



INFORME FINAL

Proyecto

Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú

Financiado por FONTAGRO

Preparado por Centro Internacional de la Papa



Abril 2011

Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú

Financiado por FONTAGRO



Consortio del proyecto

Centro Internacional de la Papa (CIP)

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA)



Datos Básicos

Título completo Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú

Número del Proyecto FTG/SF-0604-RG Fecha de firma del Proyecto Mayo 2007

Fecha Inicio Proyecto Junio 2007

Fecha Plazo Ejecución Original 2007-2010

Consortio

	Ejecutor Líder	Co-ejecutor 1	Co-ejecutor 2
Institución	CIP	INIAP	PROINPA
Dirección	Av. La Molina 1895, Lima 12	Avs. Eloy Alfaro No. 30-350 y Amazonas Edificio del MAG Piso 4 Quito	Av. Meneces s/n Km.4 (El Paso), Cochabamba
País	Perú	Ecuador	Bolivia
Investigador Líder	Dr. Jürgen Kroschel	Patricio Gallegos	Javier Franco
Teléfono	511-3175326 ext. 3070	593-2-2528650	591-4-4319595
Fax	511-3175326	593-2-2404240	591-4-4319600
Email	j.kroschel@cgiar.org	patricio.gallegos@iniap.gob.ec	jfranco@proinpa.org

Contenido

Resumen ejecutivo

- 1. Introducción y objetivos**
- 2. ILCYM, una herramienta para la toma de decisiones en Manejo Integrado de plagas**
- 3. Control biológico clásico para el control de *Tecia solanivora* en Ecuador**
- 4. Conociendo las interacciones del agroecosistema de papa como base para el desarrollo de un programa MIP**
 - 4.1 Efecto del uso de insecticidas en la biodiversidad de insectos y el rendimiento del cultivo de papa?*
 - 4.2 Diversidad vegetal del agroecosistema y su influencia en el control biológico de papa?*
- 5. Nuevas estrategias del Manejo Integrado de Plagas en la sierra central del Perú**
 - 5.1 Uso potencial de nematodos entomopatógenos en el MIP de papa*
 - 5.2 Barreras de plástico: una nueva alternativa para el control del gorgojo de los Andes*
 - 5.3 Atracticidas: una nueva alternativa para el control de las polillas de la papa*
- 6. Integración de los nuevos componentes de Manejo Integrado de Plagas**
- 7. Difusión de una nueva estrategia de Manejo Integrado de Plagas**
- 8. Anexos**
 - 8.1 Lista de personas involucradas en el proyecto*

Relación de láminas

1. Principales plagas y daños en el cultivo de papa. A) *Phthorimaea operculella*, B) *Symmetrischema tangolias*, C) *Tecia solanivora*, D) *Premnotrypes suturicallus*
2. Adultos de parasitoides de la polilla de la papa A) *Apanteles subandinus*, B) *Orgilus lepidus* introducidos al Ecuador para el control biológico clásico de *Tecia solanivora*
3. Parasitoides y predadores
4. Parcelas experimentales de papa: A) Campo con estructura y B) Campo sin estructura, en la comunidad de Nuñunhuayo, Jauja. C) Campo con bordes de *Brassica rapa* subsp. *campestris*, D) Campo con policultivos con haba, maíz y papa en el valle del Mantaro, Junín, Perú.
5. Nemátodos entomopatógenos. A) Juvenil infectivo, B) Larva de gorgojo de los Andes parasitada por *Heterorhabditis* sp. C) Reducción del daño de los tubérculos a la cosecha. D) Larva de gorgojo parasitada dentro del tubérculo.
6. Barreras de plástico para el control del gorgojo de los Andes. A) Agricultores recogiendo gorgojos que no ingresaron al campo de papa. B) Campo de papa con barrera de plástico, en Nuñunhuayo, Jauja, Junín, Perú
7. Metodología de aplicación del atracticida para el control de la polilla de la papa en campo, con una gota de 100 ul y 2500 gotas/ha.
8. Integración de los nuevos componentes del Manejo de Plagas. A) Campo de papa con haba, barrera de plástico y bordes de *Brassica*. B) Tubérculos tratados con talco *Bt* en condiciones de almacenamiento. C) Tubérculos de papa sin tratar dañados con polilla después de 5 meses de almacenamiento.
9. Acciones de capacitación y difusión de las nuevas alternativas de Manejo Integrado de Plagas. A) Hojas divulgativas, B) Manual de nematodos entomopatógenos, C) Cursos de capacitación teórico-práctico.

Relación de figuras

1. Evaluaciones del riesgo de *Tecia solanivora* utilizando el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa a nivel mundial.
2. Evaluaciones del riesgo de *Tecia solanivora* utilizando el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa de América del Sur desde Venezuela hasta Bolivia.
3. Evaluaciones del riesgo para *Symmetrischema tangolias* con el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa a nivel mundial.
4. Evaluaciones del riesgo para *Symmetrischema tangolias* con el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa de América del Sur desde Venezuela hasta Bolivia.
5. Parasitismo de *Copidosoma koehleri* de huevos, *Apanteles subandinus* y *Orgilus lepidus* de larvas, en las tres especies del complejo de polillas de la papa.
6. Rendimiento de papa y su porcentaje de reducción ocasionado por los daños de la pulgilla saltona *Epitrix yanazara*.
7. Evaluación de la susceptibilidad de larvas de *Premnotrypes vorax* ocasionada por aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos agrupados por país. Líneas verticales representan el error estándar del promedio.
8. Porcentaje de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes en campos con barrera de plástico y con manejo convencional en las comunidades de Ñuñunhuayo y Aymará. Barras indican el error estándar.
9. Porcentaje de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes en campos con barrera de plástico y con manejo convencional en las comunidades de Ñuñunhuayo y Aymará. Barras indican el error estándar.
10. Reducción de la población de los machos de la polilla de la papa por efecto del atracticida en diferentes áreas agroecológicas.
11. Efecto del Manejo Integrado de Plagas de papa con nuevas alternativas de control A) Daños del gorgojo de los Andes a la cosecha, B) Rendimiento de papa.
12. Esquema del Manejo Integrado de Plagas de Papa con nuevos componentes de control.
13. Porcentaje de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes a la cosecha en parcelas con barreras de plástico y parcelas del agricultor con manejo convencional en 9 comunidades del valle del Mantaro.

Relación de cuadros

1. Número de insectos de tres grupos funcionales monitoreados con diferentes métodos de evaluación en parcelas tratadas (I) y no tratadas (C) con insecticidas en sistemas de producción de papa en Huasahuasi y el valle del Mantaro, Perú
2. Efecto de los insecticidas en la reducción de la abundancia de controladores biológicos en dos agroecosistemas en la sierra central del Perú.
3. Insectos fitófagos colectados con diferentes métodos de evaluación en campos de papa con diferente complejidad del paisaje y dos altitudes en el valle del Mantaro, Perú.
4. Enemigos naturales colectados con diferentes métodos de evaluación en campos de papa con diferente complejidad del paisaje y dos altitudes en el valle del Mantaro, Perú.
5. Patogenicidad y potencial reproductivo de aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos en las principales plagas de papa.
6. Efecto de la aplicación de nematodos entomopatógenos en el control del gorgojo de los Andes en campo.
7. Coeficiente de impacto ambiental (EIQ) en campos del agricultor con el manejo convencional de uso de insecticidas para el control del gorgojo de los Andes y en campos con barreras de plástico. Ñuñunhuayo, 2007.
8. Actividades de capacitación y difusión de nuevas alternativas del manejo Integrado de Plagas.

RESUMEN EJECUTIVO

La papa es el principal alimento de los pobladores Andinos. El gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.) y las polillas de la papa (*Phthorimaea operculella*, *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*) son las plagas claves que limitan la producción y la calidad de la cosecha en Bolivia, Ecuador y Perú. Los agricultores utilizan insecticidas muy tóxicos poniendo en riesgo su salud y el medio ambiente. Para contribuir con la solución del problema, el CIP y sus colaboradores de Ecuador y Bolivia, en el marco del proyecto financiado por FONTAGRO, han logrado desarrollar una nueva estrategia de Manejo Integrado con nuevas herramientas ecológicas para reducir el uso de insecticidas. Se desarrollaron los modelos fenológicos para las dos especies de polillas *S. tangolias* y *T. solanivora*, con los cuales se elaboró el software "Insect Life Cycle Modeling" (ILCYM), que es una herramienta de mucha utilidad para predecir el crecimiento potencial de poblaciones de plagas en diferentes agroecosistemas de papa, evaluar las zonas potenciales de riesgo en nuevas áreas de cultivo y predecir futuros cambios poblacionales debido al cambio climático. Un problema potencial en la región Andina es la expansión de *T. solanivora* en Sudamérica. Para lo cual se recurrió a la búsqueda de enemigos naturales en su país de origen (Guatemala), no lográndose recuperar ningún parasitoide de *T. solanivora* debido principalmente al uso de insecticidas para el control de otras plagas de papa; por ese motivo se realizó la introducción de los parasitoides *Apanteles subandinus* y *Orgilus lepidus* del CIP-Perú al Ecuador, los cuales presentan un buen potencial para realizar el control biológico clásico. Los enemigos naturales en la sierra central de Perú son muy escasos debido al excesivo uso de insecticidas de alta toxicidad, por lo que es necesario protegerlos brindándoles condiciones favorables. La vegetación es más diversa alrededor de 3250 msnm, la cual incrementa las comunidades de insectos de diferentes grupos funcionales. Al aumentar la diversidad vegetal se contribuye a la reducción de las poblaciones de otras plagas de follaje como *Epitrix* spp. Una estrategia de conservación y aumento de la fauna benéfica es mantener plantas aromáticas y florícolas cerca de sus cultivos. Para el caso del gorgojo de los Andes, el uso de nematodos entomopatógenos en campo es una potencial herramienta biológica para el control de larvas. Una nueva alternativa para el control de adultos es la barrera de plástico que controla eficientemente al gorgojo, reduciendo los daños significativamente a la cosecha sin aplicar insecticidas, reduce los costos, incrementa los beneficios para el agricultor y reduce el coeficiente del impacto ambiental. Para el caso de las polillas de la papa, el atracticida es un componente efectivo y viable para reducir las poblaciones de machos y consecuentemente disminuye significativamente los daños de los tubérculos en el campo y almacén. Con estas herramientas ecológicas se ha desarrollado un nuevo programa de Manejo Integrado de Plagas de papa para la zona Andina, el cual incluye el uso de barreras de plástico, atracticidas, incremento de diversidad funcional y el uso del talco *Bt* para el control de polilla en el almacenamiento, que demostró ser tan eficiente como el control químico, con las ventajas adicionales de proteger a los enemigos naturales y al ambiente. El conocimiento obtenido con el desarrollo del proyecto financiado por FONTAGRO ha permitido capacitar y difundir a más de 1500 personas en las nuevas tecnologías desarrolladas de MIP en Perú, Ecuador y Bolivia.

