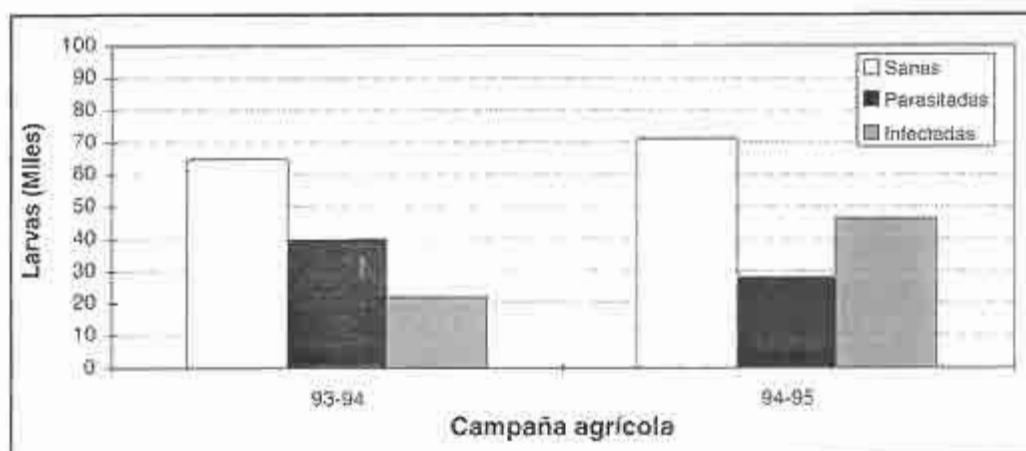


Figura 37. Producción de larvas sanas, larvas parasitadas por *Copidosoma* sp. y larvas infectadas con *B. phthorimaea* en dos años. Toralapa, 1993-94 y 1994-95.

La cría de la polilla hasta ese periodo fue relativamente fácil y rutinaria, con pequeños altibajos ocasionales en la producción por cambios en la temperatura, humedad y agotamiento del pie de cría.

En 1997 las condiciones de humedad (60%) y temperatura 24 °C para la cría de la polilla y del entomopatógeno *Baculovirus phthorimaea* eran apropiadas, y la producción acumulada del pie de cría de la polilla a partir de 1993 alcanzó a 275000 individuos, en tanto que la del parasitoide *Copidosoma* sp. a 84000 y la de las larvas infectadas con *B. phthorimaea* a 143500.

La producción fluctuaba de acuerdo a las necesidades de comercialización e investigación (transferencia y difusión); en términos generales el 45% de la cría masal era destinada para la multiplicación de controladores biológicos y el 55% restante se mantenía para continuar la cría masal (Figura 38) (Calderón et al., 1997 d).

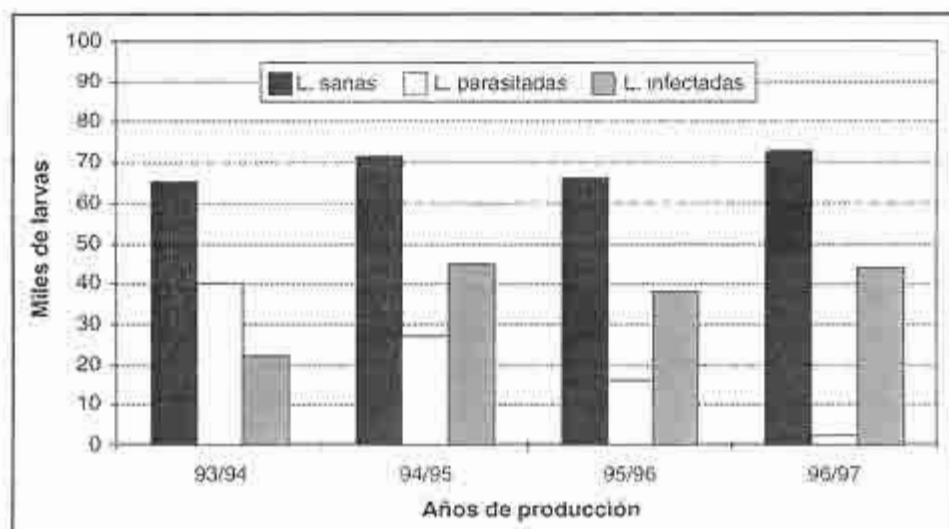


Figura 38. Producción de larvas sanas, parasitadas e infectadas de *P. operculella* Toralapa 1993-97.

Posteriormente, a fin de reducir costos, se continuó optimizando la cría masal introduciendo algunas variantes a la metodología convencional. Aunque en pequeña escala, se optimizó la mano de obra en el proceso de producción de la cría de la polilla. Las variantes en la crianza de la polilla se iniciaron con la recolección de pupas de polilla de tubérculos infestados procedentes de campo o almacén, de las cuales 50 pupas se colectan en envases de plástico, cubiertos con una malla de tul sujeta por una banda elástica. Sobre la malla se coloca un disco de papel filtro para la oviposición. Los adultos se alimentan de una solución de agua con miel al 5%. Una vez recuperados los huevecillos, éstos son colocados junto con los tubérculos en bolsas de papel madera para facilitar su infestación. Después de 7 días los tubérculos infestados son transferidos a envases con arena, de donde se recuperan las pupas para continuar con el ciclo.

Luego en la cría de la polilla, se introdujo el uso de medias de nylon como soporte de la oviposición en reemplazo del papel filtro y se cambiaron las formas de exposición del alimento (tubérculos cortados por la mitad, tubérculos agujereados en tabla de clavos y tubérculos en rodajas). También se introdujo el uso de micro jaulas reemplazando a las bolsas de papel madera, obviando de esta manera el traslado de los tubérculos a recipientes de arena para la transformación a pupas. Con estos cambios se logró aumentar la producción de pupas en un 49%, a partir de 100 adultos se obtuvieron 1345 pupas en comparación con 900 del método anterior (Andrew *et al.*, 1998).

3.2.1.1. Prueba de dietas artificiales para elevar la producción de larvas de la polilla *P. operculella*

Para asegurar una elevada producción de larvas de polilla y la propagación de sus enemigos naturales, el parasitoide *Copidosoma sp.* y el virus granulosis, se buscaron otras posibilidades de uso de dietas artificiales adecuadas. La dieta o dietas elegidas deberían además ser económicas y reunir un mínimo de horas/hombre y espacio.

Las dietas artificiales y semiaartificiales llegaron a 36 y contenían azúcares, vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos esenciales, carbohidratos, ácidos grasos y agua; también se emplearon antibióticos para evitar la contaminación por bacterias (MIHM, 1984). Sin embargo, los resultados no fueron alentadores, pues en la mayoría de los casos, sólo se obtuvo una supervivencia máxima de un 10% hasta el estado adulto de la polilla. Entre los resultados negativos, se tuvo una alta contaminación (hasta el 100%), exceso de humedad (las larvas aparentemente se asfixiaban), falta de humedad, carencia o exceso de algún ingrediente (supuestamente provocaba la mortandad hasta el 100% en un día), etc. (Aparicio & Calderón, 1997).

Estos resultados dieron la pauta para no continuar los estudios con otras dietas artificiales para optimizar la producción de larvas de polilla.

3.2.1.2. Optimización de la multiplicación del virus *B. phthorimaea* en su hospedero *P. operculella*

Con el fin de optimizar la multiplicación del virus granulosis *B. phthorimaea* en larvas de *P. operculella*, se estudiaron dos factores, la presentación del alimento y la forma de recuperación de las larvas infectadas; esto último por la dificultad en la recolección de larvas.

Para la presentación del alimento a la plaga se consideraron cuatro formas de exposición del alimento: tubérculos de papa enteros, tubérculos cortados por la mitad, tubérculos agujereados y tubérculos en rodajas. Para superar las dificultades de recuperación de larvas infectadas se consideró un testigo (donde la recuperación de las larvas se hizo mediante el corte mecánico de los tubérculos y el uso de una pinza entomológica); otro tratamiento fue la recuperación de larvas por la aplicación de calor a través de luz artificial a los tubérculos y finalmente uno que empleaba bandejas superpuestas, donde la bandeja superior contenía una perforación de 18 cm de diámetro en el fondo y la bandeja inferior agua para que las larvas enfermas no pudieran retornar.

Entre las cuatro formas de presentación del alimento, el uso de los tubérculos en rodajas y los tubérculos agujereados mostraron los mayores porcentajes de larvas infectadas. Se observó que en ambos casos es importante que los huevos de *P. operculella* estén muy próximos a eclosionar para elevar el porcentaje de infestación de las larvas por el Baculovirus (Figura 39).

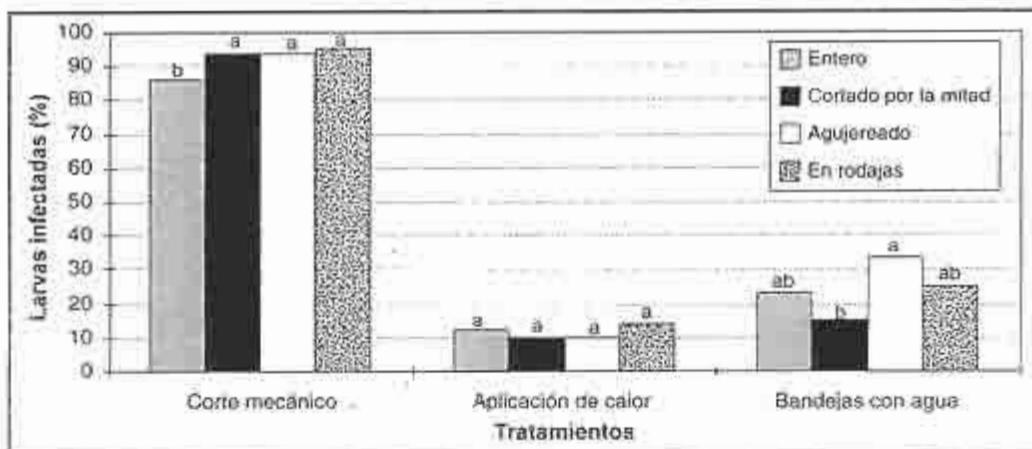


Figura 39. Porcentaje promedio de larvas infectadas bajo diferentes formas de alimento y recuperación (Aparicio, 1999)

Por otro lado, el corte mecánico de los tubérculos permitió una extracción total de las larvas contenidas en el interior, en comparación con la aplicación de calor a través de las lámparas de luz que no representó un estímulo para que las larvas salieran del interior de los tubérculos. El método de las bandejas sobrepuestas facilitó la recuperación de las larvas; sin embargo, con el corte mecánico se han obtenido los tiempos de recuperación más altos. (Figura 40) (Aparicio, 1999).

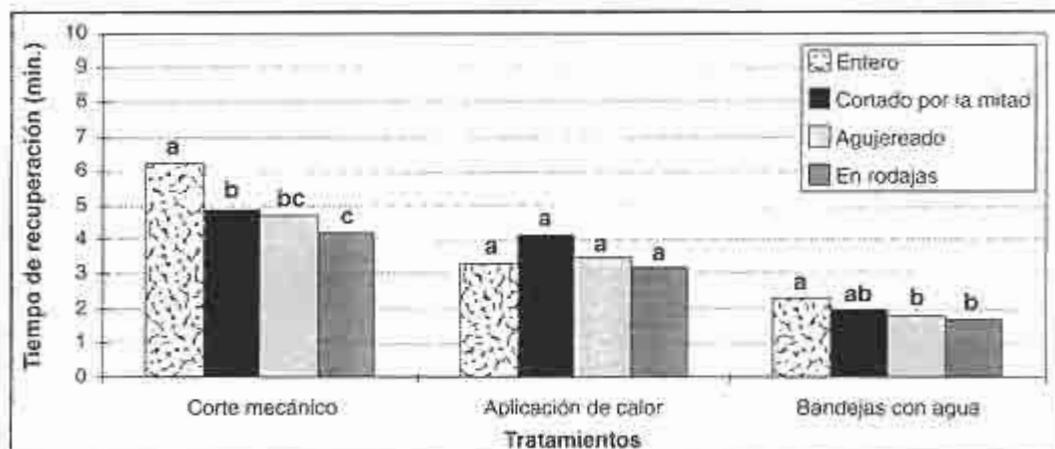


Figura 40. Tiempo promedio de recuperación de larvas infectadas con diferentes formas de alimento y de recuperación (Aparicio, 1999).

Asimismo, el uso de bandejas con agua favoreció una correlación positiva significativa entre el porcentaje de larvas infectadas y el tiempo de recuperación de las mismas. Por otro lado, el corte mecánico del tubérculo disminuyó en forma evidente el costo de operación por unidad de larva infectada con relación a las otras formas de recuperación. El uso de tubérculos cortados por la mitad, combinado con tubérculos en rodajas cortados mecánicamente para la infestación y recuperación de las larvas son recomendables para el proceso de multiplicación del entomopatógeno a través de la ingestión del Baculovirus por las larvas de polilla. Ambas combinaciones registraron mayor porcentaje de larvas infectadas (97 y 96%) y costos de producción más bajos, aunque el tiempo de recuperación fue mayor en relación con las otras combinaciones (Aparicio, 1999).

3.2.2. Producción comercial del bioinsecticida Baculovirus

Este proceso de producción del producto comercial Baculovirus fue sincronizado con la fase de producción del pie de cría de *P. operculella*, de modo que las larvas infectadas producidas en la primera fase fueran usadas en la producción del bioinsecticida.

Dependiendo del volumen de producción del bioinsecticida, las larvas infectadas con el virus granulosis y conservadas en refrigeración, son trituradas con un mortero para la preparación de la mezcla. La mezcla se prepara con las siguientes proporciones: triturado equivalente a 20 larvas infectadas, un litro de agua, 2cc. de tritón (dispersante) y 1 kg de caolín, como material inerte. Estos insumos son mezclados vigorosamente hasta formar una pasta totalmente uniforme que se traspasa a bandejas, se dejan secar a la sombra y se muelen hasta conseguir un polvo fino humectable. El producto final luego es embolsado en envases de plástico de 1 kg.

3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DEL BIOINSECTICIDA BACULOVIRUS

3.3.1. Volúmenes y flujos de producción del bioinsecticida Baculovirus

La producción del bioinsecticida Baculovirus se inició en 1993 en el Centro de Servicios y Producción Toralapa para responder a la demanda de los agricultores con problemas de la polilla de la papa *P. operculella* durante el almacenamiento.

La producción más alta obtenida en 1993 fue de 580 larvas enfermas por generación y con esta cantidad se producía aproximadamente 50 kg del bioinsecticida. Esta producción en principio se destinó totalmente a demostraciones en almacenes de agricultores de la zona de Mizque en Cochabamba, en coordinación con otras instituciones. Posteriormente, en vista del interés de los agricultores, se inició la venta del Baculovirus en pequeña escala.

La tecnología de Manejo Integrado de la Polilla de la Papa con el uso del Baculovirus como componente biológico, posteriormente se difundió poco a poco hasta zonas como Aiquile y Valles Mesotermicos de Santa Cruz. La cantidad de Baculovirus producida y utilizada entre 1993 y 1997 llegó a 5107 kg, de los cuales 356 kg fueron empleados en la transferencia y difusión, y el resto se destinó a la venta. En las campañas 1995-96 y 1996-97, la producción llegó a 2 t/año aproximadamente, sin embargo, la demanda del producto hasta ese entonces sobrepasaba esa producción.

En la campaña agrícola 1997-98 sólo se destinaron 20 kg para la transferencia y difusión del Baculovirus y la producción entre 1993-94 a 1997-98 sumó 7026 kg (Cuadro 18) (Calderón et al., 1998).

Cuadro 18. Producción del Baculovirus destinada a la venta y transferencia entre julio de 1993 y junio de 1998.

Destinatario	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	Total
Transferencia	255	35	20	46	20	376
Mizque	35	92	138.5	221	200	686.5
Capinota	-	-	-	21	-	21
Aiquile	-	-	-	40	20	60
PROSEMPA	-	234	-	8	136	378
ASTEC	57	-	-	-	-	57
FEDECOAC	-	-	140	-	-	140
CENDA	-	-	100	-	-	100
UPS-SEPA	100	244	550	717	1000	2611
PROBIOMA	5	-	17.5	424	44	490.5
CEDEAGRO	-	-	129	29	-	158
ARADO	-	-	-	4	10	14
CORACA	-	-	-	20	-	20
PROSUKO	-	-	-	25	-	25
Santa Cruz	-	-	480	177	264	921
Chuquisaca	-	100	330	-	-	430
Otras ONG's	81	151	5	76	66	379
Particulares	-	-	-	-	159	159
TOTAL (KG)	533	856	1910	1808	1919	7026

Fuente: Calderón et al., 1998

Hasta Julio de 1998 gran parte del bioinsecticida fue adquirido por UPS- SEPA, PROBIOMA y agricultores de Mizque y Santa Cruz. La semilla vendida por UPS SEPA con destino a los valles mesotérmicos era tratada con el bioinsecticida Baculovirus, y a través de PROBIOMA (asentado en Mairana, Santa Cruz) el Baculovirus llegaba a los agricultores como destinatario final.

Asimismo, en 1997 cuando se obtuvo el Registro Sanitario del bioinsecticida con el nombre de BACULOVIRUS, se ampliaron las expectativas de expansión del producto a nivel nacional. Por otro lado, en cuanto a aspectos de comercialización, es importante mencionar que aunque desde 1996 hasta mediados de 1998 se asignó una persona para distribuir el producto en los Valles de Mizque, Aiquile y Santa Cruz, durante este período, los volúmenes de producción de la planta no fueron suficientes porque siempre hubo una demanda insatisfecha del producto, particularmente en los Valles Mesotérmicos de Santa Cruz.

3.3.2. Costos de producción del bioinsecticida Baculovirus

La producción del bioinsecticida Baculovirus no fue acompañada desde su inicio por un análisis de costos que permitiera percibir ganancias a través de la venta. Las condiciones del financiamiento a fondo perdido por el FIS-BALPAG determinó que la producción del Baculovirus tuviera una finalidad netamente social, es decir, para beneficiar sólo al agricultor.

Posteriormente, en vista del interés entre los agricultores de comprar el Baculovirus, se inició la venta de este producto en pequeña escala. Los cálculos iniciales para determinar el costo mínimo de un kilogramo de Baculovirus, ya que la planta se había creado sin fines de lucro, se basaron en una metodología con un precio resultante de 6.02 Bs (1.5 US\$) y un volumen de producción de 250 kg/mes (Calderón y Perez, 1993c). Posteriormente, en 1997 el precio del producto llegó a 13 Bs (2.45 \$US) (Calderón *et al.*, 1997e) y un año más tarde, el precio subió a 15 Bs (2.75 \$US) (Calderón *et al.*, 1998d) el cual aún resultaba accesible a los agricultores, principalmente en los valles mesotérmicos de Cochabamba y Santa Cruz.

Sin embargo, a partir de julio de 1998, el precio al consumidor de 15 Bs por kilogramo del bioinsecticida se elevó a un precio más apropiado para las circunstancias reales de producción e inversión en la planta de Baculovirus del Centro de Servicios y Producción Toralapa. Este precio unitario del bioinsecticida al consumidor llegó a 4,11 \$US, que incluía un margen de ganancia del 20% en base al costo de producción unitario de 3.43 \$US, si la cantidad producida del bioinsecticida llegara a 10 t/año. Si la cantidad producida del bioinsecticida fuera menor de 10 t/año, el precio unitario del producto no sería competitivo con otros sustitutos (insecticidas químicos, etc.), cuyo precio de venta al consumidor es menor (Carvajal, 1998).

3.3.3. Mercado o demanda potencial y real del bioinsecticida Baculovirus

Hasta la campaña agrícola 1996-97, la producción del Baculovirus alcanzaba casi a 2 toneladas/año y con esta cantidad aún no se llegaba a satisfacer la demanda (Santa Cruz), llegándose casi siempre a superar las previsiones de producción del bioinsecticida como efecto de la variabilidad mostrada en los volúmenes de producción de la planta.

Por la dificultad de carecer una noción de la demanda en términos cuantitativos para tomar decisiones sobre la producción del bioinsecticida (oferta), se estimó la demanda potencial y demanda real del bioinsecticida. Ambos parámetros fueron estimados a partir de la información y datos estadísticos oficiales sobre promedio de superficies cultivadas con papa en ocho años (1987-88 a 1994-95) en los departamentos con presencia de *P. operculella* como Cochabamba, Potosí, Chuquisaca y Santa Cruz (INTERCONSULT, 1997).

De la superficie total cultivada en cada uno de los cuatro departamentos se estimó sólo aquella superficie de las zonas de Valle obtenida de la distribución espacial porcentual de tierras realizadas por Ismael Montes de Oca (1996). A estos datos se aplicaron porcentajes de superficie cultivada con papa en las provincias con mayor incidencia de daños por la polilla, Zudañez, Tomina y Yamparaez en Chuquisaca; Campero, Mizque, Capinota y Carrasco en Cochabamba; Saavedra y Linares en Potosí y finalmente Florida y Caballero en Santa Cruz.

Luego se estimaron las superficies cultivadas con papa en las zonas de valle de las provincias más afectadas por la polilla, con un total de 16.481 ha. Se tomó en cuenta esta superficie total (16.481 ha), la cantidad de semilla de papa que debía tratarse para esta superficie (20.000 tn) y la dosis de Baculovirus recomendada (4 kg/tn semilla), para obtener una demanda potencial en las zonas con mayor incidencia de la polilla de 80 tn/año,

suponiendo que toda esta cantidad de semilla de papa sería tratada con el Baculovirus para controlar a *P. operculella*. La demanda potencial anual del bioinsecticida se estimó en 75 t, considerando que la producción del bioinsecticida con la capacidad instalada en la planta llega a 5 t/año.

La demanda potencial estimada del Bioinsecticida de 75 t/año correspondería al conjunto de agricultores que cultivan papa en zonas de valle y que supuestamente utilizan semilla almacenada y tratada para evitar el ataque de *P. operculella*. La demanda real fue calculada en base a la información sobre la demanda potencial y las encuestas que reflejarían a los consumidores reales que demandan productos para el control de *P. operculella*. En ese entonces no usaban el bioinsecticida Baculovirus por la limitada oferta, resultado de los bajos volúmenes de producción de la planta.

Las encuestas abarcaron un total de 106 comunidades de las provincias Tomina y Yamparaez de Chuquisaca; Campero, Mizque, Capinota y Carrasco de Cochabamba; Saavedra y Linares de Potosí y Florida, Vallegrande y Caballero de Santa Cruz; y se determinó que el 49.6% de los agricultores tratan la semilla que almacenan y el 50.4% no lo hace. Por lo que se estimó que la demanda real sería el 49.6% de la demanda potencial de 75 tn es decir 37 tn. La demanda potencial y real estimadas para cada una de las provincias de los cuatro departamentos involucrados, se muestra en el Cuadro 19 (INTERCONSULT, 1997).

Cuadro 19. Demanda potencial del bioinsecticida Baculovirus por departamento y provincias (INTERCONSULT S. R. L., 1997).

Departamento	Provincia	Demanda potencial (toneladas/año)	Demanda real (toneladas/año)
Cochabamba	Total	30.0	15.0
	Mizque	11.4	5.7
	Carrasco	10.1	5.1
	Capinota	4.3	2.1
	Campero	4.2	2.1
Chuquisaca	Total	20.0	10.0
	Yamparaez	8.4	4.2
	Tomina	6.6	3.3
	Zudañez	5.0	2.5
Santa Cruz	Total	16.0	8.0
	Valle Grande	7.7	3.8
	Florida	4.4	2.2
	Caballero	3.9	2.0
Potosí	Total	9.0	4.0
	Saavedra	4.5	2.0
	Linares	2.9	1.3
	Bilbao	1.5	0.7

Fuente: Interconsult S. R. L. (1997).

Sin embargo, estimaciones posteriores de acuerdo al procedimiento, información y datos parciales de la misma consultoría (INTERCONSULT, 1997) y de acuerdo a la información proporcionada de trabajos de investigación recientes sobre la baja eficiencia del virus *B. pithorimaea* en el control de *S. tangolias*, se determinó que la demanda potencial del Baculovirus con una dosis de 2 kg de bioinsecticida/t semilla, llega solamente a 21.3 t/año. Esta cantidad podría ser solicitada en los departamentos de Cochabamba (Prov. Campero, Mizque y Capinota), Potosí (Prov. Saavedra) y Santa Cruz (Prov. Florida, Caballero y Vallegrande).