1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La papa constituye la dieta básica de la mayoría de poblaciones andinas, así como un cultivo comercial para los agricultores de la región. La papa es nutritiva y altamente productiva, aunque las pérdidas ocasionadas por las plagas, durante los períodos de cultivo y almacenamiento, son elevadas. El complejo de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*, *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*), que incluye 3 especies, así como varios Gorgojos Andinos de la Papa (*Premnotrypes* spp.), comprende las plagas más severas que afectan al cultivo de papa en Bolivia, Ecuador y Perú. Sin control, las pérdidas de estas plagas pueden llegar a más de 50% durante la fase de campo, y hasta 80% durante la fase de almacenamiento. Se estima que las polillas de la papa y los gorgojos de los Andes pueden producir pérdidas de hasta US\$500 a 1000 ha⁻¹ año⁻¹.

El empleo unilateral de plaguicidas para proteger el cultivo de papa contra estas plagas aumenta significativamente los costos de producción de este cultivo en los países andinos. Más aún, la aplicación de plaguicidas presenta riesgos tangibles para la salud humana, contribuye a la contaminación ambiental y origina a menudo plagas secundarias ante la eliminación de enemigos naturales. Además, la mayoría de agricultores de la región andina carece del conocimiento y equipos necesarios para obtener buenos resultados mediante el uso de plaguicidas químicos.

El complejo de la PTM está compuesto por tres especies de la familia Gelechiidae (Lepidóptera): La polilla de la papa común, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lámina 1A), se presenta a nivel mundial y está considerada como la plaga más dañina del mundo en desarrollo¹. Fue una plaga clave en la producción de papa en la región andina. De acuerdo a los estudios, *P. operculella* es principalmente un insecto de ambientes templados, donde el daño también puede ser severo para la planta de papa en crecimiento. Las papas plantadas durante el verano, en las regiones costeras del Perú, sufren fuertes ataques de plagas cuando no son tratadas. El Perú reporta pérdidas de hasta 50% en los cultivos comerciales.

Symmetrischema tangolias (Gyen) (Lámina 1B) reemplazó a *P. operculella* como la plaga más dañina en zonas de cultivo andinos. Al parecer, *S. tangolias*, se adapta mejor a condiciones ambientales más frías y a las regiones montañosas andinas de media y elevada altitud, y se ha convertido en la especie de polilla de la papa más importante en Perú y Bolivia durante las últimas décadas. Actualmente, la especie se ha expandido a la mayoría de zonas de producción de papa del Ecuador.

La polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* (Povolny) (Lámina 1C), se alimenta sólo de tubérculos, y no de las otras partes de la planta. Se originó en Guatemala y es endémica en toda Centroamérica. En 1983, la plaga se introdujo en Venezuela a través de semillas infectadas importadas de Costa Rica, y dos años más tarde invadió Colombia². Ante la ausencia de enemigos naturales, se estableció rápidamente en las zonas montañosas de ambos países, entre los 1,350 y 3,000 m de altura. Se reporta que en muchos casos, debido a infestaciones de *T.*

¹ Cisneros, F.M., P. Gregory. 1994. Potato pest management. Aspects of Applied Biology 39: 113-124

² Durán, O. 2001. La polilla guatemalteca de la papa y su manejo. Plagas y enfermedades de la papa. Boletín de Sanidad Vegetal, ICA, Caldas, Colombia.

solanivora, se perdió la mitad de la cosecha, miles de hectáreas quedaron no aptas para el cultivo, y toda la producción fue infestada y destruida. En Ecuador, *T. solanivora* fue vista por primera vez en 1996. Se esparció rápidamente hacia el interior del país, a través de los movimientos comerciales³. El descenso en la producción de papa en Ecuador, de un volumen aproximado de 60,000 ha en el año 1999, a 42,000 ha en el año 2000⁴, puede ser atribuido a los fuertes ataques de *T. solanivora*. En el año 2000, la polilla también llegó hasta las Islas Canarias (Tenerife). Desde entonces, la plaga es considerada una de las grandes amenazas del cultivo de papa en el sur de Europa, y figura en la lista de plagas en cuarentena de la Organización Europea y Mediterránea para la Protección de Plantas⁵. En el Perú no se ha reportado la presencia de esta especie de polilla. Sin embargo, el comercio no controlado de papa entre Ecuador y Perú es frecuente, lo que constituye un riesgo para una futura expansión de la plaga. En este sentido, Perú y otros países sudamericanos, como Bolivia, están tomando todas las medidas posibles, dentro de sus programas de cuarentena, para mantener a la plaga fuera del país.

El complejo de los gorgojos andinos de la papa (Coleoptera: Curulionidae), que incluye especies de tres géneros (*Premnotrypes*, *Phyrdenus Rigopsidius*), son las plagas más serias que afectan a la papa en las altas montañas (> 2,800 msnm) de la región andina que se extiende a lo largo de Chile, el noroeste de Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y parte de Venezuela. En esta región, especies silvestres y cultivadas de la papa son sus únicos hospederos. Varias especies del género *Premnotrypes*, que incluyen a *P. vorax*, *P. latithorax* y *P. suturicallus* (Lámina 1D) como los más importantes, son las de mayor distribución⁶. Comúnmente se presentan en altitudes entre los 2,800 y 4,200 msnm – elevaciones donde el cultivo de otras plantas es limitado - pero donde, al mismo tiempo, la papa constituye el alimento y cultivo comercial más importante. A estas alturas prevalece especialmente, *Solanum andigenum*, así como otras especies tuberíferas de *Solanum* spp., entre ellas, la papa amarga. La mayoría de especies de gorgojos de los andes se concentra en Perú y Bolivia, países que podrían ser considerados el centro de origen de estos gorgojos. Las tasas medias de daño varían entre 16 y 45%, mientras que sin insecticidas, podría dañarse hasta el 100% de los tubérculos, lo que llevaría a los agricultores a abandonar sus campos. La Organización Europea y Mediterránea para la Protección de Plantas (EPPO) incluye a los gorgojos de los andes como una plaga de cuarentena, con el potencial para adaptarse a los climas europeos, justificando así el posterior ingreso de procedimientos de cuarentena (EPPO).

³ INIAP. 1997. Primer Seminario Taller Internacional sobre manejo integrado de polilla Guatemalteca *Tecia solanivora*. INIAP, Ibarra, Ecuador

⁴ FAOSTAT 2006. <http://faostat.fao.org/faostat/>

⁵ EPPO 2005. European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.org/QUARANTINE/list.htm>.

⁶ Alcázar, J. F. Cisneros 1998. Taxonomy and bionomics of the Andean potato weevil complex: *Premnotrypes* spp. and related genera. In: Impact on a Changing World. Program report 1997-1998, International Potato Center (CIP), p 141-151

Objetivo general

Mejorar los medios de subsistencia de los productores de papa de bajos recursos de la región andina, reduciendo sustancialmente sus pérdidas económicas, causadas por plagas mayores e impactos de pesticidas, a través del desarrollo e implementación de estrategias MIP, ambientalmente confiables, a fin de mejorar la competitividad del cultivo, los sistemas sostenibles de producción de la papa y la salud humana.

Objetivos específicos

1. Desarrollar herramientas de toma de decisiones para MIP en sistemas de cultivos basados en la papa.
2. Mejorar la eficacia de los enemigos naturales para evitar la infestación por parte de plagas mayores de la papa.
3. Desarrollar intervenciones de MIP sostenibles basadas en el control biológico, control físico y atrácticas.
4. Validar y adaptar nuevos componentes de MIP en investigación acción ("action research") con agricultores y reducir las pérdidas económicas de éstos ocasionadas por las plagas de la papa.

A



B



C



D



ADULTOS

DAÑOS

Lámina 1. Principales plagas y daños en el cultivo de papa. A) *Phthorimaea operculella*, B) *Symmetrischema tangolias*, C) *Tecia solanivora*, D) *Premnotrypes suturicallus*

2 ILCYM, una herramienta para la toma de decisiones en Manejo Integrado de plagas

Introducción

Las plagas de insectos están formadas por organismos poiquilotérmicos que no son capaces de regular la temperatura de su cuerpo, por lo que su desarrollo depende de la temperatura del ambiente. Estos organismos requieren de una cantidad de calor específica para desarrollar y pasar de un estado a otro dentro de su ciclo de vida. Actualmente, debido a las variaciones climáticas de un año a otro, las fechas del calendario no representan una buena base para la predicción del crecimiento o rebrote de las poblaciones de las plagas para la toma de decisiones en el manejo de los cultivos. Sin embargo, medir la cantidad de calor acumulado durante un periodo, provee una valiosa información precisa en el aspecto biológico.

Los modelos fenológicos de insectos basados en la temperatura son herramientas analíticas importantes para la predicción, evaluación y comprensión de la dinámica de las poblaciones de plagas en agro-ecosistemas bajo una variedad de condiciones ambientales. El CIP ha desarrollado un modelo fenológico basado en la temperatura para la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) que predice satisfactoriamente parámetros de la tabla de vida para diferentes zonas agroecológicas⁷, validados con datos de campo y laboratorio. Además, predice el riesgo de establecimiento y la actividad potencial de las plagas en agroecosistemas específicos de acuerdo a los registros de temperatura. El modelo vinculado a los sistemas de información geográfica (GIS), permite la simulación de índices de riesgo a una escala mundial o puede ser utilizado para predecir futuros cambios en los índices a consecuencia del calentamiento global⁸.

Objetivo

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar modelos fenológicos para las otras dos especies de polillas, *S. tangolias* y *T. solanivora*. Los modelos ayudan a predecir la habilidad de los insectos para expandirse a nuevas zonas de la región andina y mundial. Dada la especificidad de los agentes de biocontrol para todas las especies, los modelos fenológicos contribuirán a una planificación más enfocada específicamente en las especies, sobre las acciones de MIP y la evaluación de riesgo.

⁷Sporleder M., Kroschel J., Gutierrez-Quipe M.R., Lagnaoui A. 2004. A temperature-based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33:477-486.