3.3.4. Estacionalidad de la demanda del bioinsecticida Baculovirus

La fluctuación en las ventas del Baculovirus hasta 1997 mostró una tendencia similar en cuatro años de registro mensual; a partir de noviembre el producto es adquirido y esta tendencia se mantiene hasta junio. Por otro lado, se observó que estas tendencias en la venta coinciden con los periodos de almacenamiento de la

semilla procedente de las cosechas de la siembra Temporal (Marzo-Abril) y Mishk'a (Diciembre-Enero) de los valles mesotérmicos (Figura 41)

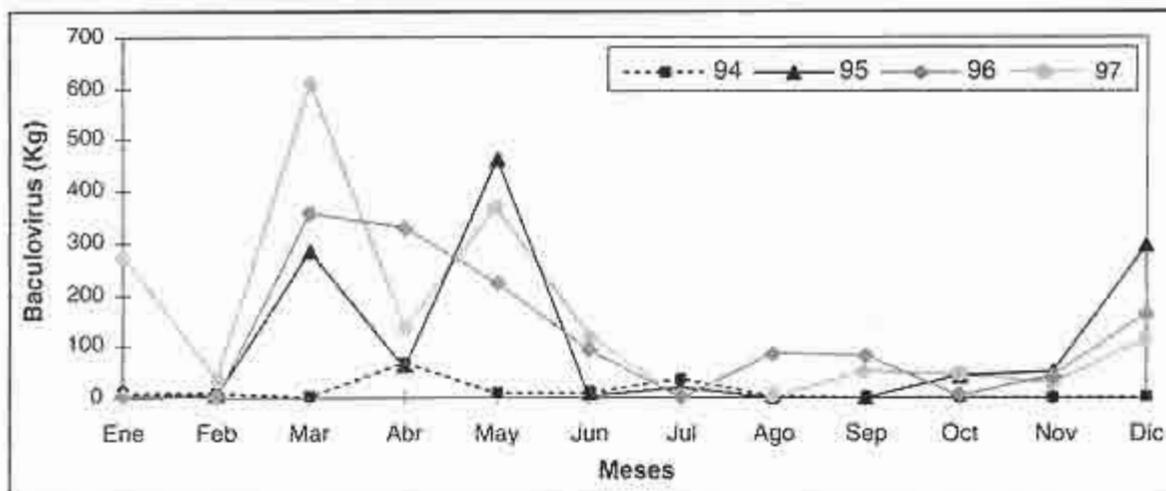


Figura 41. Fluctuación mensual de las ventas del bioinsecticida Baculovirus en el periodo de 1994 a 1997.

Por otra parte, se estimó la estacionalidad de la demanda del Baculovirus en base a ciertas consideraciones que surgieron de los resultados de encuestas realizadas por Interconsult S. R. L. (1997), respecto a los periodos que abarcan las épocas de cosecha de las siembras de Temporal (febrero-mayo), de Lojru (junio-septiembre) y de Mishk'a (octubre-enero). Estas encuestas también fueron útiles para conocer la estacionalidad y el porcentaje de papa cosechada destinada para semilla en cada una de las tres épocas de siembra (Figura 42), lo que permitió afirmar que la demanda del Baculovirus mostraba la misma estacionalidad que la semilla de papa a almacenar ya que *P. operculella* representa un peligro durante el periodo de almacenamiento.

Esta información fue consistente con los datos proporcionados por PROINPA en lo que se refiere a la distribución de ventas del Baculovirus hasta 1997 (Figura 41). En base a toda esta información se esperaba que el 76% de las ventas totales se produjeran en el periodo de febrero-mayo, un 8% en el periodo de junio-septiembre y un 16% entre octubre-enero (Figura 42).

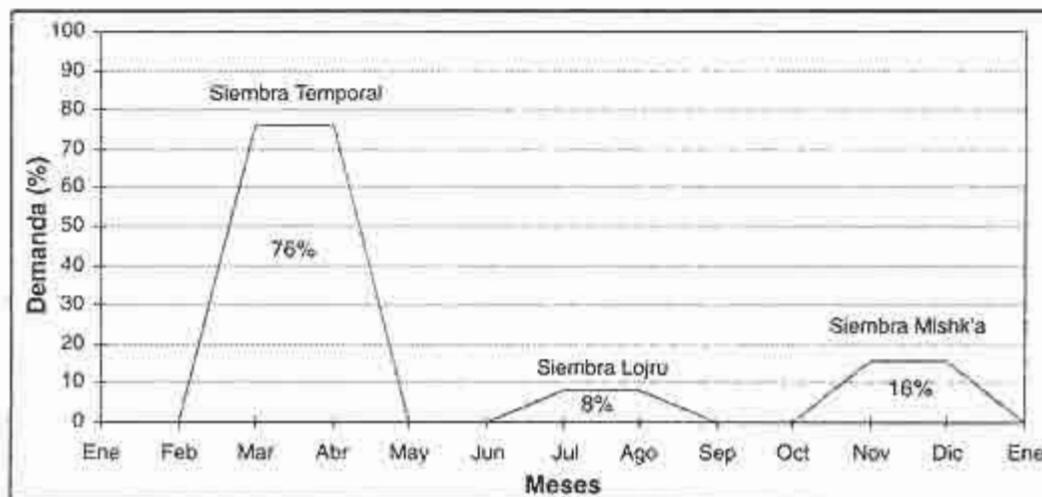


Figura 42. Distribución de las ventas del bioinsecticida Baculovirus en tres siembras de papa.

Sin embargo, después de una evaluación de los registros de ventas disponibles a esa fecha, se determinó que estos no eran suficientes para predecir la estacionalidad de la demanda del Baculovirus, para las circunstancias reales de la producción de la planta con un grado aceptable de confiabilidad, dado que al comparar las ventas anuales del producto, éstas no seguían la misma tendencia. Como alternativa se propuso efectuar un seguimiento más serio de las ventas a partir de esa fecha (agosto 1998) para determinar una demanda potencial más real del Baculovirus (Carvajal, 1998).

3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL BACULOVIRUS

La evaluación económica de la planta de producción del Baculovirus se realizó mediante indicadores como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN), este último a una tasa de 15% porque la inversión realizada en la planta debería proporcionar un porcentaje de utilidad mayor al bancario. Si la tasa es igual o menor al 15%, el costo de oportunidad de depositar el capital en una cuenta bancaria a plazo fijo sería más tentador que el uso del capital en la producción (Carvajal, 1998).

Fue necesario determinar la relación costo-volumen-utilidad (punto de equilibrio) para tomar decisiones administrativas que pudieran ser usadas en la planificación de las utilidades y en la medición de riesgo de la empresa. A través del cálculo, la cantidad de bioinsecticida que debía venderse para lograr el punto de equilibrio de la empresa (donde no se percibiera ganancias ni se perdiera) fue de 7'801,49 kg. Si la venta fuera menor de este volumen, la empresa contraería pérdidas como resultado de la producción del bioinsecticida (Carvajal, 1998).

CAPÍTULO IV

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL (BACULOVIRUS)

Técnicos de PROINPA que participaron con
los resultados de sus trabajos de investigación en este capítulo:

Rayne Calderón
Luis Crespo
Vladimir Lino
Carla Carvajal
Jaime Herbas

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL (BACULOVIRUS)

4.1. INTRODUCCIÓN

Por estrategia de comercialización se decidió cambiar el nombre y la presentación de la bolsa del bioinsecticida Baculovirus por MATAPOL, porque se encontraron inconvenientes en el nombre por ser técnico, largo y de difícil pronunciación. Esta decisión surgió como resultado de la consultoría que aplicó encuestas de opinión al personal de PROINPA, tiendas agropecuarias y vendedores minoristas (Carvajal, 1998).

La planta de producción del bioinsecticida MATAPOL inicia sus actividades en julio de 1998. Para entonces se consideraron algunos resultados y sugerencias de la última consultoría que estudió la factibilidad de convertir la planta de producción del bioinsecticida, instalada en el Centro de Servicios y Producción Toralapa, en una empresa rentable en el mediano plazo, basada en circunstancias reales de inversión y producción.

También se decidieron los canales de comercialización del producto MATAPOL. Para que este producto llegue al mercado, salvando las brechas de tiempo, experiencia, espacio, gastos de salario, etc. se decidió utilizar como intermediarios a tiendas o agencias de productos agroquímicos que utilizan un tipo de distribución abierta, es decir, que manejan o son representantes de una o de varias compañías de agroquímicos a la vez. El compromiso de la Fundación PROINPA con estas tiendas o agencias, dependía de su capacidad de manejo de los volúmenes del bioinsecticida en función de la motivación de la entidad comercializadora en mutuo acuerdo. Para la venta en consignación se entregaría garantías personales y letras de cambio.

4.2. MARKETING DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL

4.2.1. Aspectos legales del bioinsecticida

En julio de 1998 se inició el trámite de Registro Sanitario del bioinsecticida Baculovirus con el nuevo nombre y diseño de etiqueta (Carvajal, 1998). Este registro recién se obtuvo en febrero de 1999 y a partir de marzo del mismo año, se iniciaron las ventas oficiales del bioinsecticida con el nombre de Matapol.

4.2.2. Presentación del producto

La presentación del bioinsecticida MATAPOL al mercado consiste en una formulación en polvo contenida en una bolsa de 700 g con 14 bolsitas dosificadas de 50 g cada una, suficientes para impregnar 25 kg de papa. El precio de venta actual al consumidor de esta nueva presentación del producto es \$US4,5.

4.2.3. Difusión y promoción del bioinsecticida MATAPOL

A partir de marzo de 1999, el bioinsecticida MATAPOL entró en un proceso de distribución y comercialización, para lo que se elaboró material impreso para apoyar su lanzamiento. Se publicó una ficha técnica destinada a difundir el conocimiento de la plaga *P. operculella*, su distribución geográfica, biología y comportamiento, de tal manera que se comprenda mejor la estrategia de control. Por otro lado, se elaboró otra ficha técnica que enfoca la importancia del bioinsecticida MATAPOL dentro la estrategia de Manejo Integrado de la Papa, sus propiedades, función, la forma cómo se incorpora en los tubérculos, dosificación, etc. Esta segunda ficha técnica está en proceso editorial para su futura publicación (Calderón *et al.*, 1999).

Otra acción importante para la promoción del bioinsecticida fue la organización de diferentes eventos de presentación del producto, en los que se distribuyó un cartel publicitario y calendarios, entre los asistentes y representantes de empresas de distribución y comercialización de productos agropecuarios. Los eventos de presentación oficial del producto MATAPOL se llevaron a cabo en Cochabamba y Santa Cruz (Bolivia), en Urubamba (Ecuador) y Cusco (Perú), en los que se contó con una asistencia total de 232 participantes (Calderón *et al.*, 1999; Lino *et al.*, 1999).

Por otro lado, se impartieron cursos de capacitación a técnicos de dos empresas de distribución de agroquímicos en Cochabamba y Santa Cruz (APROAGRO e IMPAGRO, respectivamente), sobre aspectos de

biología y la estrategia de Manejo Integrado de la Polilla *P. operculella*. En esa oportunidad, en consenso con los participantes, se definió que la próxima capacitación se concentre en la identificación y en las estrategias de control de la nueva especie de polilla *S. tangolias* y en la comercialización del MATAPOL, por encontrarse *S. tangolias* ingresando a nuevas zonas productoras de papa, donde *P. operculella* causa o causaba mayor daño (Lino et al., 2000).

Este tipo de capacitaciones, días de demostración, cuñas radiales, elaboración de un video de propaganda televisiva y otros aspectos, apoyarían al seguimiento del proceso de adopción, distribución y comercialización del bioinsecticida MATAPOL, para garantizar su abastecimiento normal al mercado.

4.3. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL

4.3.1. Volúmenes y flujos de producción del bioinsecticida

Después de los resultados de la última consultoría (Carvajal, 1998), la planta de producción del bioinsecticida Matapol inició sus actividades en noviembre de 1998 con una producción inicial aproximada de 220 kg; en enero la producción se duplicó a 480 kg, el proceso de producción duró cuatro meses (Figura 43) durante los cuales se produjeron 1270 kg del producto. Del volumen total del bioinsecticida producido se asignaron 817.6 kg para embolsar y con esta cantidad se embolsaron 1168 unidades de MATAPOL. Hasta el momento se han comercializado 1105 unidades, el resto está disponible para la venta en almacén. Por otro lado, el bioinsecticida no embolsado (450 kg) se encuentra en existencia en la planta de producción en el Centro de Servicios y Producción Toralapa (Figura 44).

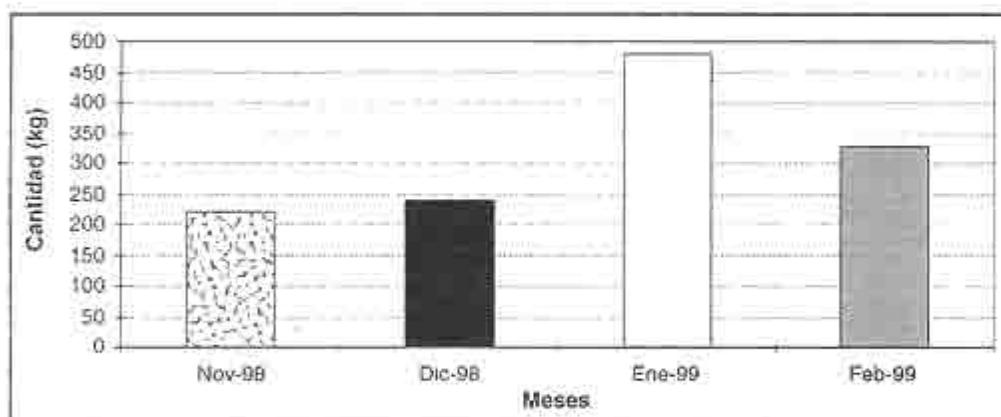


Figura 43. Producción mensual del bioinsecticida MATAPOL (kg) de noviembre de 1998 a febrero de 1999.

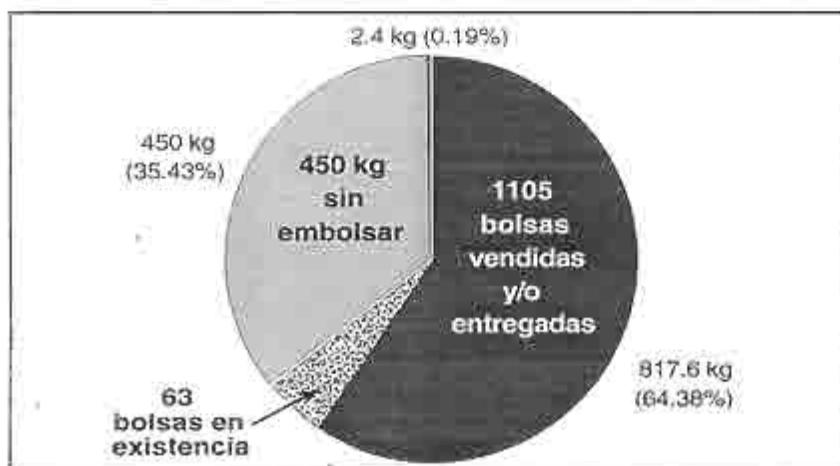


Figura 44. Relación de la cantidad del bioinsecticida MATAPOL producida, en existencia y vendida desde noviembre de 1998 hasta diciembre de 1999.

4.3.2. Comercialización del bioinsecticida MATAPOL

Las ventas del bioinsecticida MATAPOL se iniciaron en marzo de 1999 a un precio para el destinatario final de 4.5 \$US por unidad, tanto a nivel de fabricante como a nivel de intermediario. En marzo y abril, las primeras 300 unidades de MATAPOL se entregaron en contrato a APROAGRO distribuidor exclusivo de Novartis; el personal de ventas de esta empresa se encargaría de distribuir y vender el bioinsecticida en diferentes regiones del departamento de Cochabamba.

En los meses siguientes las ventas se realizaron a diferentes entidades en bajas cantidades. La última entrega de 300 unidades del bioinsecticida para la venta y distribución en los valles mesotérmicos del departamento de Santa Cruz fue a la agropecuaria IMPAGRO (asentada en Vallegrande) mediante un contrato en Septiembre de 1999 (Figura 45 y Cuadro 20) (Comunicación personal, Vladimir Lino, 1999; Lino et al., 2000).

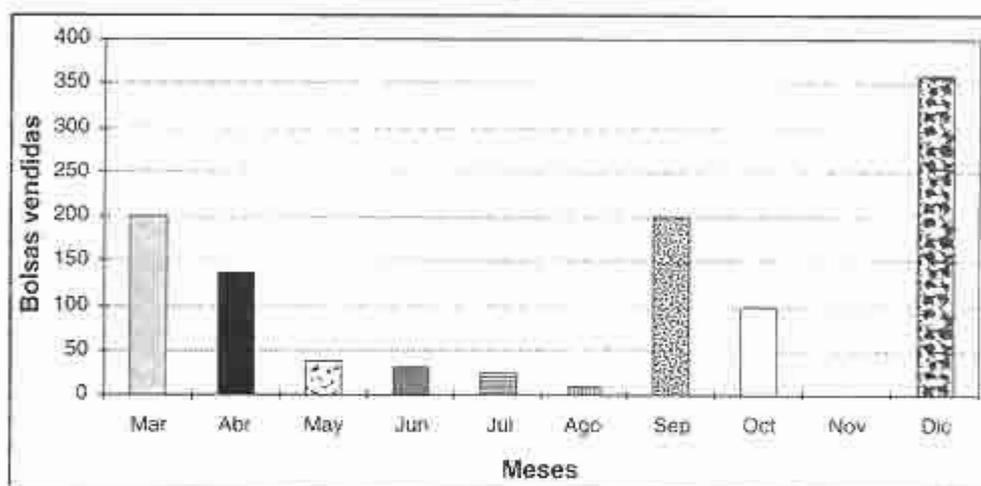


Figura 45 . Fluctuación de las ventas del producto MATAPOL de marzo a diciembre de 1999.

Cuadro 20. Destino de la producción del bioinsecticida MATAPOL de marzo a diciembre de 1999.

Destinatario	Unidades (bolsas) entregadas (e) y/o vendidas (v)
Promoción y transferencia	10 (e)
UPS-SEPA	8 (v)
Reg. Chuquisaca	10 (v)
Reg. La Paz	32 (e)
APROAGRO	300 (v) + 160 (e)
CEDEC	10 (v)
BIO SOMA	5 (v)
IMPAGRO	200 (v) + 300 (e)
Potosí	1 (v)

4.4. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALIDADES Y DEBILIDADES DEL BIOINSECTICIDA MATAPOL

Uno de los mayores problemas que se ha presentado recientemente y que está afectando la producción del bioinsecticida Matapol como empresa, es la presencia de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias*, la cual no es controlada efectivamente por este producto biológico que es altamente específico para *Pthorimaea operculella* (Herbas et al., 1994a; Herbas et al., 1997a; Barea et al., 1998).

No obstante estos antecedentes, el bioinsecticida MATAPOL puede ser potencialmente efectivo en los cultivos de tomate y quinua. Se ha observado que *P. operculella* ocasiona daños significativos a nivel de campo en el

cultivo de tomate y las plagas *Copitarsia* sp. y *Eurysacca melonocampa* a nivel de campo y almacén en las panojas y granos de quinua.

Asimismo, los antecedentes sugieren que el virus granulosis (*B. phthorimaea*) actúa eficientemente contra otra polilla de la papa conocida como la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), que constituye una plaga importante en el área andina de Venezuela, Colombia y Ecuador. Actualmente se está preparando un estudio de pre-factibilidad para exportar MATAPOL a estos países. Se espera que esta posibilidad se haga realidad previa generación de información a través de la investigación dentro y entre cada uno de los países afectados e interesados.

Por otro lado, *S. tangolias* que fue reportada por primera vez en Bolivia en 1988, en los últimos años está desplazando a *P. operculella* de aquellas zonas donde ésta fue una plaga importante. *S. tangolias* inicialmente sólo se encontraba en los departamentos de Tarija y Chuquisaca y actualmente también está presente en Potosí, Cochabamba, La Paz y Santa Cruz. Por lo tanto, el uso del bioinsecticida MATAPOL en el cultivo de papa será limitado en la medida en que *S. tangolias* aumente su cobertura geográfica como resultado del flujo irrestricto de la semilla de papa.

Sin embargo, en la campaña 1999-2000, se ha identificado un aislamiento boliviano de la bacteria *B. thuringiensis* cepa C24P13, que demostró ser efectiva en el control de *S. tangolias* y *P. operculella*. Con este aislamiento que se encuentra en etapa de multiplicación masiva, se realizarán pruebas en almacenes de agricultores para validar su efecto letal en ambas polillas. Una vez validada la efectividad de la cepa, ésta será incluida en la formulación del bioinsecticida Matapol, para satisfacer las necesidades del productor papero a nivel nacional.

4.5. EMPLEO POTENCIAL DEL MATAPOL Y DE OTROS BIOCONTROLADORES EN EL CONTROL DE LA POLILLA DE LA PAPA Y DE PLAGAS DE OTROS CULTIVOS

La expansión de *S. tangolias* en el cultivo de la papa y la presencia de polillas en otros cultivos ha motivado la investigación sobre la posibilidad de utilizar otros potenciales biocontroladores como *Bacillus thuringiensis* contra *P. operculella* y *S. tangolias*. También se viene investigando la efectividad de nuevos productos biológicos y de nuevas formulaciones del bioinsecticida MATAPOL en el control de ambas polillas. De confirmarse la efectividad de los nuevos productos contra las dos polillas a nivel de almacenes de agricultores, se efectuarán estudios sobre mezclas, concentraciones y dosificaciones para que, en combinación con *B. phthorimaea*, se cuente con un producto o productos de control de amplio espectro, que puedan emplearse no sólo contra la polilla de la papa, sino también contra otras plagas en otros cultivos además de quinua y tomate.

Dentro de la estrategia de investigación planteada se han programado los estudios que se describen a continuación.

4.5.1. Búsqueda de nuevas formulaciones líquidas del bioinsecticida MATAPOL contra las polillas de la papa

Identificadas las desventajas del sistema tradicional de aplicación del MATAPOL para volúmenes considerables de tubérculos-semilla cuya labor, además de tediosa, demanda gran cantidad de mano de obra, a solicitud de la empresa UPS SEPA se buscó una alternativa de formulación líquida que responda a las características de aplicación del equipo que utiliza esta empresa de semilla de papa para este propósito (Crespo y UPS- SEPA, 1999).

Con este fin se emplearon 1280 larvas de *P. operculella* infectadas con *B. phthorimaea* lográndose un volumen total de 414 ml de formulación líquida. Mediante pruebas preliminares de laboratorio se identificó la formulación de mayor eficiencia de control, la cual se proporcionó a SEPA para tratar un total de 10 toneladas de tubérculos semilla de papa. Con el mismo equipo de aplicación se trataron volúmenes similares de papa con Dipel (*Bacillus thuringiensis*). Un tercer lote de tubérculos semilla fue tratado con MATAPOL de la forma tradicional.

Los daños de la polilla en papa almacenada durante un mes, mostraron que el Baculovirus líquido fue más eficiente que el Dipel, pero menos eficiente que MATAPOL en polvo (Cuadro 21) (Crespo y UPS-SEPA, 1999).

Cuadro 21. Porcentaje promedio de daño de los tubérculos por *P. operculella* después de un mes de la aplicación de los tratamientos (Crespo y UPS-SEPA, 1999).

Tratamiento	% Daño (promedio)
MATAPOL (Polvo)	0,80
MATAPOL (Líquido)	4,60
Dipel (<i>B. thuringiensis</i>)	6,91

Se continuaron efectuando algunos ajustes en la formulación líquida del MATAPOL para mejorar su eficiencia y ensayándolos en el control de *P. operculella*, con la participación directa del personal de UPS-SEPA. En este proceso, en laboratorio, el control de *P. operculella* resultó eficiente con una nueva formulación (400 larvas infectadas con el virus *B. phthorimaea* en 10 litros de agua) que será próximamente evaluada con altos volúmenes de tubérculos semilla, en coordinación de UPS-SEPA (Crespo y UPS-SEPA, 2000).

4.5.2. El virus granulosis (*B. phthorimaea*) en el control de la polilla del tomate y de otras plagas en el cultivo de quinua

Dado que el Virus Granulosis (VG) y el Virus Nuclear Poliedrosis (VNP) son los más promisorios para el Control Integrado de Plagas y ante el antecedente de la efectividad del virus granulosis (*Baculovirus phthorimaea*) contra *Phthorimaea operculella*, se investigó su efecto contra plagas de la quinua y tomate, que al igual que *P. operculella*, pertenecen al orden Lepidoptera y familia Gelechiidae.