⁸ Sporleder M., Kroschel J., Simon R. 2007. Potential changes in the distributions of the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller, in response to climate change by using a temperature-driven phenology model linked with geographic information systems (GIS). pp. 360-361, XVI International Plant Protection Congress. BCPC, Hampshire, UK, Glasgow, UK.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de los modelos fenológicos de *S. tangolias* y *T. solanivora*, se realizó las tablas de vida (desarrollo y mortalidad de los estados inmaduros y reproducción) para ambas especies a temperaturas constantes (desde 10, 15, 20, 25 y 30°C) en Perú y Ecuador, respectivamente. Además, se registró la tabla de vida de ambas especies bajo temperaturas fluctuantes para la validación del modelo, así como la calibración de los modelos para las tres especies *P. operculella*, *T. solanivora* y *S. tangolias* utilizando el software "Insect Life Cycle Modeling" (ILCYM). Además, se ha implementado un programa (DIVA-GIS) como parte del software para producir mapas que indiquen el crecimiento potencial de las poblaciones de las polillas, en las diferentes zonas del cultivo de papa. Posteriormente, luego de haber probado el software, se ha promocionado esta herramienta a nivel de programas nacionales e instituciones no gubernamentales para su aplicación a nivel de campo.

Resultados

Un ejemplo del desarrollo de los modelos fenológicos se presenta para *S. tangolias*. El umbral mínimo teórico para el desarrollo de huevos, larva y pupa fueron 7.3, 5.8, y 10.8°C, y con un requerimiento de 107.5, 434.8 y 128.2 grados días respectivamente. La temperatura óptima para la sobrevivencia e incremento de las poblaciones estuvo dentro del rango de 15-20°C. La mayor fecundidad fue alrededor de 15°C. En estas circunstancias, *S. tangolias* se adapta a condiciones de temperaturas frías lo cual nos podría ayudar a explicar porque *S. tangolias* ha llegado a ser la especie más importante del complejo de polilla de la papa en la región Andina. *T. solanivora* tiene características muy similares; la tasa de incremento está en el rango de 15 y 20°C y la mayor fecundidad alrededor de 15°C. En comparación con *S. tangolias*, la tasa de incremento diario es más alta, alrededor de 7,5%. Esta capacidad de multiplicarse rápidamente bajo condiciones óptimas podría explicar, junto con otros factores, los daños enormes que se observan periódicamente. El software ILCYM se encuentra en condiciones de predecir el crecimiento potencial de las poblaciones para las tres especies de polilla (*P. operculella*, *S. tangolias* y *T. solanivora*) en las diferentes zonas agroecológicas. En las figuras 1, 2, 3 y 4 se muestra el riesgo de la distribución de *T. solanivora* y *S. tangolias* a nivel mundial y en América del Sur desde Venezuela hasta Bolivia. Con relación a la promoción de esta herramienta, se han realizado tres cursos de capacitación sobre el uso y aplicaciones del software con los programas nacionales del Perú y Ecuador. Además, se ha desarrollado un manual y un CD del usuario que se encuentra disponible en sus versiones de español e inglés.

Con el apoyo del proyecto de FONTAGRO y el desarrollo del ILCYM se ha podido conseguir el financiamiento de otros proyectos en África como "*Predicting climate change induced vulnerability of African agricultural Systems to major insect pests through advanced insect phenology modeling, and decision aid development for adaptation planning*" en colaboración con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), el Centro Internacional de Fisiología y Ecología (ICIPE) y la Universidad de Hohenheim de Alemania, financiado por BMZ. Alemania.

Conclusiones

Se cuenta con modelos fenológicos para las dos plagas *Symmetrsichema tangolias* y *Tecia solanivora*; además del software "Insect Life Cycle Modeling" (ILCYM) que es una herramienta de mucha utilidad para predecir el crecimiento potencial de poblaciones de plagas en diferentes agroecosistemas de papa, evaluar las zonas potenciales de riesgo en nuevas áreas de cultivo y predecir futuros cambios poblacionales debido al cambio climático.

Publicaciones

- Beraun J., Juárez H. 2009. Estudio de la variación de la papa nativa en los últimos años y el efecto del cambio climático en una plaga y una enfermedad en el cultivo de la papa. Segunda Comunicación Nacional De Cambio Climático, Informe Final, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, 2009.
- Kroschel J., Sporleder M., Tonnang H.E.Z., Juárez H., Carhuapoma P., Gonzáles J.C., Simon R. 2011. Predicting climate change caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping. Journal of Agricultural and Forest Meteorology (Special Issue) (in press).
- Schaub B., Chavez D., Gonzáles J., Juárez H., Simon R., Sporleder M., Kroschel J. 2009. Phenology modeling and regional risk assessment for *Tecia solanivora*. En 15th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC), Lima, Perú. November 02 to 06, 2009. Book of abstracts p. 94.
- Sporleder M., Simon R., Gonzáles J., Chavez D., Juárez H., Mendiburu F. y Kroschel J. 2009. ILCYM-Insect Life Cycle Modeling - A temperature-based insect phenology modeling software with applications for regional and global pest risk and assessments mapping. International Potato Center, Lima, Perú.
- Sporleder M., Simon R., Juárez H., Kroschel J. 2008. Regional and seasonal forecasting of the potato tuber moth using a temperature-driven phenology model linked with geographic information systems. In: J. Kroschel & L. Lacey (eds.) Integrated Pest Management for the Potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) - A potato pest of global Importance. Tropical Agriculture - Advances in Crop Research 10. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany; 15-30.

Sporleder M., Tonnang H.E.Z., Carhuapoma P., Gonzales J.C., Juárez H., Kroschel J. 2011. Insect Life Cycle Modeling (ILCYM) software – a new tool for Regional and Global Insect Pest Risk Assessments under Current and Future Climate Change Scenarios. CABI Book publication (submitted).

Kroschel J., Sporleder M., Tonnang H.E.Z, Juárez H., Carhuapoma P., Gonzales J.C., R. Simon 2011. Predicting climate change caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping. Journal of Agricultural and Forest Meteorology (Special Issue) (submitted).

Informes institucionales

Schaub B., Chávez D., Sporleder M., Kroschel J. 2008. Population development of the Guatemalan moth *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) related to temperature: Life table studies and modeling. Working Paper (2007). International Potato Center. 23 p.

Sporleder M., Schaub B., Aldana G., Kroschel J. 2007. Temperature-dependent phenology of the Andean Potato Tuber Moth, *Symmetrischema tangolias* Gye (Lepidoptera; Gelechiidae), and Analysis of the Potential Population Growth. Working Paper (2007). International Potato Center. 21 p.

Presentaciones científicas

Kroschel J. 2010. "Application and Use of Insect Phenology Modeling for Invasive Species for Regional and Global Risk Assessments under Future Climate Change Scenarios". Potential Invasive Pests Workshop, Miami (Coconut Grove), Florida, USA, October, 11-14. University of Florida, IFAS.

Kroschel J. 2010. "Nuevas estrategias y perspectivas para el MIP de papa en la región andina" y "Aplicación y uso del modelamiento fenológico de insectos para la evaluación de riesgo a nivel regional y mundial de especies invasoras bajo diferentes escenarios de cambio climático". Seminarios en el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), Lima, Perú, Noviembre.

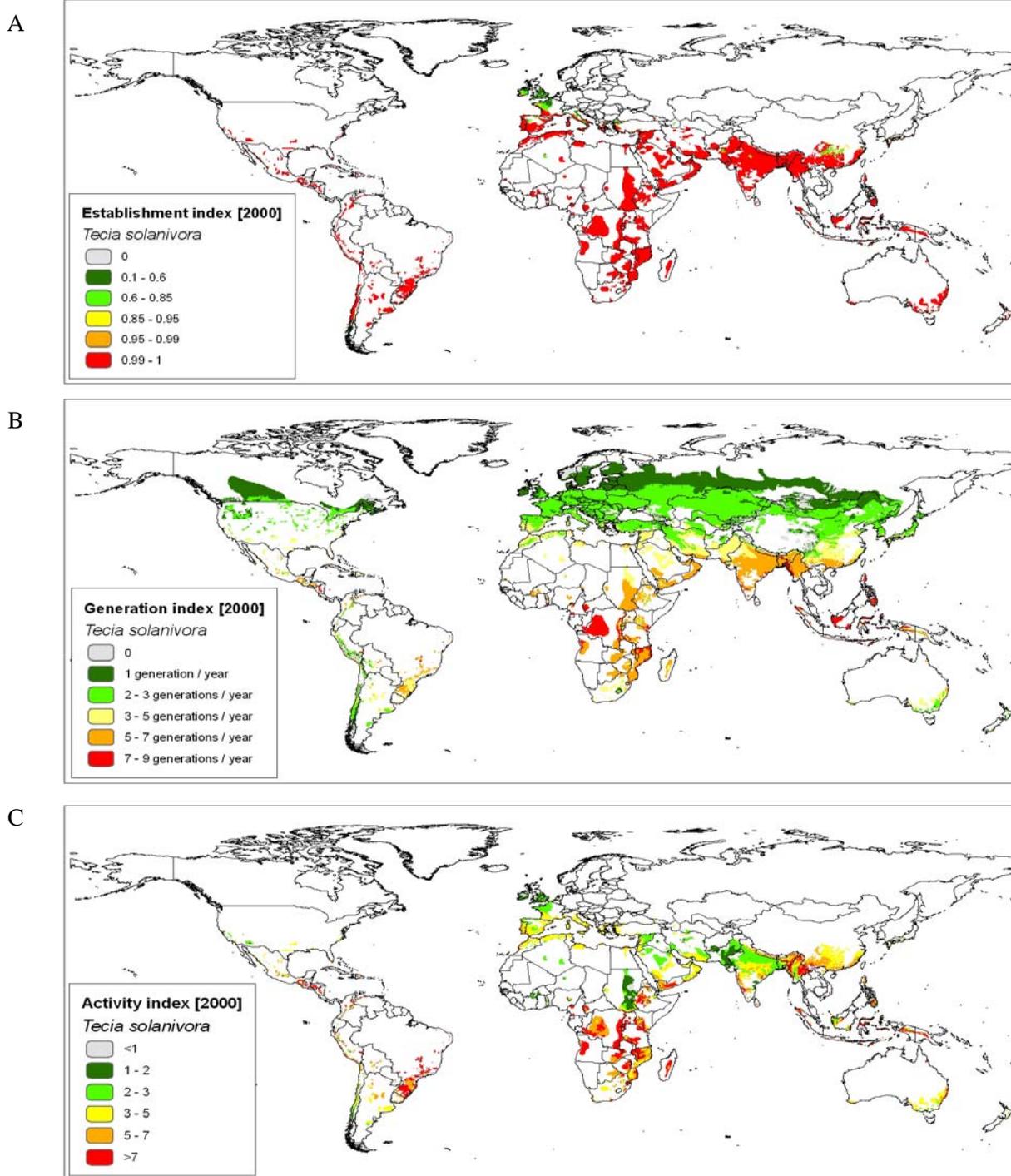


Figura 1. Evaluaciones del riesgo de *Tecia solanivora* utilizando el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa a nivel mundial.