Fueron varios los aspectos que impulsaron la realización de ensayos para evaluar el efecto de *B. phthorimaea* (sólo en agua) y del bioinsecticida MATAPOL en el control de plagas de otros cultivos.

En tomate (*Lycopersicon esculentum*), las pruebas realizadas con *B. phthorimaea* partieron de que el complejo polilla del tomate (*Phthorimaea operculella*, *Tuta absoluta*, etc.) constituye el principal problema que afecta a este cultivo desde almácigo en los valles mesotérmicos de Santa Cruz. Por otro lado, dada la alta incidencia y distribución de estas plagas, el agricultor se ve en la necesidad de utilizar insecticidas químicos en altas dosificaciones y frecuencias, que aumentan los riesgos para la salud y el impacto negativo al medio ambiente. Asimismo, en los últimos años, también dentro del rubro de la producción agrícola, ha surgido la necesidad de tecnologías dirigidas a la conservación del medio ambiente que aseguren una vida sana para el hombre y su entorno. Por último, una de las recomendaciones de una consultoría en julio de 1998, fue ampliar el espectro de utilidad del *B. phthorimaea* (virus granulosis) y/o bioinsecticida MATAPOL en el control de plagas de otros cultivos a través de la producción de nuevas formulaciones, lo que a su vez se reflejaría en un mayor mercado o demanda que aseguraría la rentabilidad y competitividad de la planta de producción del MATAPOL.

El cultivo de tomate en los valles cruceños, de acuerdo a diagnósticos realizados por el CIAT, es el de mayor importancia junto con la papa, principalmente en las zonas bajo riego de las provincias Florida y Caballero (Lino et al., 1999a).

En quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), las pruebas sobre el efecto del *B. phthorimaea* contra plagas de este cultivo se iniciaron con anterioridad, casi bajo los mismos aspectos señalados para la polilla del tomate. Ya en 1997 se estableció la necesidad de impulsar la producción de quinua orgánica libre de residuos tóxicos para el consumo humano (Tenorio, 1999).

La quinua forma parte del sistema de producción de las comunidades altoandinas hasta los 4000 msnm y constituye un alimento de gran valor energético y proteico, con gran cantidad de aminoácidos. A pesar de su rusticidad, la quinua es afectada por una amplia gama de insectos, entre los más importantes se cuentan las "Kcona -kconas", *Eurysacca melanocampa* Mey y el complejo grupo de las "ticonas" como *Copitarsia turbata* H. S., *Copitarsia* sp. y *Heliothis titicaquensis* H.

4.5.2.1. Pruebas preliminares del virus *B. phthorimaea* contra plagas en el cultivo de quinua

Un primer estudio en este cultivo consistió en evaluar el efecto del virus granulosis (VG) en el control de *Copitarsia* sp. Este género, que forma parte de la Familia de Noctuidae y que forma parte del grupo de las "licónas", se alimenta cortando las plantas emergentes, destruye las hojas apicales y posteriormente las panojas en formación. Es suficiente una larva por planta para ocasionar serios daños en el cultivo (Tenorio, 1999).

Con este fin y bajo condiciones de laboratorio en la Estación Experimental de Patacamaya a 3789 msnm (Prov. Aroma, La Paz), se evaluaron dos factores: la edad o estadio de la larva del noctuideo (estadios I, III y V) más susceptible al virus y la dosis del virus (*Baculovirus phthorimaea*). Para este último factor se emplearon cuatro dosis de larvas de *P. operculella* infectadas por el virus *B. phthorimaea*: 5, 20, 35 y 50 larvas por litro de agua. El virus se aplicó en campo en forma de solución acuosa cuando el cultivo presentaba aproximadamente 50 cm de altura. Para impedir la degradación del virus por acción de los rayos solares, las aspersiones se realizaron al atardecer y en las primeras horas de la mañana siguiente se recolectaban las hojas tiernas del cultivo asperjado para alimentar a las larvas de *Copitarsia* sp. en laboratorio. La alimentación de las larvas tuvo una duración de 15 días.

Los resultados destacaron que las dosis más bajas del virus granulosis *B. phthorimaea* (5 y 20 larvas/l de agua) fueron más eficientes que las dosis altas (Figura 46). Se explicaron estos resultados a través de un análisis de las muestras efectuado por el CIP. El Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN) se encontró en dosis elevadas en las larvas de *Copitarsia* sp. en forma natural, lo que inhibió la acción de las dosis altas del virus granulosis (VG), sólo las dosis bajas del VG pudieron actuar en forma sinérgica con el VPN desarrollando una enfermedad mixta en las larvas hasta provocar su muerte.

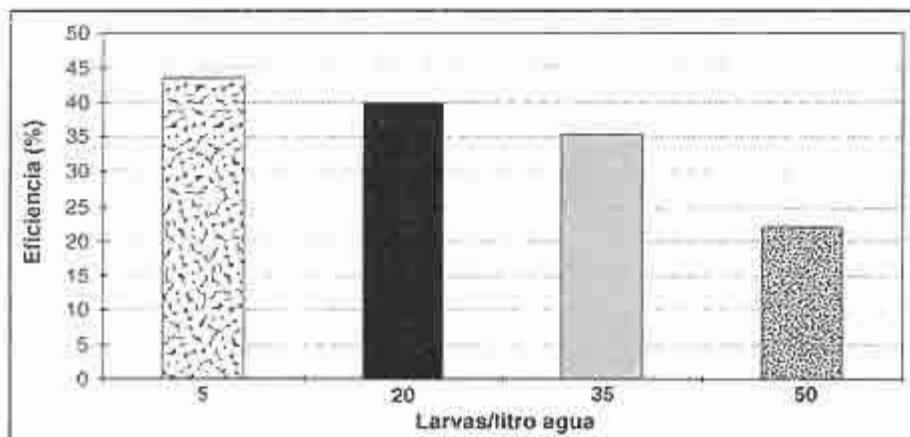


Figura 46. Porcentaje de eficiencia del *B. phthorimaea* en el control de larvas de *Copitarsia* sp. (Tenorio, 1999).

Por otro lado, se encontró que las larvas del primer estadio fueron las más susceptibles a la acción del VG, aún cuando la mortalidad de éstas, desde los primeros días de la infección, se debió más a la intoxicación por el consumo de VG que al desarrollo de la enfermedad. Las larvas del tercer y quinto estadio fueron menos susceptibles al VG, confirmando que la susceptibilidad a este virus varía con la edad y tamaño de las larvas de *Copitarsia* sp. (Figura 47). Asimismo, se observó que los síntomas de patogenicidad en las larvas son similares a los de las larvas de *P. operculella* y la única variación observada en las larvas del estadio III y V de *Copitarsia* sp. fue la coloración fosforescente en el tercio superior de su cuerpo.

Es necesario realizar estudios más detallados sobre técnicas de aplicación del VG (*B. phthorimaea*), dosis y condiciones ambientales óptimas para su desarrollo en condiciones de campo (Tenorio, 1999).

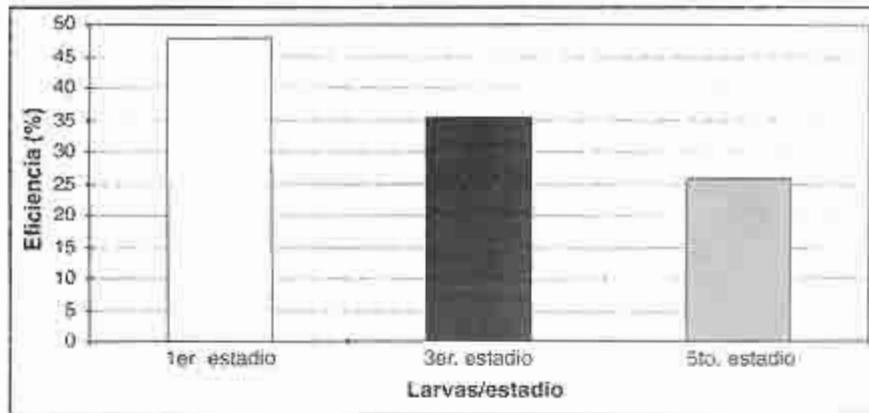


Figura 47. Respuesta de tres estadios de larvas de *Copitarsia* sp. a la aplicación de *B. phthorimaea* (Tenorio, 1999).

Por otro lado, se efectuó un segundo estudio en quinua contra la polilla *Eurysacca melonocampta* (que afecta seriamente la panoja desde el inicio de la floración, causando pérdidas de aproximadamente 35%) que incluyó cuatro concentraciones del VG: 15, 20, 25 y 30 larvas infectadas con el VG/litro de agua. El virus controló eficientemente a la polilla, al quinto día de aplicar los tratamientos. El control fue similar para las cuatro concentraciones del VG y en todas fue mayor del 50%. Estos porcentajes, aunque de forma no tan evidente, presentaron la probabilidad de que al aumentar la concentración del VG se incrementaría el control (Figura 48) (Calderón *et al.*, 1997).

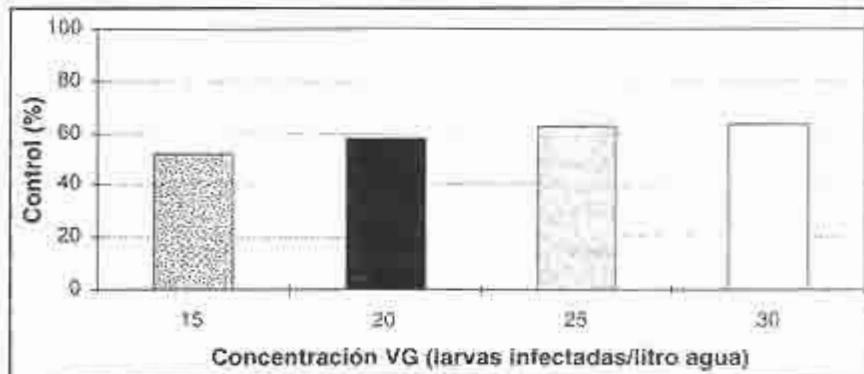


Figura 48. Porcentaje de control de la polilla de la quinua *Eurysacca melonocampta* con el virus granulosis (Calderón *et al.*, 1997).

Otros dos estudios complementarios también contemplaron el uso del VG (*Baculovirus phthorimaea*) en el control de la polilla *Eurysacca* sp. Uno de los ensayos se realizó en la Estación Experimental de Choquenaira (Prov. Ingavi, La Paz) en coordinación con el Programa Quinua. Se evaluaron dos concentraciones del VG (20 y 40 larvas infectadas por el VG por litro de agua), una Permetrina (Ambush) y un testigo absoluto sin ninguna aplicación. El segundo ensayo se realizó en la zona de Salinas (Prov. Salinas de Garcí Mendoza, Oruro) en coordinación con el Centro de Investigación y Producción Comunal Mik'a Irpani (CIPROCOMI), donde se evaluaron seis tratamientos: tres concentraciones del VG (10, 20 y 40 larvas infectadas por litro de agua), dos tratamientos con *Baculovirus thuringiensis* (Dipel y MVP) y un testigo absoluto sin ninguna aplicación. En este último ensayo se efectuó un seguimiento en laboratorio de las panojas tratadas después de la aplicación de cada tratamiento; las panojas se colocaron en envases tapados con tul, donde se realizó la evaluación mediante un conteo de la población de la plaga.

Los resultados en ambos ensayos fueron alentadores y coincidieron en que las dosis más bajas del VG fueron más eficientes que las dosis altas en el control de *Eurysacca* sp. En Choquenaira se obtuvo 64 y 50% de eficacia

con las dosis de 20 y 40 larvas/litro de agua, respectivamente, y en laboratorio en Salinas, el porcentaje de eficacia fue del orden de los 63, 54 y 20% para las dosis de 10, 20 y 40 larvas/litro agua. Sin embargo, es importante mencionar que los tratamientos que resultaron mucho más eficientes que el VG en el control de la polilla de la quinua fueron el insecticida Ambush con 87% de control y los bioinsecticidas a base de *B. thuringiensis* (Dipel y MVP) con 94 y 97% de control, respectivamente (Figura 49) (Crespo et al., 1999).

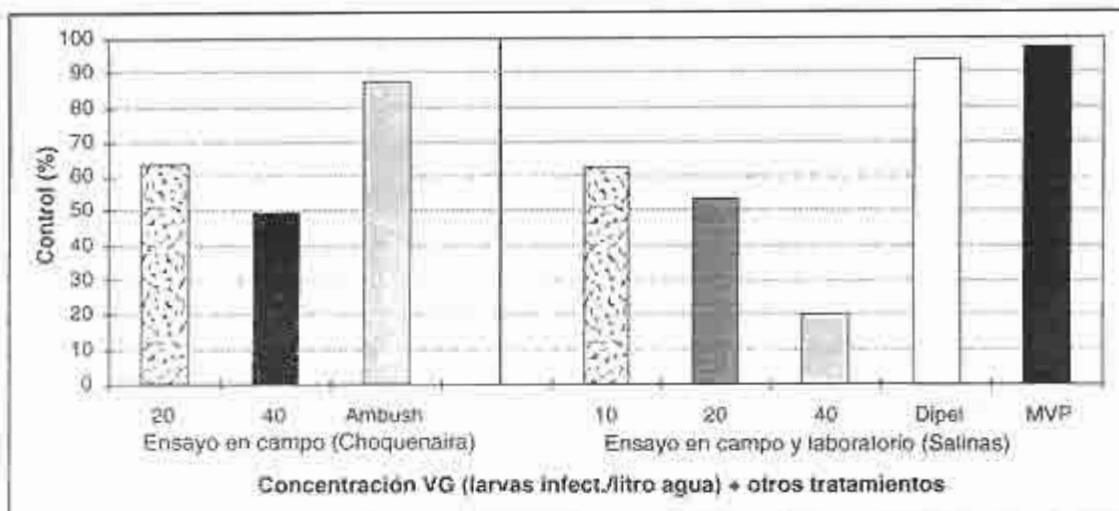


Figura 49. Porcentaje de control de *E. melanocampa* por efecto del virus granulosis, insecticida químico Ambush e insecticidas biológicos en base a *B. thuringiensis* (Dipel, MVP) (Crespo et al., 1999).

Con estos dos últimos ensayos para *Eurysacca* sp. y con el primero para *Copitarsia* sp. se demostró que ambas plagas contienen dosis elevadas del virus VPN en forma natural, ya que el VG actuó más eficientemente contra ambos géneros en dosis bajas.

4.5.2.2. Pruebas preliminares del virus *B. phthorimaea* contra el complejo polillas en el cultivo de tomate

Uno de los ensayos en el cultivo de tomate se llevó a cabo en invernadero y consistió en probar si el virus granulosis (*B. phthorimaea*) controla a la polilla del tomate *Scrobipalpula absoluta* (*Tuta absoluta*). Con este propósito se asperjaron diversas concentraciones del VG (20, 200 y 400 larvas infectadas con el VG por litro de agua) durante el cultivo sobre los frutos de tomate. Los resultados fueron alentadores, el VG controló eficientemente a la polilla del tomate de tal forma que a los 12 días después de aplicar los tratamientos se observó hasta un 87% de control. El porcentaje de control tendió a incrementarse conforme se aumentaba la concentración del VG (Figura 50) (Calderón et al., 1997 a).

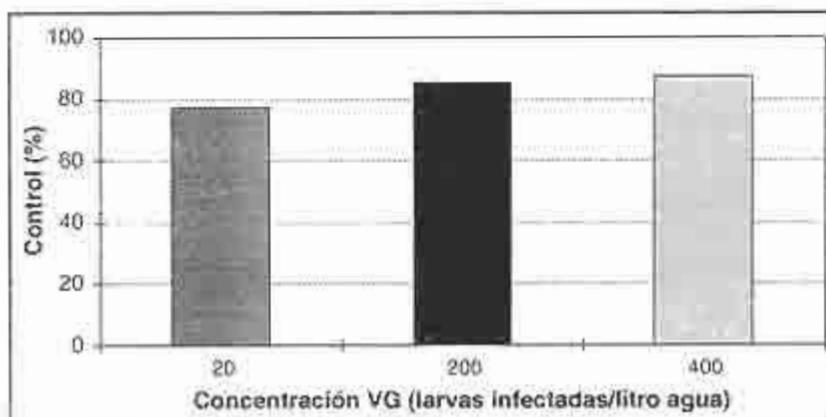


Figura 50. Porcentaje de control de la polilla del tomate por efecto de la concentración del virus granulosis (Calderón et al., 1997 a).

Otro ensayo en condiciones de campo (Omereque, Cochabamba) confirmó la eficacia del mismo virus contra la polilla del tomate (género o géneros por confirmar), sin embargo, con relación al ensayo anterior, los resultados fueron algo diferentes en el sentido de que en este último ensayo, las concentraciones menores del VG controlaron mejor a la polilla (Figura 51). Se probaron tres concentraciones del VG (10, 20 y 40 larvas infectadas con VG/litro de agua) contra un testigo del agricultor. La aplicación de plaguicidas y el manejo del cultivo fue normalmente desarrollado por los agricultores, desde la implantación de los almácigos hasta el período de formación de los primeros frutos. A partir de la formación de los primeros frutos se empezó a aplicar los tratamientos con el VG, en tanto que el tratamiento testigo continuó con la aplicación de plaguicidas tradicionales. Los tratamientos con el VG se aplicaron de acuerdo a las condiciones medio ambientales con una frecuencia aproximada de 10 días en tres oportunidades. Las evaluaciones se realizaron a nivel de los frutos (listos para el mercado) en dos oportunidades, una después de las dos primeras aplicaciones del VG y otra después de la última aplicación del VG.

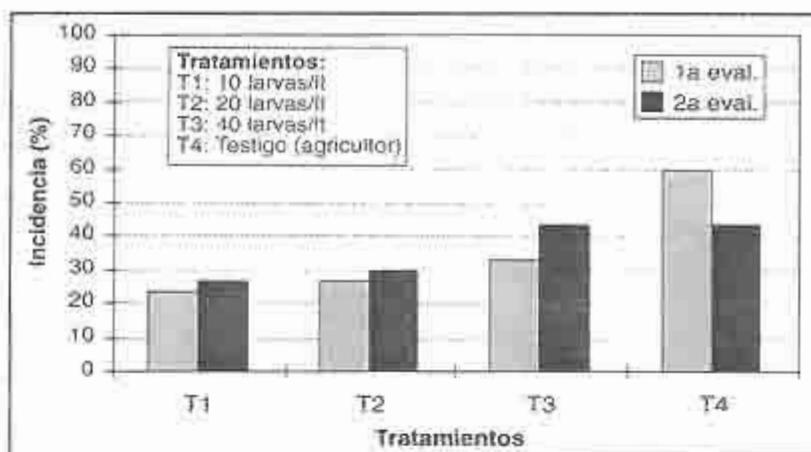


Figura 51. Porcentaje de incidencia por efecto de cuatro tratamientos aplicados contra la polilla del tomate (Lino et al., 1999a).

En la primera evaluación se observó que el VG en cualquier concentración controló mejor a la polilla en comparación con el tratamiento testigo (químico); sin embargo en la segunda, estas diferencias no fueron tan evidentes. Esta segunda observación, al parecer fue afectada porque los adultos de la polilla se concentraron más en las parcelas donde se aplicó el VG, lo cual favoreció que el tratamiento testigo mostrase mayor eficiencia en relación con lo observado en la primera evaluación. Por otro lado, con este segundo trabajo se consideró pertinente asegurarse de la especie o especies de polilla con que se trabaja, por lo que se enviaron especímenes de la polilla al CIP para confirmar si corresponden a *Tuta absoluta* o *Keuferia lycopersicella* (Lino et al., 1999a).

En la zona de Coroico (Nor Yungas, La Paz), se probaron las mismas concentraciones del virus *B. phthorimaea* (10, 20 y 40 larvas infectadas con el virus por litro de agua) sobre la polilla del tomate y se las comparó con un producto formulado a base de *Bacillus thuringiensis* (MVP) y un testigo (tratamiento que practican los agricultores de la zona). Los resultados de esta experiencia en la polilla del tomate, actualmente se encuentran en proceso de revisión, y por otro lado, también se desea incluir los resultados de las especies de polillas de tomate, enviadas al CIP para su identificación (Crespo y Cuba, 2000).

4.5.3. Monitoreo, identificación y control de la polilla en los cultivos de papa y tomate

En un futuro inmediato se monitoreará la fluctuación poblacional de las polillas de la papa (*P. operculella* y *S. tangolias*) y del tomate (*Tuta absoluta* y *Keuferia lycopersicella*) en la zona de los Yungas de La Paz y Valles mesotérmicos de Santa Cruz, con el fin de determinar el momento oportuno del uso de algún método de control para garantizar su efectividad. Asimismo, estos géneros serán clasificados de acuerdo al cultivo que afectan, ya sea a nivel de campo o almacén.

Por otro lado, también se iniciarán trabajos de control de la polilla *P. operculella* en papa con el uso del bioinsecticida Matapol en almacén en Santa Cruz.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ALCAZAR, J. 1988.** Uso de feromonas en el manejo de las palomillas de la papa. Curso manejo Integrado de las palomillas (Lepidoptera: Gelechiidae) de la papa. Bogotá, Colombia: ICA-CIP. pp. 107-127.
- ANDREW, R., J. HERBAS. 1991.** Control de la polilla de la papa *P. operculella* en Mizque. En: Informe anual 1990-91 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 40, 40 a.
- ANDREW, R., J. HERBAS, V. LINO. 1991 a.** Control de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* en almacén y estudio de la fluctuación poblacional en campo. IBTA-PROINPA, Informe anual 1990-91. pp. 87-89.
- ANDREW, R., R. CALDERÓN, J. PEREZ. 1991 b.** Recolección, identificación y multiplicación de virus de la granulosis. En: IBTA-PROINPA Informe Anual 1990-91. Cochabamba, Bolivia. pp. 96-97.
- ANDREW, R., R. CALDERÓN, J. PEREZ. 1991 c.** Ciclo de vida de *Copidosoma sp.* (Hymenoptera: Encyrtidae) controlador biológico de la polilla de la papa. En: Informe Anual 1990-91 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 97-98.
- ANDREW, R., J. HERBAS, R. CALDERÓN. 1992 a.** Manejo Integrado de la polilla de la papa *P. operculella*: Cría de *Copidosoma sp.*, liberación de *Copidosoma sp.*, multiplicación de *B. phthorimaea* y formulación del bioinsecticida, dinámica poblacional de la polilla, control de la polilla en almacenes de agricultores, días de demostración y boletines divulgativos. En: Informe Anual 1991-92 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 110-113.
- ANDREW, R., J. HERBAS, J. ALCAZAR, V. LINO. 1992 b.** Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Cochabamba, Bolivia. En: Circular Centro Internacional de la Papa (CIP). Vol.19, No.2. Lima, Perú.
- ANDREW, R., J. HERBAS, R. CALDERÓN, V. LINO, Y. ZURITA, J. ALCAZAR. 1992 c.** Implementación y ejecución de un Programa de Manejo Integrado de la Polilla de la Papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) en el Valle de Mizque, Cochabamba, Bolivia. En: Resúmenes de la II Reunión Nacional de la Papa del 22 a 25 de Septiembre de 1992, Cochabamba, Bolivia. PROSEMPA (CNS-MCTH)-IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 54 p.
- ANDREW, R., R. CALDERÓN, C. CARVAJAL, J. PEREZ. 1998.** Optimización de la cría masal de polilla. En: Informe Anual 1997-98 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 405-406.
- ANDREW, R., R. CALDERÓN, L. CRESPO, J. HERBAS, V. LINO. 1999 a.** Biología y Comportamiento de la Polilla de la Papa *Phthorimaea operculella*. Proyecto MIP- Polilla, Ficha Técnica No. 1- 1999. Fundación PROINPA. 4 p.
- ANDREW, R., O. BAREA, C. BEJARANO, R. CALDERÓN, E. CERVANTES, J. HERBAS. 1999b.** Biología y Comportamiento de la Polilla de la Papa *Symmetrischema tangolias*. Proyecto MIP- Polilla, Ficha Técnica No. 2- 1999. Fundación PROINPA. 4 p.
- APARICIO, O. R. CALDERÓN. 1997.** Prueba de dietas artificiales para la cría masal de *P. operculella*. En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 489-491.
- APARICIO, S. 1999.** Optimización de la multiplicación masiva del *Baculovirus phthorimaea*, ingrediente activo del bioinsecticida baculovirus en su hospedero *Phthorimaea operculella* (Zeller). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Técnica de Oruro. Oruro, Bolivia. 87 p.
- ARENAS, M. R. 1995.** Fluctuación poblacional y control de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*, Zeller y ciclo biológico de *Symmetrischema plaesiosema*. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho". Tarija, Bolivia. 100p.