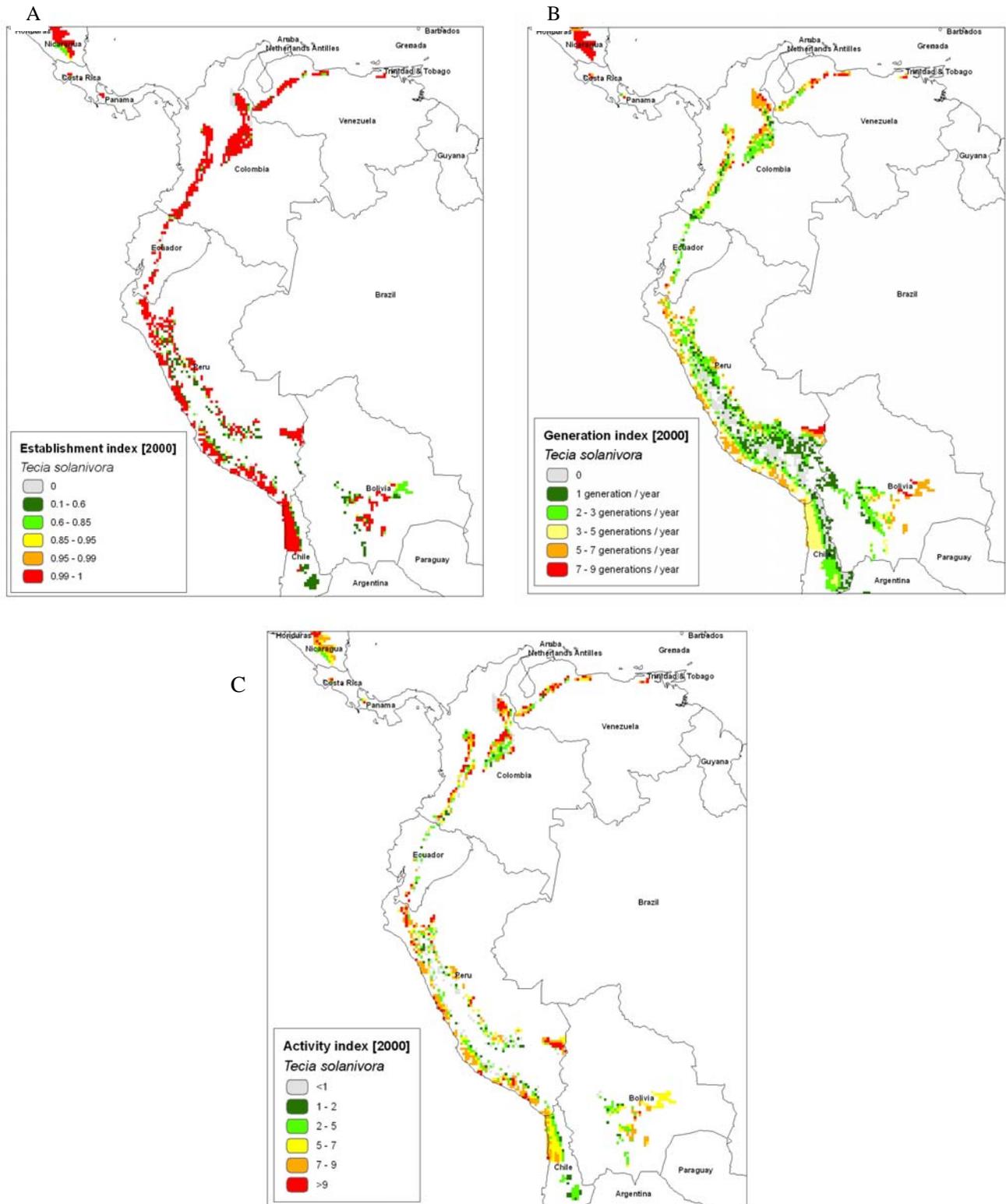


Figura 2. Evaluaciones del riesgo de *Tecia solanivora* utilizando el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa de América del Sur desde Venezuela hasta Bolivia.

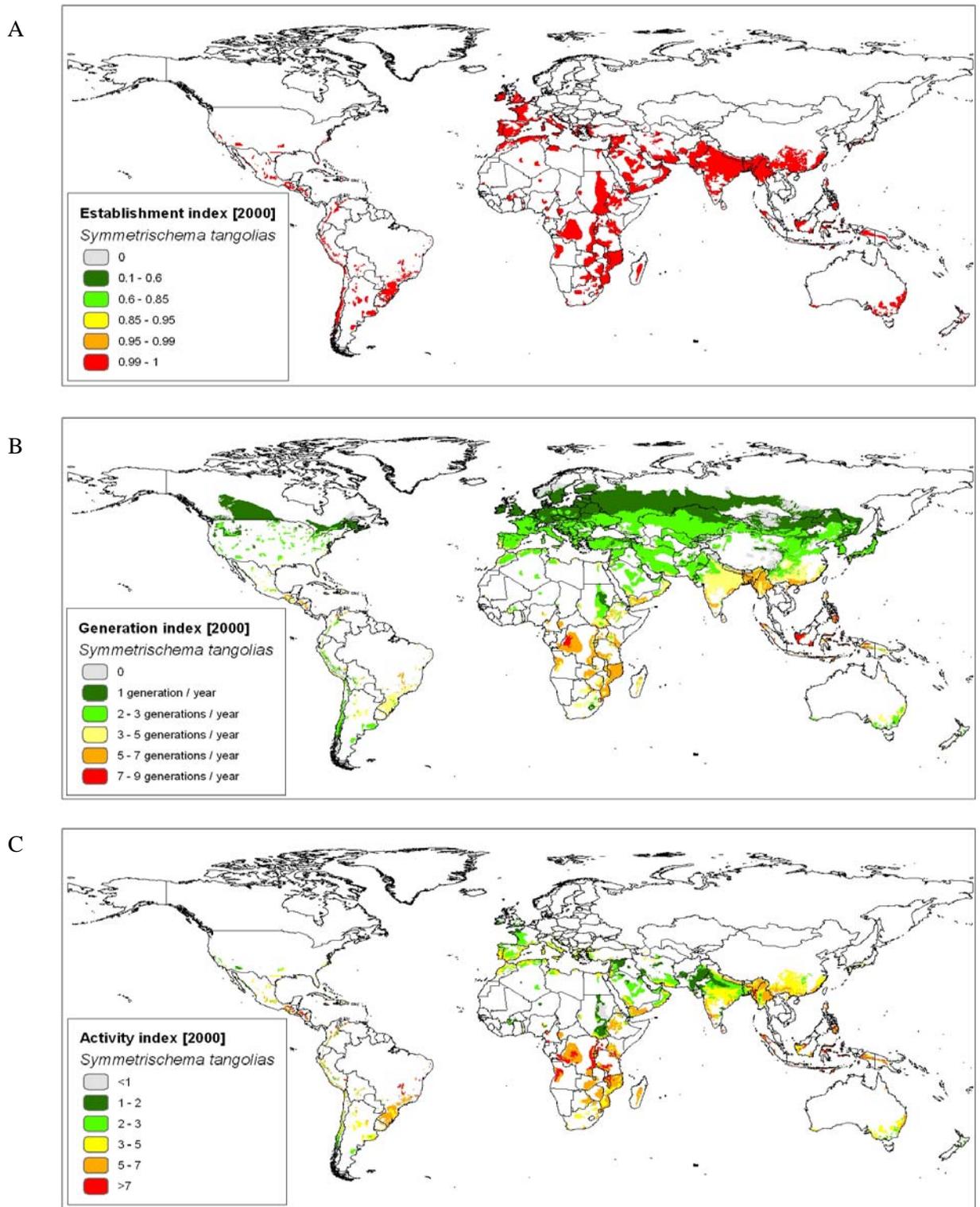


Figura 3. Evaluaciones del riesgo para *Symmetrischema tangolias* con el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa a nivel mundial.

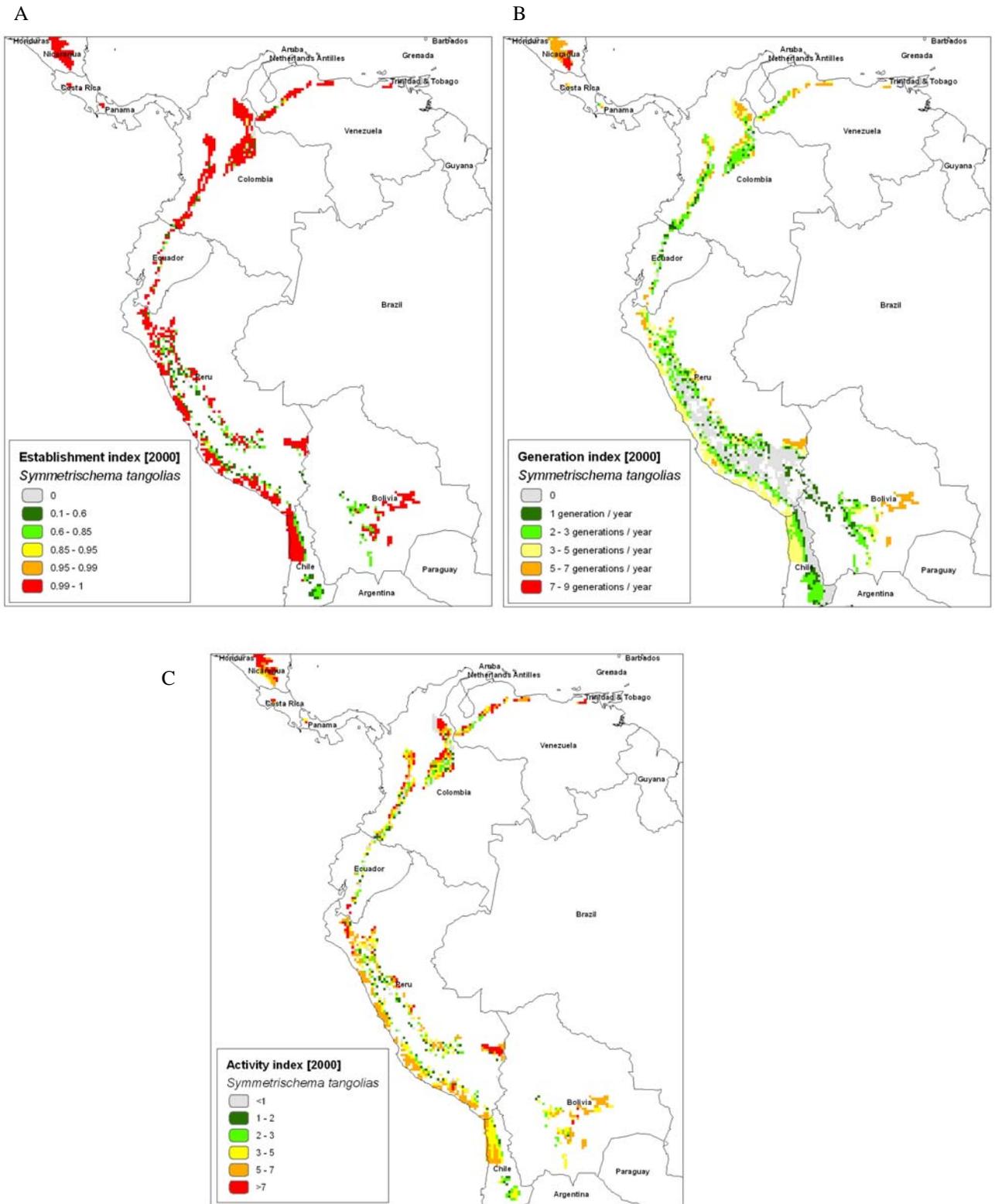


Figura 4. Evaluaciones del riesgo para *Symmetrischema tangolias* con el índice de riesgo establecido (A) índice de generación (B) índice de actividad (C) en sistemas de producción de papa de América del Sur desde Venezuela hasta Bolivia.

3 Control biológico clásico para el control de *Tecia solanivora* en Ecuador

Introducción

La polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* Povolny, se alimenta sólo de tubérculos, y no de las otras partes de la planta. Se originó en Guatemala y es endémica en toda Centroamérica. En 1983, la plaga se introdujo en Venezuela a través de semillas infectadas importadas de Costa Rica, y dos años más tarde invadió Colombia. Ante la ausencia de enemigos naturales, se estableció rápidamente en las zonas montañosas de ambos países, entre los 1,350 y 3,000 m de altura. En Ecuador, *T. solanivora* fue vista por primera vez en 1996. Se esparció rápidamente hacia el interior del país, a través de los movimientos comerciales⁹. El descenso en la producción de papa en Ecuador, de un volumen aproximado de 60,000 ha en el año 1999 a 42,000 ha en el año 2000¹⁰, puede ser atribuido a los fuertes ataques de *T. solanivora*. En el año 2000, la polilla también llegó hasta las Islas Canarias (Tenerife). Desde entonces, la plaga es considerada una de las grandes amenazas del cultivo de papa en el sur de Europa y figura en la lista de plagas en cuarentena de la Organización Europea y Mediterránea para la Protección de Plantas¹¹. En el Perú no se ha reportado la presencia de esta especie de polilla. Sin embargo, el comercio no controlado de papa entre Ecuador y Perú es frecuente, lo que constituye un riesgo para una futura expansión de la plaga. En este sentido, Perú y otros países sudamericanos, como Bolivia, están tomando todas las medidas posibles, dentro de sus programas de cuarentena, para mantener a la plaga fuera del país.

Objetivo

Con el propósito de evitar una posterior expansión de *T. solanivora* en los Andes, nuestro principal objetivo fue el control de la plaga en Ecuador, donde no existen los parasitoides como factores bióticos limitantes naturales¹², realizando la introducción de especies exóticas de parasitoides y la evaluación de su potencial en control biológico clásico de *T. solanivora* en los Andes.

Materiales y métodos

Se estableció un convenio con el Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA) en Guatemala para realizar la búsqueda, identificación y multiplicación de los parasitoides nativos de *T. solanivora* con la finalidad de poder realizar el control biológico clásico de esta plaga en el Ecuador.

⁹ INIAP. 1997. Primer Seminario Taller Internacional sobre manejo integrado de Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora*. INIAP, Ibarra, Ecuador.

¹⁰ FAO 1996. Code of conduct for the import and release of exotic biological control agents. FAO, Rome. FAOSTAT 2006. <http://faostat.fao.org/faostat>

¹¹ EPPO 2005. European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.org/QUARANTINE/lists.htm>

¹² Barragán A., Pollet A., Onore G., Gallegos P., Prado M., Ruiz C., Aveiga I. 2000. Distribución de la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) en el Ecuador. Memorias de las XXIV Jornadas Ecuatorianas de Biología. PUCE, Quito, Ecuador.

Se colectaron muestras de follaje dañado en campo, tubérculos a la cosecha, restos de papa infestadas, tubérculos dañados en almacenes con *T. solanivora* y *P. operculella*. Además, se instalaron parcelas de papa sin aplicaciones de insecticidas. Las muestras colectadas provienen de variedades comerciales y especies silvestres de papa tomadas en diferentes épocas del año en todos los departamentos paperos de Guatemala: Huehuetenango y Quetzaltenango en el altiplano occidental así como las zonas montañosas de Chimaltenango, Jalapa y Baja Verapaz. Además, en Ecuador se realizó la búsqueda de enemigos naturales en muestras de tubérculos de papa dañadas con *S. tangolias* y *T. solanivora*, colectadas en campo y en almacenes de las provincias del Chimborazo, Cotopaxi, Cañar y Carchi (2650 – 3646 msnm) con la finalidad de determinar la presencia de parasitoides nativos del Ecuador. Se utilizaron tres tipos de trampas: con posturas de polillas, con tubérculos infestados de polilla y trampas Malaise cebadas con tubérculos infestados.

El Centro Internacional de la Papa en Lima, Perú mantiene en crianzas masivas a los siguientes parasitoides de la polilla de la papa: *Apanteles subandinus* (Lámina 2A), *Orgilus lepidus* (Lámina 2B), *Dolichogenidea gelechiidivoris*, todos de la familia Braconidae y *Copidosoma koehleri* (Encyrtidae). Se realizó un estudio para determinar si los parasitoides mantenidos en crianzas masivas logran parasitar a *S. tangolias*, con la finalidad de poder realizar el control biológico clásico con esas especies en Ecuador. Se realizaron los trámites correspondientes de exportación e importación de insectos con las entidades gubernamentales de Perú y Ecuador para la introducción de *A. subandinus* y *O. lepidus*. Ambos parasitoides son multiplicados en crianzas masivas.

Resultados

En las 33 aldeas o comunidades evaluadas en campo y almacenes de papa a lo largo de todas las zonas paperas de Guatemala no se recuperó ningún parasitoide, solo se recuperaron adultos de *T. solanivora* y *P. operculella*. En las parcelas que se instalaron sin aplicaciones de insecticidas tampoco se logró recuperar ningún parasitoide, solo las dos especies de polillas de la papa tanto de follaje como de tubérculos.

En Ecuador, se realizaron 10 muestreos en almacenes y 18 muestreos en campo, encontrándose a la especie *C. koehleri* parasitoide de huevo y *Apanteles* sp. parasitoide de larvas en las localidades de Illuchi y Belisario Quevedo (Cotopaxi) respectivamente; ambas zonas con escasas precipitaciones y reducidas aplicaciones de insecticidas. *Apanteles* sp. emergió de larvas de *S. tangolias* (de las trampas Malaise) pero no pudo ser multiplicado por el poco número de individuos. Se logró establecer las crianzas masivas de las tres especies de PTM (*T. solanivora*, *S. tangolias* y *Phthorimaea operculella*) y de *C. koehleri*.

Con relación a los estudios para determinar si los parasitoides mantenidos en el CIP parasitan a *S. tangolias*, las pruebas en follaje no mostraron diferencias estadísticas en el parasitismo de las tres especies de braconidos estudiadas entre *P. operculella* y *S. tangolias*. Mientras que en las pruebas con tubérculos, *O. lepidus* presentó una preferencia significativa por *P. operculella*. Las otras dos

especies parasitaron tubérculos infestados similarmente por ambas polillas. En Ecuador se comprobó que las tres especies de parasitoides (*C. koehleri* encontrado en campo, *O. lepidus* y *A. subandinus* introducidos de Perú) parasitan a las tres especies de polillas, siendo *O. lepidus* el parasitoide que presentó mayor parasitación. Las polillas *S. tangolias* y *T. solanivora* mostraron porcentajes de parasitismo estadísticamente iguales (Figura 3).

Conclusiones

No se logró recuperar ningún parasitoide de *Tecia solanivora* en el lugar de origen (Guatemala). La introducción de los parasitoides *Apanteles subandinus* y *Orgilus lepidus* del CIP-Perú al Ecuador presentan un buen potencial de parasitismo y puedan ser liberados como parte del control biológico clásico de *Tecia solanivora*.

Lecciones aprendidas y perspectivas futuras

Los parasitoides que anteriormente han sido reportados para *Tecia solanivora* en Guatemala, debido a las aplicaciones de insecticidas que se realizan para otras plagas, han reducido sus poblaciones al punto de no recuperarlos. Es posible que estos se puedan encontrar en malezas que sean hospederas de esta plaga.

Relación de tesistas:

- Bartra More Carlos Arturo. 2009. Estudios biológicos y efecto de la temperatura sobre *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Universidad Federico Villarreal. Título de Licenciado en Biología.
- Castillo Ticse José Antonio. 2011. Efecto del parasitismo de *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidovoris* (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen), en tubérculos y follaje de plantas de papa. Universidad Federico Villarreal. Título de Licenciado en Biología.
- Dávila Peralta Waldo. 2011. Influencia de la temperatura en el ciclo biológico de *Apanteles subandinus* Blanchard (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller). Universidad Federico Villarreal. Título de Licenciado en Biología.
- Frugoni Baldassari Maria Cecilia. 2011. Efecto de la temperatura en el ciclo biológico de *Dolichogenidea gelechiidivoris* (MARSH) (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller). Universidad Federico Villarreal. Título de Licenciado en Biología.



A) *Apanteles subandinus*

B) *Orgilus lepidus*

Lámina 2. Adultos de parasitoides de la polilla de la papa A) *Apanteles subandinus*, B) *Orgilus lepidus* introducidos al Ecuador para el control biológico clásico de *Tecia solanivora*.