ARENAS, R., J. HERBAS, J. ARNOLD. 1998. Biología, control preliminar y distribución de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias* en Bolivia. En: Compendio de exposiciones XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa del 9 al 13 de febrero de 1998, Cochabamba, Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 278 p: 125-126.

ARNOLD, J., J. HERBAS, R. CALDERÓN. 1995 a. Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en almacenes de agricultores en Tarija. En: Informe Anual 1994-95 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.31-III.E.33.

ARNOLD, J., J. HERBAS, R. CALDERÓN. 1995 b. Manejo Integrado de *Symmetrischema plaesiosema* en campo y almacén. En: Informe Anual 1994-95 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E. 34-III.E.36.

ARNOLD, J., J. HERBAS, R. CALDERÓN. 1995 c. Fluctuación poblacional de *S. plaesiosema* en campo y almacén. En: Informe Anual 1994-95 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.37- III.E.39.

ARNOLD, J., J. HERBAS, R. CALDERÓN. 1996 a. Manejo Integrado de *Symmetrischema plaesiosema* en almacén y campo. En: Informe Anual 1995-96 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.42-III.E.43.

ARNOLD, J., J. HERBAS, R. CALDERÓN. 1996 b. Control químico de *Symmetrischema plaesiosema* en campo en Tarija. En: Informe Anual 1995-96 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.44-III.E.46.

BAREA, O., C. BEJARANO. 1996. Pruebas con *Baculovirus phthorimaeae* contra *Symmetrischema plaesiosema* (Chuquisaca). En: Informe Anual 1995-96 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.47-III.E.48.

BAREA, O., C. BEJARANO, E. CERVANTES. 1998. Búsqueda de alternativas de control y manejo de *S. tangolias* en almacén en Chuquisaca. En: Informe Anual 1997-98 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 399-402.

BAREA, O., C. BEJARANO. 1998. Pruebas con *Baculovirus* para *Symmetrischema tangolias*. En: Informe Anual 1997-98 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 397-396.

BEJARANO, C., J. PEREZ. 1995. Identificación y cuantificación del daño causado por *Phthorimaea operculella* en la provincia Yamparaez, Zudañez y Tomina, Chuquisaca. En: Informe Anual 1994-95. IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

BEJARANO, C., O. BAREA. 1997 a. Pruebas de *Baculovirus* para *S. tangolias*. En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 480-481.

BEJARANO, C., O. BAREA. 1997 b. Validación del MIP-Polilla para *P. operculella* en almacén en Chuquisaca. En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 482-483.

BLAJOS, J., G. THIELE, E. GANDARILLAS, V. LINO. 1997 a. Evaluación de la transferencia de Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Almacén (MIPPA) en Mizque y Alquile. Programa de Investigación de la Papa. Documento Interno No. 1. Cochabamba, Bolivia. 35 p.

BLAJOS, J., G. THIELE, V. LINO, E. GANDARILLAS,. 1997 b. Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Almacén: Evaluación del Impacto Económico de la Investigación. Programa de Investigación de la Papa. Documento Interno No. 2. Cochabamba, Bolivia. 13 p.

BLANCO, E. 1994. Manejo Integrado de la Polilla de la Papa (*Phthorimaea operculella* Zeller) en almacenes de agricultores en Mizque (Cochabamba). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria "Martín Cárdenas", Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 105 p.

BLANCO, E., C. CARVAJAL, J. QUIROGA. 1994. Validación de tecnología del Manejo Integrado de la Polilla en Almacenes de Agricultores. En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. III.E.69-III.E.72.

- CALDERÓN, R., V. LINO. 1992 a.** Algunas alternativas para el control de la polilla de la papa, pilipintu. Hoja divulgativa 1/92. Estación Experimental Toralapa. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, R., R. ANDREW. 1992 b.** Liberación y evaluación del comportamiento del parasitoide *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) en campo y almacén. En: Resúmenes de la II Reunión Nacional de la Papa del 22 al 25 de Septiembre de 1992, Cochabamba, Bolivia. PROSEMPA (CNS-MCTH), IBTA-PROINPA (Convenio IBTA-CIP-COTESU). Cochabamba, Bolivia. 54 p.
- CALDERÓN, R., PEREZ, J. 1993 a.** Cría de la polilla de la papa *P. operculella* y de *Copidosoma* sp. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 175-176.
- CALDERÓN, R., PEREZ, J. 1993 b.** Liberación y evaluación de *Copidosoma* sp. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 177 y 178.
- CALDERÓN, R., PEREZ, J., J. QUIROGA. 1993 c.** Multiplicación del virus granulosis y formulación del bioinsecticida. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 179-180.
- CALDERÓN, R., J. PEREZ. 1994.** Cría de la polilla y de controladores biológicos (*Copidosoma* sp. y *Baculovirus phthorimaeae*). En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.47-III.E.49.
- CALDERÓN, R., J. PEREZ, L. CRESPO. 1995.** Cría masal de la polilla, de los parasitoides *Copidosoma* sp. y multiplicación del entomopatógeno *Baculovirus phthorimaeae*. En: Informe Anual 1994-95 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.40-III.E.41.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO, V. LINO, W. GARCÍA. 1996.** Evaluación de material genético para la polilla de la papa *P. operculella*. En: Informe Anual 1995-96 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp III.E.67-III.E.69.
- CALDERÓN, R. 1997.** Síntesis general de los logros del Proyecto de Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Almacén. Informe final hasta Junio de 1997. Programa de Investigación de la Papa. Cochabamba, Bolivia. 12 p.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO. 1997.** Evaluación de material genético para la polilla *P. operculella*. En: informe anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 3 p.
- CALDERÓN, R., A. BECERRA, A. MARQUEZ. 1997 a.** Expectativas del empleo del virus granulosis *Baculovirus phthorimaeae* para el control de otros Lepidopteros. En: Informe anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO, W. GARCÍA. 1997 b.** Evaluación de material genético para polilla. En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 492-494.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO, V. LINO. 1997 c.** Pruebas de resistencia de *Phthorimaea operculella* al *Baculovirus*. En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 486-488.
- CALDERÓN, R., J. PEREZ, L. CRESPO, O. APARICIO. 1997 d.** Cría masal de polilla. En: nforme Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 500-502.
- CALDERÓN, R., J. PEREZ, L. CRESPO. 1997 e.** Producción semi industrial del bioinsecticida *Baculovirus*. En: Informe anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO, V. LINO. 1998 a.** Pruebas de resistencia al *Baculovirus*. En: Informe Anual 1997-98 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 407-409.
- CALDERÓN, R., V. LINO, J. HERBAS, L. CRESPO, E. GANDARILLAS, C. CARVAJAL, R. ANDREW. 1998 b.** Manejo y uso del *Baculovirus phthorimaeae* para el control de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. En: Compendio de exposiciones de la XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa, del 9 al 13 de febrero de 1998, Cochabamba, Bolivia. Cochabamba, Bolivia. p. 278: 118-119.

- CALDERÓN, R., L. CRESPO, CIP. 1998 c.** Identificación de controladores biológicos de *S. tangolias*. En: Informe Anual 1997-98 IBTA- PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 415- 416.
- CALDERÓN, R., J. PEREZ, L. CRESPO, V. LINO. 1998 d.** Producción semi industrial del bioinsecticida Baculovirus. En: Informe Anual 1997-98 IBTA- PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO. 1998.** Pruebas de resistencia de *P. operculella* al bioinsecticida Baculovirus. En: Informe anual 1997-98 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, R., L. CRESPO. 1999.** Multiplicación de posibles controladores para *S. tangolias* y *P. operculella*. En: Informe anual 1998-99 Fundación PROINPA, Proyecto MIP- Polillas Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, R.,** Unidad de Mercadeo, Innovación Tecnológica y Género. 1999. Elaboración de material para apoyar la promoción del MATAPOL (Cbba). En: Informe Anual 1998-99 Fundación PROINPA, Proyecto MIP- Polillas. Cochabamba, Bolivia.
- CALDERÓN, J. 2000.** Elaboración de línea de base y monitoreo en el área piloto de Llalagua. En: Informe Anual Fundación PROINPA 1999-2000, Proyecto MIP- Polillas. Cochabamba, Bolivia. 4p.
- CARDOZO, H., R. ANDREW. 1992.** Diagnóstico de la polilla en campo y en almacén en zonas paperas de Tarija. En: Informe Anual 1991-92 IBTA -PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 109-110.
- CARVAJAL, C. 1995.** ¿Cómo es la Polilla de la Papa?. MIPPA, Hoja divulgativa para agricultores No. 1. IBTA- PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CARVAJAL, C. 1998.** Proyecto para la gestión y aspectos técnicos de la planta de producción de Baculovirus. Cochabamba, Bolivia. 74 p.
- CERVANTES PADILLA, M. 2000.** Ciclo biológico, etología y control de la polilla de la papa (*Symmetrischema tangolias*). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales Carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre, Bolivia 121p.
- CHURA, J. 1992.** Ciclo biológico de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidóptera: Gelechiidae) en laboratorio. Tesis Tec. Sup. Escuela Técnica Superior de Agronomía "Dr. Jorge Trigo Andía", Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 56 p.
- CRESPO, L., R. SARAVIA, CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN COMUNAL MIK'A IRPANI (CIPROCOMI). 1999.** Evaluación del bioinsecticida Baculovirus con plagas en el cultivo de la quinua. En: Informe Anual 1998-99 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 2 p.
- CRESPO, L., UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA (UPS- SEPA). 1999.** Búsqueda y evaluación de nuevas formulaciones de Baculovirus. En: Informe Anual 1998-99 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 2p.
- CRESPO, L., J. C. ROBACADO. 2000a.** Aislamiento y caracterización de microorganismos efectivos para el control de las polillas de la papa. In Informe anual Fundación PROINPA 1999-2000. Cochabamba, Bolivia. 2p.
- CRESPO, L., J. C. ROBACADO. 2000b.** Bioensayos de laboratorio, invernadero y campo para el control de las polillas de la papa. En Informe anual Fundación PROINPA 1999-2000. Cochabamba, Bolivia. 3p.
- CRESPO, L., UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS UPS-SEPA. 2000.** Evaluación de nuevas formulaciones de Matapol con las polillas de la papa en Cochabamba. En: Informe anual Fundación PROINPA 1999-2000. Cochabamba, Bolivia. 2p.

- CRESPO, L., W. CUBA. 2000.** Evaluación de nuevas formulaciones de Matapol con la polilla del tomate Yungas. En: Informe anual Fundación PROINPA 1999-2000. Cochabamba, Bolivia. 1p.
- ELIAS, M. 1989.** Identificación y posible control de la polilla de la papa en la Localidad de Tolomosa, Provincia Cercado del Dpto de Tarija. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tarija, Bolivia. 83 p.
- GANDARILLAS, E. 1993.** Interacción de los procesos de comunicación en la transferencia de técnicas en el cultivo de papa en cinco comunidades de Mizque. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UMSS. Cochabamba, Bolivia. 148 p.
- GANDARILLAS, E. 1995.** ¿Qué hacer para evitar que la polilla de la papa dañe la semilla de papa?. MIPPA, Hoja divulgativa para agricultores No. 3. IBTA-PROINPA. 4 p.
- GRIEPINK, F. C. & VISSER, J. H.. 1996.** Isolation, identification, synthesis and bioassays of the sex pheromones of *Symmetrischema tangolias* and *Scrobipalpaloides absoluta*. Research Institute for Plant Protection. The Netherlands. 24 p.
- HAINES, C. P. 1977.** The Potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller: a bibliography of recent literature and review of its biology and its control on potatoes in the field and store. London, Tropical Products Institute. 15 p.
- HERBAS, J. 1992.** Estudio de los insectos del suelo que causan mayor daño en papa. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 99 p.
- HERBAS, J., H. CARDOZO, R. ANDREW, R. CALDERÓN, R. ARENAS. 1993 a.** Dinámica poblacional, trapeo y evaluación de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* en Tarija. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA, Cochabamba, Bolivia. pp. 171-172.
- HERBAS, J., H. CARDOZO, R. ANDREW, R. CALDERÓN, R. ARENAS. 1993 b.** Evaluación de tratamientos contra *P. operculella* en almacén en Tarija. En: Informe anual 1992-93. IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 173-174.
- HERBAS, J. 1994.** Ensayo en almacenes de agricultores, desinfestación de almacén, tratamientos y evaluaciones en Tarija. En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA, Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.44-III.E.46.
- HERBAS, J., R. CALDERÓN, R. ARENAS, J. ARNOLD. 1994 a.** Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico Abril-Junio, 1994, Tarija. IBTA-PROINPA-UNDP. Tarija, Bolivia.
- HERBAS, J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD. 1994 b.** Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico de Julio a Diciembre de 1994, Tarija. IBTA-PROINPA-UNDP. Tarija, Bolivia.
- HERBAS, J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD. 1995 a.** Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico Enero-Marzo, 1995, Tarija. IBTA-PROINPA-UNDP. Tarija, Bolivia.
- HERBAS, J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD. 1995 b.** Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico Abril-Junio, 1995, Tarija. IBTA-PROINPA-UNDP. Tarija, Bolivia.
- HERBAS, J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD. 1995 c.** Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico Julio-Septiembre, 1995, Tarija. IBTA-PROINPA-UNDP. Tarija, Bolivia.