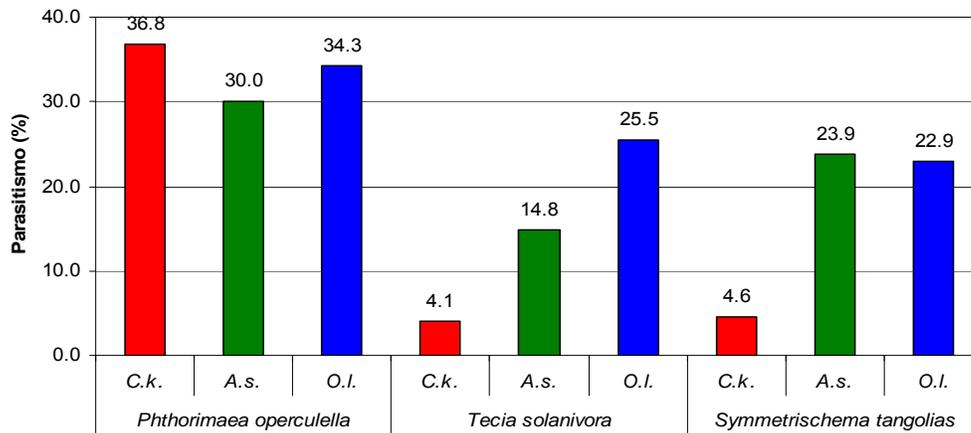


Figura 3. Parasitismo de *Copidosoma koehleri* de huevos, *Apanteles subandinus* y *Orgilus lepidus* de larvas, en las tres especies del complejo de polillas de la papa.

4 Conociendo las interacciones del agroecosistema de papa como base para el desarrollo de un programa MIP

4.1 Efecto del uso de insecticidas en la biodiversidad de insectos y el rendimiento del cultivo de papa

Introducción

En el cultivo de papa en la zona Andina, los agricultores realizan aplicaciones de insecticidas altamente tóxicos del grupo Ia y Ib (aldicarb, carbofuran, metomil, metamidofos) para el control de la principal plaga el gorgojo de los Andes *Premnotrypes suturicallus* Kuschel, ampliamente distribuido en toda la zona andina. Otra importante plaga corresponde a las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen.) nativas de la zona andina las cuales son controladas principalmente en almacén, sin embargo las infestaciones iniciales vienen del campo. En el Perú, una serie de enemigos naturales han sido reportados para el control de las plagas de papa que incluyen predadores de las familias de Carabidae, Coccinellidae, Nabidae, Lygaeidae, Chrysopidae y Syrphidae¹³. En el caso de parasitoides, tenemos reportados a *Apanteles subandinus* Blanchard, *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh), *Copidosoma koehlerii* Blanchard, e *Incamiya cuzcensis* Townsend como parasitoides de las polillas de la papa. Dependiendo de la complejidad y la riqueza de especies, los agroecosistemas pueden tener un buen potencial de control biológico así como incrementar la resiliencia de los ecosistemas¹⁴.

Objetivo

Es ampliamente conocido que los insecticidas tienen efectos adversos sobre los enemigos naturales y el objetivo de nuestra investigación fue evaluar el impacto de las aplicaciones de insecticidas a las plagas de papa sobre los enemigos naturales presentes en los agroecosistemas.

Materiales y métodos

Se realizaron experimentos en el valle del Mantaro y Ñuñunhuayo (3400 - 3850 msnm) y Huasahuasi (2800 – 3600 msnm) en Junín-Perú para evaluar el impacto de la aplicación de insecticidas. Se instalaron 5 campos experimentales en cada lugar con un área mínima de 1300 m² dividido en parcelas sin y con insecticidas (prácticas del agricultor). Se utilizaron técnicas de colección pasiva (trampas de caída) y activa (evaluación directa en planta y pasadas de red) para el monitoreo

¹³ Cisneros F. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Full Print S.R.L. 313 pp.

¹⁴ Risch S.J., Andow D.A., Altieri M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. Environ. Entomol. 12:625-629.

de la biodiversidad entomológica y el estudio del efecto de los tratamientos en las poblaciones de plagas de papa y el rendimiento a la cosecha.

Resultados

El impacto de los insecticidas en las plagas de papa mostró que sus poblaciones fueron reducidas en más de la mitad (55%) en las parcelas tratadas (Cuadro 1). Con relación a los enemigos naturales, el impacto es mucho mayor ya que en muchos lugares las poblaciones son muy escasas o nulas (Cuadro 2). La riqueza específica de la familia Curculionidae no fue afectada por las aplicaciones de insecticidas, sin embargo su abundancia fue reducida en un 65%. En los campos sin aplicaciones, otras especies incrementaron sus poblaciones, como por ejemplo la mosca del tallo (que probablemente sea *Phytoliriomyza papae*) a 3300 msnm y la ya conocida pulguilla saltona (*Epitrix yanazara*) la cual reduce el rendimiento del cultivo de papa hasta un 72% (Figura 4). Las poblaciones de los enemigos naturales fueron bajas en las zonas alto andinas. Se recuperaron 13 especies de parasitoides de larvas de *P. operculella* y *S. tangolias* (Lámina 3A) expuestas para ser parasitadas y muestras colectadas de campo, encontrándose entre 0.1 y 0.5% de parasitismo en todas las zonas de estudio. En el grupo de los predadores, los que viven en la parte aérea de la planta fueron muy escasos, no obstante los predadores epigeos, tales como los carábidos, los estafilinidos y las arañas, fueron abundantes pero debido principalmente a los hábitos que presentan, no se evidenció un efecto de las aplicaciones de insecticidas en el número de especies, dominancia o diversidad (Lámina 3B).

Conclusiones

Los enemigos naturales de las plagas de papa son muy reducidos en la sierra central de Perú debido principalmente al excesivo uso de insecticidas y de alta toxicidad. Es necesario utilizar métodos alternativos de control de plagas que respeten los enemigos naturales y realizar estrategias de conservación y aumento para un efectivo control natural de las plagas de papa.

Publicaciones

Kroschel J., Cañedo V. 2009. How do insecticides affect potato yield and ecosystem resilience to manage potato pest? An ecological assessment from the central highlands of Peru. En 15th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRIC), Lima, Peru. November 02 to 06, 2009. Book of abstracts p. 90.

Informes institucionales

Cañedo V., Alvarado J., Kroschel J. 2008. Impact of insecticides on potato yield and natural enemies of potato pests in the central highlands of Peru. Working paper, International Potato Center, 24 p.

Presentaciones científicas

Cañedo V., Alvarado J., Kroschel J. 2009. Impacto de los insecticidas en la biodiversidad de insectos en el cultivo de papa en la Sierra Central del Perú. L. Convención Nacional de Entomología. 8-12 de Febrero, 2009. Tacna, Perú. Resúmenes. p. 49.

Relación de tesis

Vásquez Vásquez Laura Elizabeth. 2011. Evaluación del efecto de Spinosad, *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* y nematodos entomopatógenos sobre la "Pulguilla de la papa" *Epitrix yanazara* Bechyné 1959 (Coleoptera: Chrysomelidae) en papa (*Solanum tuberosum*). Universidad Nacional de San Marcos. Tesis para Licenciado en Biología.

Cuadro 1. Número de insectos de tres grupos funcionales monitoreados con diferentes métodos de evaluación en parcelas tratadas (I) y no tratadas (C) con insecticidas en sistemas de producción de papa en Huasahuasi y el valle del Mantaro, Perú.

Grupo funcional	Métodos de evaluación	Huasahuasi			Valle del Mantaro		
		I	C	χ^2	I	C	χ^2
Fitófagos	Directa por planta	193	615	***	1989	4133	***
	Pasada de net	25	21	ns	1331	2655	***
	Trampa de caída	1350	2844	***	1468	3957	***
Parasitoides	Directa por planta + pasada de net	35	45	ns	120	225	***
Predadores	Directa por planta	68	131	***	55	112	***
	Directa por planta ¹	26	50	ns	35	84	***
	Pasada de net	(-)	(-)		40	41	ns
	Trampa de caída ²	1654	2654	***	871	752	**
	Trampa de caída ¹	335	453	***	162	197	ns

I = Insecticidas, C = Control; ¹Araneae, ² Principalmente Carabidae y Staphylinidae

Cuadro 2. Efecto de los insecticidas en la reducción de la abundancia de controladores biológicos en dos agroecosistemas en la sierra central del Perú. A) Parasitoides, B) Predadores.

A

Parasitoides	Huasahuasi (msnm)					Valle del Mantaro (msnm)				
	3600	3500	3400	3300	2800	3850	3800	3400	3300	3250
<i>Aphidius</i> sp.1	(-)	ns	(-)	(-)	ns	ns	(-)	*	ns	***
<i>Dolichogenidea gelechiidivoris</i>	(-)	ns	(-)	(-)	(-)	(-)	ns	ns	(-)	ns
<i>Aphidius</i> sp.2	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	ns	(-)	(-)	(-)	(-)
<i>Copidosoma koehleri</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	ns	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
<i>Thymebatis</i> sp.1	ns	ns	ns	ns	(-)	ns	ns	ns	(-)	ns
<i>Thymebatis</i> sp.2	ns	ns	ns	ns	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	ns
<i>Incamiya</i> sp.	***	ns	*	ns	***	ns	*	ns	(-)	*

(-) no se encontró, *** $P < 0.001$ reducción altamente significativa, * $P < 0.05$ reducción significativa, ns=no significativa

B

Predadores	Huasahuasi (msnm)					Valle del Mantaro (msnm)				
	3600	3500	3400	3300	2800	3850	3800	3400	3300	3250
<i>Pelmatellus</i> sp.2	***	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Pelmatellus columbianus</i>	***	ns	ns	***	*	ns	***	ns	(-)	(-)
<i>Blennidus</i> sp.2	ns	(-)	(-)	(-)	(-)	***	**	*	(-)	ns
<i>Incagonum</i> sp. (cerca chilense)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(-)	(-)	**	ns
<i>Platycheirus saltana</i>	ns	ns	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	ns	(-)	(-)
Staphilindae sp. 1	*	ns	ns	ns	ns	ns	(-)	(-)	ns	ns
Staphilindae sp. 6	***	ns	*	***	ns	*	ns	ns	ns	ns

(-) no se encontró, *** $P < 0.001$ reducción altamente significativa, ** $P < 0.01$ reducción moderadamente significativa, * $P < 0.05$ reducción significativa, ns=no significativa

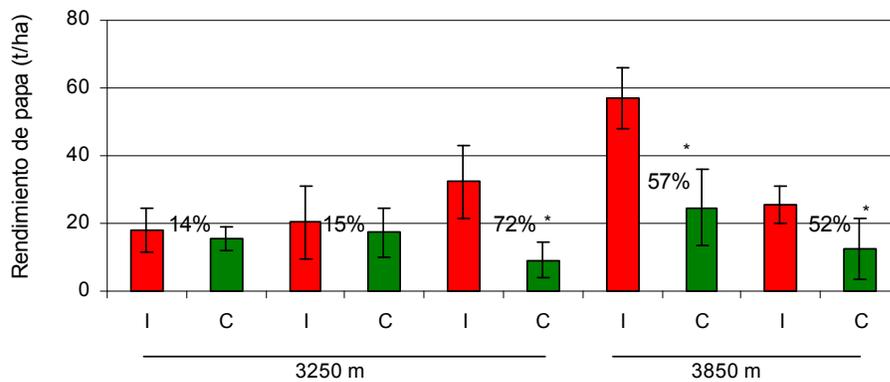


Figura 4. Rendimiento de papa y su porcentaje de reducción ocasionado por los daños de la pulgilla saltana *Epitrix yanazara*. I = con aplicación de insecticidas, C = Control. Barras verticales representan el error estándar del promedio, * = diferencias significativas $P < 0.05$