HERBAS J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD, R. ARENAS. 1996 a. Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico de Enero a Marzo de 1996. IBTA-PROINPA- UNDP. Tarija, Bolivia.

HERBAS J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD, R. ARENAS. 1996 b. Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico de abril a junio de 1996. IBTA-PROINPA- UNDP. Tarija, Bolivia.

HERBAS J., R. CALDERÓN, J. ARNOLD. 1996 c. Implementación y evaluación de componentes del Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en el Valle Central de Tarija. Informe técnico de Julio a Septiembre de 1996. IBTA-PROINPA- UNDP. Tarija, Bolivia.

HERBAS, J., J. ARNOLD, R. CALDERÓN, UNDP, PROSEMPA, FAO, ICA. 1997 a. Determinación de posibles controladores biológicos de *S. tangolias*. En: Informe Anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 461-463.

HERBAS J., J. ARNOLD, R. CALDERÓN, UNDP, PROSEMPA, FAO, ICA. 1997 b. Pruebas con el bioinsecticida Baculovirus contra *Symmetrischema plaesiosema*. En: Informe Anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 466- 468.

HERBAS, J., J. ARNOLD, R. CALDERÓN, UNDP, PROSEMPA, FAO, ICA. 1997 c. Incidencia de las polillas *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* en almacén en Tarija. En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 471-473.

HODGES, R. W. & V. OSMARK. 1990. Nomenclature of some neotropical Gelechiidae (Lepidoptera). Proc. Entomol. Soc. Wash. (92)1: 76-85.

INTERCONSULT S. R. L. 1997. Proyecto para la producción, comercialización y mercadeo de *Baculovirus phthorimaea*. Cochabamba, Bolivia. 77 p.

IPORRE, G. & C. LLANOS. 1996. Control químico de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* en campo. En: Informe Anual 1995-96 IBTA -PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.63-III.E. 66.

IPORRE, G., J. PEREZ. 1995. Identificación y cuantificación del daño causado por la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* en Potosí. En: Informe Anual 1994-95 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.49-III.E.50.

LINO, V. 1994. Control de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) en almacén; y fluctuación poblacional adulta, en el valle de Mizque. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Forestales y Veterinaria "Martín Cárdenas". Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 88 p.

LINO, V., R. CALDERÓN, L. MENDOZA. 1995 a. Liberación y evaluación de *Copidosoma* sp. en Mizque (Cochabamba). En: Informe Anual 1994-95 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.42-III.E. 43.

LINO, V., R. CALDERÓN, L. MENDOZA, E. GANDARILLAS. 1995 b. Control químico en campo, en Mizque (Cochabamba). En: Informe Anual 1994-95 IBTA.PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.43-III.E.44.

LINO, V., L. MENDOZA, S. GONZALEZ, E. GANDARILLAS. 1995 c. Eficiencia de dos tipos de almacenes para el control de la polilla de la papa, Mizque (Cochabamba). En: Informe Anual 1994-95 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.45-III.E. 47.

LINO, V., W. GARCIA, L. MENDOZA, J. PEREZ, CIP. 1995 d. Evaluación de material genético. En: Informe Anual 1994-95 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.51 y III.E.53.

- LINO, V., R. CALDERÓN, E. GANDARILLAS, S. MACHICAO. 1996.** Efecto de los componentes del Manejo Integrado de la población de *Phthorimaea operculella* en Mizque (Cochabamba). En: Informe Anual 1995-96 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp.III.E.60-III.E.62.
- LINO, V., R. CALDERÓN, J. PEREZ, FEDECOAC. 1997a.** Manejo Integrado de la Polilla de la Papa *P. operculella* en almacén y campo (Prov. Capinota, Cochabamba) . En: Informe Anual 1996-97 IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 495-497.
- LINO V., R. CALDERÓN, D. MONTENEGRO, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1997b.** Fluctuación poblacional y control en campo de *P. operculella*. En: Informe Anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 503-505.
- LINO, V., R. CALDERÓN, L. CRESPO, CEDEAGRO. 1998a.** Manejo Integrado de la polilla *P. operculella* en almacén y campo, Mizque, Cochabamba. En: Informe anual 1997-98 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- LINO, V., R. CALDERÓN, PRECONAT, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), S. Acarapi. 1998b.** Fluctuación poblacional de *P. operculella* en campos de tomate y papa. En: Informe anual 1997-98 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- LINO, V., R. CALDERÓN, L. CRESPO, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1998c.** Identificación de polillas en almacén. En:Informe anual 1997-98 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- LINO, V., L. CRESPO, J. PEREZ, C. DURAN. 1999 a.** Evaluación del Baculovirus con la polilla del tomate (STZ). En: Informe Anual 1998-99 Proyecto-MIP- Polilla, Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 3 p.
- LINO, V., R. CALDERÓN, L. CRESPO, J. PEREZ. 1999 b.** Promoción del bioinsecticida MATAPOL. En: Informe Anual Proyecto Fábrica de Baculovirus, Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- LINO, V., R. CALDERÓN, L. CRESPO. 2000.** Convenios para su distribución, seguimiento de uso adecuado y comercialización. Presentación en Santa Cruz. En: Informe anual 1999-2000 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 2p.
- MACHICAO, S., V. LINO, R. CALDERÓN, E. GANDARILLAS. 1996 a.** Efecto de diferentes formas de aplicación del *Baculovirus phthorimaea* en el control de polilla en almacén. En: Informe Anual 1995-96 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. III.E.56-III.E.59.
- MACHICAO, S., V. LINO, R. CALDERÓN, J. FRANCO, J. PEREZ. 1996 b.** Determinación del TL50 con diferentes dosis de *Baculovirus phthorimaea*. En: Informe anual 1995-96 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.52-III.E.55.
- MARQUEZ, C. 1987.** Efecto del verdeamiento de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. sobre la biología del minador de la hoja del tabaco *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) En: Congreso Venezolano de Entomología (Oct., 1987, Maracay, Ven). Resúmenes. Maracay, Venezuela. Sociedad Venezolana de Entomología/UCV-Facultad de Agronomía. P.28-29.
- MIHM, J. 1984.** Técnicas eficientes para la crianza masiva e infestación de insectos, en la selección de plantas hospedantes para resistencia al Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. CIMMYT, FAO. México.
- OJEDA, P. D. ; CASTRO, R. A. 1971.** Introducción al estudio de los Gelechidos en el Norte del Perú. Rev. Per. Ent. Lima, Perú. 15 (1): 41-47.
- OSMELAK, J. A. 1987.** The tomato stemborer *Symmetrischema plaesiosema* (Turner), and the potato moth *Phthorimaea operculella* (Zeller), as stemborers of pepino: First Australian Record. Plant. Prot. Quart. 2, 44.

PALACIOS, L. M.; SOTELO, G.; SAENZ, E. 1997. La Polilla de la Papa *Tecia solanivora* (Povolny). En: Primer Seminario Taller Internacional sobre Manejo Integrado de *Tecia solanivora* del 1 al 4 de septiembre de 1997, en Ibarra- Ecuador, Ibarra, Ecuador. pp. 1-22.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE LA PAPA (IBTA-PROINPA). 1995. Encuesta de agricultores de Mizque sobre la polilla de la papa y el Baculovirus (Marzo a Abril de 1995). Dptos. de Ciencias Sociales y Entomología. Cochabamba, Bolivia. 60 p.

RADCLIFFE, E. B. 1982. Insects pests of potato. Annual Review of Entomology. 27: 173-204.

RAMAN, K. V. 1988. Manejo Integrado de Plagas de la Papa en los Países del Tercer Mundo. Circular Centro Internacional de la Papa. Vol. 16, No.1. Lima, Perú.

ROCHA, R.; BYERLY, K. F.; BUJANOS, R.; VILLAREAL, M. 1990. Manejo Integrado de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) en Bajío, Mexico. Mexico D. F., INIFAD/PRECODEPA. 52 p.

RODRIGUEZ, W., R. ANDREW. 1993. Manejo integrado de la polilla de la papa *P. operculella* en el valle de Mizque. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 184-186.

SANCHEZ, V. G.; C. AQUINO. 1986. La Polilla de la Papa *Symmetrischema plaesiosema* (Turner, 1919). Boletín Técnico. Año V. No. 1. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Lima, Perú. 21 p.

SOSA-GOMES, F. MOSCARDI. 1994. Desarrollo de resistencia de insectos a Baculovirus EMBRAPA-CNPS. Londrina-Paraná, Brasil.

TENORIO, P. F. 1999. Dosis de *Baculovirus phthorimaea* para el control de *Copitarsia* sp. en el cultivo de la quinua. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias "Martín Cárdenas". Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 66 p.

ZURITA, Y., R. ANDREW. 1993. Uso de feromonas sexuales para dinámica poblacional de *P. operculella*, trampeo y evaluación, trampeo masal y por confusión de machos. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 181-183.

ZURITA, Y., R. ANDREW, CENDA, ASTEC. 1993. Información complementaria sobre *P. operculella*, daño, impacto de las alternativas de control, transferencia de tecnología. En: Informe Anual 1992-93 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 187-192.

ZURITA, Y. 1994. Etología de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller) en el Valle de Mizque (Cochabamba). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 112 p.

ZURITA, Y., R. ANDREW. 1994 a. Liberación y evaluación de *Copidosoma* sp. Control de *P. operculella* en almacén: Selección de semilla, destrucción de semilla infestada, tratamiento de tubérculos. En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.50- III.E.56.*

ZURITA, Y., R. ANDREW. 1994 b. Uso de feromonas sexuales. Dinámica poblacional. Control masal y confusión de machos. En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.57-III.E.60.

ZURITA, Y., R. ANDREW. 1994 c. Control biológico en campo utilizando *Copidosoma* sp. En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.64- III.E.66.

ZURITA, Y., R. ANDREW. 1994 d. Evaluación del daño de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* al follaje. En: Informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. III.E.67- III.E. 68.

PROINPA es una organización sin fines de lucro cuya misión es promover la innovación tecnológica para la competitividad de cultivos andinos, la seguridad alimentaria y la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos para beneficio de los productores agropecuarios en su conjunto.

Para cumplir su misión **PROINPA** genera, valida y difunde información, productos y servicios buscando la colaboración y/o financiamiento de organizaciones públicas y privadas tales como: ministerios, prefecturas, municipios, agencias financieras, ONGs, empresas, profesionales, fundaciones, universidades y asociaciones de productores con los cuales **PROINPA** tiene convenios.

Oficina Central Cochabamba: Av. Blanco Galindo km 12.5, calle C. Prado s/n
Teléfonos: (00591 - 4) 4360800 / 4360801 • Fax: (00591 - 4) 4360802
E-mail: proinpa@proinpa.org • Web: www.proinpa.org

La Paz: Teléfono/Fax: 2416966 • E-mail: proinpa@proinpalp.org
Sucre: Teléfono/Fax: 6912905 • E-mail: propachs@mara.scr.entelnet.bo
Potosí: Teléfono/Fax: 6223764 • E-mail: proinpt@cedro.pts.entelnet.bo
Santa Cruz: Teléfono/Fax: 3862051 • E-mail: comarapa@ciatbo.org
Tarija: Teléfono/Fax: 6643950 • E-mail: ibtatja@olivo.tja.entelnet.bo