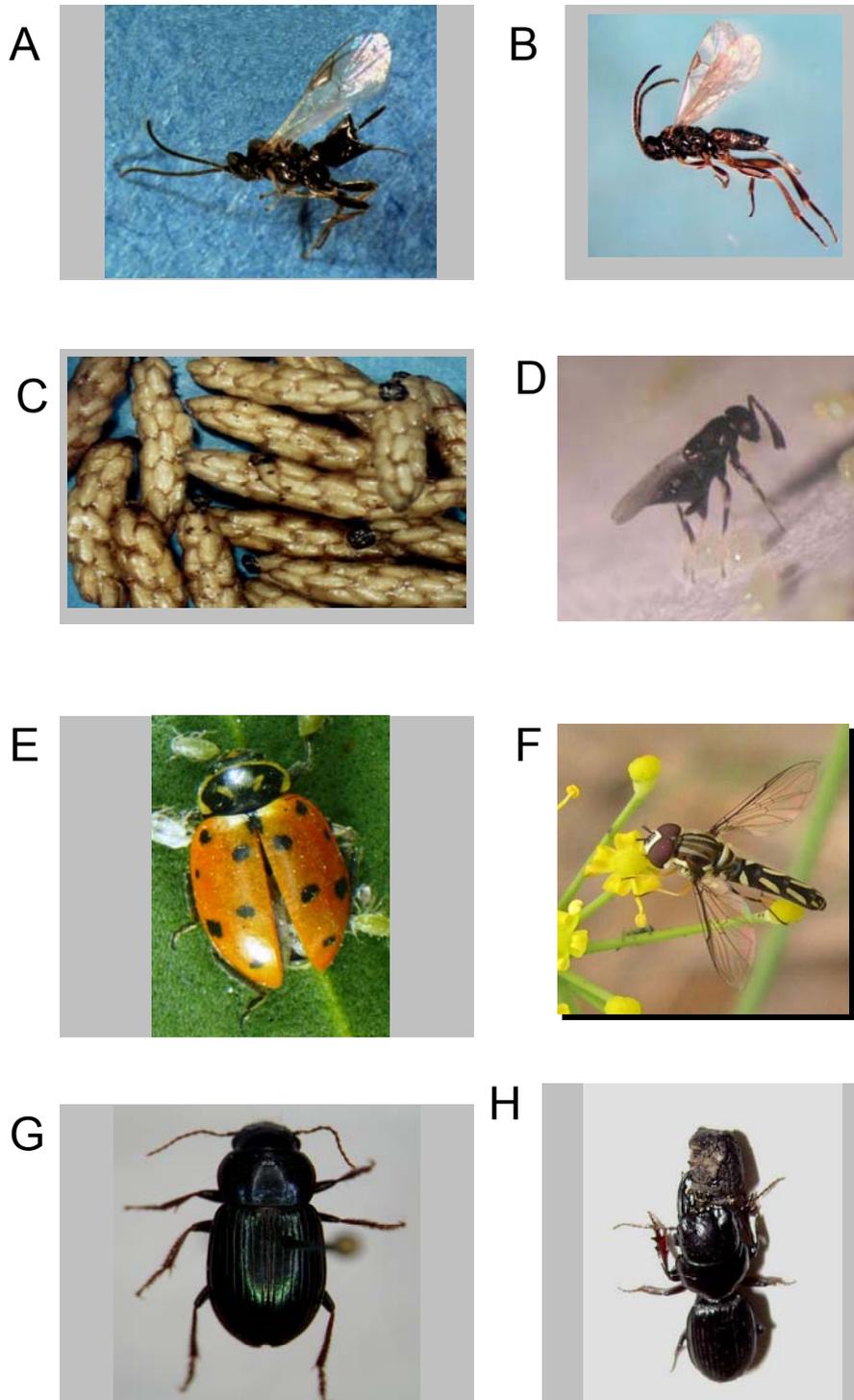


Lámina 3. Enemigos naturales de las plagas de papa. A) *Dolichogenidea gelechiidivoris*, B) *Apanteles* sp. C) Momias de *Copidosoma koehleri*, D) Hembra de *C. koehleri* ovipositando sobre huevos de polilla, E) *Hippodamia convergens*, F) *Allograpta neotropica*, G), *Notiobia (Anisotarsus) peruviana*, H) *Scarites* sp.

4.2 Diversidad vegetal del agroecosistema y su influencia en el control biológico de papa

Introducción

La conservación e incremento de los enemigos naturales para mantener a las poblaciones de plagas bajo el umbral de control constituye uno de los principales elementos de cualquier programa de MIP. En condiciones ideales, el agroecosistema debería desarrollarse de modo que funcione en forma autorregulatoria para contrarrestar las plagas y enfermedades y lograr una producción de buena calidad y alto rendimiento, con un impacto mínimo sobre el medio ambiente¹⁵. Los agroecosistemas con una mayor diversidad estructural, vegetación natural con arbustos y árboles alrededor de los campos agrícolas brindan un mayor potencial para la autorregulación. En este contexto, la comunidad de malezas ofrece a varios insectos benéficos un suplemento rico en nutrientes. En los Andes se han reportado una amplia gama de insectos benéficos¹⁶, aunque aún no se ha estudiado su impacto sobre las poblaciones de plagas.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la interrelación entre las plagas y enemigos naturales con la diversidad vegetal presente en la diversidad estructural del paisaje. Se pondrá especial énfasis en el papel de la comunidad de malezas para conservar y aumentar los insectos benéficos, una estrategia emergente de amplia aceptación en Europa, con miras a reducir el uso de pesticidas¹⁷.

Materiales y métodos

Se realizaron experimentos en el valle del Mantaro (3250 msnm) y en Ñuñunhuayo (3850 msnm), Junín-Perú para estudiar la composición de la estructura vegetal del paisaje e identificar aquellas plantas que ofrecen servicios ecológicos a los enemigos naturales en el cultivo de papa. En cada lugar, se seleccionaron dos campos de aproximadamente 1300 m²; uno rodeado con abundante vegetación natural (paisaje complejo) (Lámina 4A) y otro con pobre vegetación natural (paisaje simple) (Lámina 4B). Para la caracterización del paisaje, se siguió el método de Braun-Blanquet que considera la identificación de todas las plantas en un área específica. Para la composición florística, el tamaño de los cuadrantes dependió de la forma de crecimiento: para las herbáceas fue 1 m², para arbustos fue entre 4 m² y 16 m² dependiendo de la zona y para árboles fue 25 m². Para la evaluación de malezas y composición florística se utilizó el método de cuadrantes de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) en todo el campo. Se utilizaron técnicas de colección

¹⁵ Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Ann. Rev. Entomol.* 45:175–201.

¹⁶ Cisneros F. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Full Print S.R.L. 313 pp

¹⁷ Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43:77-89.

pasiva (trampas de caída) y activa (evaluación directa en planta y pasadas de red) para el monitoreo de la biodiversidad entomológica y el estudio del efecto de los tratamientos en las poblaciones de plagas de papa y el rendimiento a la cosecha.

Para mejorar la eficacia de los enemigos naturales y reducir la infestación de plagas, se instalaron experimentos para evaluar el efecto del incremento de diversidad funcional: 1) bordes: campo de papa rodeado con 1m de *Brassica rapa* subsp. *campestris* (Lámina 4C), 2) policultivos: papa, haba y maíz, ambos tratamientos rodeados con una barrera de plástico (Lámina 4D), 3) campo con el manejo convencional del agricultor y 4) testigo absoluto. Estos ensayos se llevaron a cabo en el valle del Mantaro (3300 msnm) en campos descansados o en rotación, 4 localidades en el primer año y 2 en el segundo año, con un área de 2200 m²/localidad. Los tratamientos fueron separados con una barrera de 2 m de plantas de girasol. Se utilizaron técnicas de colección pasiva y activa para el monitoreo de la biodiversidad entomológica, plagas de papa y enemigos naturales, así como el rendimiento a la cosecha.

En forma paralela, se planteó la evaluación de diferentes tipos de plantas entre florícolas y aromáticas con la finalidad de que el productor pueda darle un uso comercial al borde utilizado. Ocho plantas con tres repeticiones en parcelas de 9 m² por especie fueron evaluadas. Se determinó la biodiversidad de especies mediante las trampas de caída y la pasada de red.

Resultados

En la evaluación de la estructura del paisaje en la abundancia y diversidad de las plagas y enemigos naturales en papa, se determinaron 122 especies de plantas que incluían gramíneas (22 especies, 18%), hierbas (79 especies, 64.8%), arbustos (16 especies, 13.1%) y árboles (5 especies, 4.10%) en las zonas donde se evaluaron. La distribución de estas plantas estuvo influenciada por la altitud, siendo más diversa en la parte más baja: 63 plantas (52%) solo se presentaron a 3250 msnm y 51 plantas (42%) a 3850 msnm, mientras que 8 plantas (7%) fueron comunes a las dos altitudes. Las especies que predominaron (>90%) a 3250 msnm fueron hierbas de las familias Fabaceae, Brassicaceae y Asteraceae. Mientras que a 3850 msnm predominaron las gramíneas y hierbas (99%) y el 36% de las especies pertenecían a la familia Asteraceae. Dentro de los campos de papa, las malezas predominantes a 3250 msnm fueron Brassicaceae, Asteraceae y a 3850 msnm las Poaceae. Como los miembros de las familias de Fabaceae y Brassicaceae son entomófilos (polinizados por insectos), son plantas con flores muy atractivas a los insectos que ofrecen nectarios florales para la alimentación, además de servir de refugio y fuentes alternativas de alimentación. Las Asteraceae son muy atractivas a los parasitoides (Tachinidae e Ichneumonidae principalmente), predadores y polinizadores de la familia Syrphidae, los cuales se alimentan de las flores. Estas plantas, que se presentan como malezas en la parte baja del valle del Mantaro, juegan un rol muy importante para la conservación de los insectos benéficos en los campos de papa. Se presentó mayor abundancia de fitófagos en campos con pobre vegetación natural o estructura simple en ambas altitudes (Cuadro 3). En el caso de parasitoides y predadores, la abundancia en los campos con simple o compleja estructura, depende de la familia a la que

pertenecen y de las especies vegetales que conforman la vegetación natural (Cuadro 4A, B).

En la evaluación del incremento de diversidad funcional, en ambos tipos de evaluaciones (activa y pasiva), se capturaron 68583 individuos, los cuales pertenecen a 23 órdenes, 119 familias, siendo 29 familias de fitófagos, 11 familias de parasitoides, 29 familias de predadores y 6 familias de polinizadores y 45 familias de saprófagos. Uno de los principales problemas en follaje lo constituye las poblaciones de *E. yanazara*; en el segundo año de evaluación, se observó que el daño fue significativamente menor en los tratamientos de bordes (5.94%), policultivos (7.82%), manejo convencional del agricultor (7.44%) en comparación con el testigo absoluto (17.65% de follaje dañado). La mayor diversidad de especies encontrada fueron los carábidos (26 especies), de las cuales dos especies de *Metius* sp. e *Incagonum* sp. [cerca de *chilense* (Dej.)] son las predominantes en el valle del Mantaro. Con relación a las bajas poblaciones del gorgojo registradas fuera de los tratamientos de bordes y policultivos, podrían deberse a la abundante presencia de carábidos que predataron a los gorgojos o a la interferencia de la comunicación entre el gorgojo y la planta de papa por la presencia de otras plantas como *Brassica*, haba y maíz. Se observaron diferencias en el porcentaje de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes (APW) a la cosecha entre los tratamientos de policultivos (3.94%), bordes (4.7%), agricultor (5.47%) con relación al testigo absoluto (11.09%) en la primera campaña. Esta diferencia podría estar influenciada por la barrera de plástico.

Con relación a la evaluación de plantas florícolas y aromáticas, se observó la presencia de seis órdenes de fitófagos, dos de parasitoides y tres de predadores, además de las arañas. Los fitófagos fueron específicos de las plantas en estudio, los que no interfieren con el cultivo de papa. Sin embargo, los predadores y parasitoides son compartidos con las plagas de papa. Los mayores índices de diversidad los presentaron las plantas de eneldo, hinojo y girasol para el caso de predadores y parasitotes sin embargo la mayor dominancia se presentó en el mastuerzo y la manzanilla. Con relación a los carábidos, fueron el mastuerzo, la mostaza y la manzanilla los que presentaron mayor abundancia.

Conclusiones

En la sierra central del Perú, la vegetación es más diversa a 3250 msnm. Esta diversidad incrementa las comunidades de insectos de diferentes grupos funcionales. Más importante que la diversidad estructural del paisaje en los agroecosistemas de papa es la presencia de diversidad vegetal alrededor de los cultivos que incrementan la abundancia y riqueza de enemigos naturales, proporcionándoles fuentes de alimentación y refugio. Incentivando en los agricultores la siembra de plantas aromáticas y florícolas cerca de sus cultivos y protegiendo aquellas plantas que nos brinden servicios ecológicos, podemos contribuir a la protección del control biológico natural.

Publicaciones

Cañedo V., Rojas J., Alvarado J., Kroschel J. 2010. Efecto de la composición del paisaje sobre las plagas y enemigos naturales de la papa en la sierra central del Perú. En Memorias del XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa, ALAP 2010, del 23 al 28 de mayo del 2010, Cusco, Perú., pag.300-301.

Kroschel J., Mujica N., Cañedo V., Alcazar J. 2007. Functional agrobiodiversity in potato-based production systems its monitoring and use. XVI International Plant Protection Congress, CGIAR/SP-IPM Symposium "Emerging Themes in Agroecosystems Health and Food Systems", 15-18 October 2007, Glasgow, Scotland UK. Vol. II, 356-357

Informes institucionales

Cañedo V., Alvarado J., Kroschel J. 2008. Impact of insecticides on potato yield and natural enemies of potato pests in the central highlands of Peru. Working paper, International Potato Center, 24 p.

Cañedo V., Rojas J., Alvarado J., Kroschel J. 2009. Effect of landscape structure on natural enemies of potato pests in the central highlands of Peru. Working paper, International Potato Center, 32 p.

Presentaciones científicas

- Alvarado J., Cañedo V., Kroschel J. 2009. Biodiversidad de la familia Syrphidae en la Sierra Central del Perú. L Convención Nacional de Entomología. 8-12 de Febrero, 2009. Tacna, Perú. Resúmenes. p. 84
- Cañedo V. 2010. "Nuevas estrategias y perspectivas para el MIP de papa en la región Andina" Presentación oral en la celebración de Terra Madre Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle La Cantuta. 07 de diciembre, Lima, Perú.
- Cañedo V., Kroschel J. 2007. Agrobiodiversidad funcional en sistemas de producción de papa en la Sierra Central. XLIX Convención Nacional de Entomología. 11-15 de Noviembre, 2007. Lambayeque, Perú. Resúmenes. p.34.
- Kroschel J., Sporleder M., Cañedo V. 2005. Propuesta ecológica del manejo integrado de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). En Resúmenes de la XLIX Convención Nacional de Entomología. Ica, Perú.
- Rojas J., Cañedo V., Kroschel J., Lindo E. 2010. Diversidad de malezas, composición florística y su interacción con los insectos benéficos en el cultivo de papa del valle del Mantaro y Ricrán (Jauja). En: LII Convención Nacional de Entomología, del 24 al 28 de octubre 2010, Iquitos, Perú. p 70.
- Rojas J., Kroschel J., Cañedo V., Zúñiga D. 2010. Malezas en dos zonas agroecológicas del cultivo de papa en la sierra central del Perú. En XIII Congreso Nacional de Botánica, del 20 al 25 de setiembre 2010, Huánuco (Tingo María), Perú.

Relación de tesis

- Capcha Chuquiyauri Rossana Erika. 2009. Evaluación de carábidos como enemigos naturales del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes suturicallus* Kuschel). Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Maestría en Manejo Integrado de Plagas.
- Rojas Jeam. 2010. Diversidad de malezas, composición florística y su interacción con los insectos benéficos en el cultivo de papa del valle del Mantaro y Ricrán (Jauja). Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis de Ingeniero Agrónomo.



Lámina 4. Parcelas experimentales de papa: A) Campo con estructura y B) Campo sin estructura, en la comunidad de Ñuñunhuayo, Jauja. C) Campo con bordes de *Brassica rapa* subsp. *campestris*, D) Campo con policultivos con haba, maíz y papa en el valle del Mantaro, Junín, Perú.

Cuadro 3. Insectos fitófagos colectados con diferentes métodos de evaluación en campos de papa con diferente complejidad del paisaje y dos altitudes en el valle del Mantaro, Perú.

Familia	Fitófagos	3250 m				3850 m			
		Compleja	Simple	Chi2	t-test	Compleja	Simple	Chi2	t-test
Agromyzidae	<i>Amauromyza</i> sp.1	14	3	**	ns	5	9	ns	ns
	<i>Amauromyza</i> sp.2	1	1	ns		1	0		
	<i>Cerodontha colombiensis</i>	2	1	ns		1	1	ns	
	<i>Cerodontha</i> sp.	0	0			1	2	ns	
	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	155	131	ns	ns	51	19	***	ns
	<i>Phytoliriomyza papae</i>	116	48	***	ns	11	5	ns	ns
Anthomyidae	<i>Delia platura</i>	221	203	ns	ns	135	94	***	***
Aphididae	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	12	85	***	ns	5	0	ns	ns
	<i>Myzus persicae</i>	742	788	ns	ns	24	13	ns	ns
Cecidomyiidae	<i>Prodiplosis longifila</i>	9	7			0	0		
Chrysomelidae	<i>Calligrapha curvilinea</i>	0	41	***	ns	0	0		
	<i>Diabrotica</i> sp. cerca <i>nigropuncta</i>	31	30	ns	ns	15	7	ns	ns
	<i>Diabrotica</i> sp.1	5	8	ns	ns	0	3	ns	ns
	<i>Diabrotica</i> sp.2	3	2	ns	ns	0	0		
	<i>Epitrix yanazara</i>	414	561	***	ns	289	241	*	ns
	<i>Mantura</i> sp.	0	6	*	ns	1	1	ns	
	<i>Phyllotreta</i> sp.	1	14	***	ns	0	3	ns	ns
Cicadellidae	<i>Amplicephalus</i> sp.	0	0			1	0		
	<i>Anacuerna centrolinea</i>	2	0			1	0		
	<i>Bergallia huancayoensis</i>	3	1	ns	ns	1	2	ns	ns
	<i>Borogonalia impressifrons</i>	1	0			0	0		
	<i>Empoasca</i> n. sp.	0	1			0	0		
	<i>Empoasca</i> n.sp.1	6	24	**	ns	5	1	*	ns
	<i>Empoasca</i> sp.	3	51	***	ns	1	0		ns
	<i>Empoasca</i> sp. 2	1	1			0	1		
	<i>Nionia</i> sp.	0	0			0	1		
	<i>Paratanus exitiosus</i>	6	13	ns	ns	8	6	ns	ns
	<i>Plerogonalia rudicula</i>	0	0			2	1	ns	
	Sub familia <i>Typhlocybinae</i>	16	61	***	ns	0	0		
Curculionidae	<i>Adioristus</i> sp.	2	0		ns	4	10	ns	ns
	<i>Amitrus alutaceus</i>	0	0			3	7	ns	ns
	<i>Cryptorhynchine</i> sp.	1	0		ns	2	1	ns	ns
	<i>Cylidrorhinus</i> sp.1	5	0	*	**	59	36	*	ns
	<i>Premnotrypes fractirostris</i>	0	1			0	0		
	<i>Premnotrypes pusillus</i>	0	0			2	0		
	<i>Premnotrypes suturicallus</i>	14	0	***	ns	1507	2708	***	**
	<i>Puranius</i> sp.1	0	0			1	1		
	<i>Scoteoborus</i> sp.	3	0	ns		0	0		
	Gelechiidae	<i>Phthorimaea operculella</i>	28	123	***	**	6	9	ns
<i>Symmetrischema tangolias</i>		52	118	***	*	13	10	ns	ns
Hesperiidae	<i>Hylephila phyleus basistrigata</i>	7	29	***	**	13	2	*	*
Lonchaeidae	<i>Lonchaea cristula</i>	55	3	***	***	2	3	ns	ns
	<i>Lonchaea</i> sp.	2	0			2	0		
Lygaeidae	<i>Nysius</i> sp.	1	13	**	*	18	21	ns	ns
Meloide	<i>Epicauta willei</i>	0	0			1	55	***	*
	<i>Epicauta latitarsis</i>	0	0			0	13	***	*
Melyridae	<i>Astylus luteicauda</i>	20	213	***	***	0	10	**	*
Noctuidae	<i>Agrotis ypsilon</i>	12	37	***	*	4	22	***	*
	<i>Copitarsia decolora</i>	2	3	ns	ns	3	1	ns	ns
	<i>Peridroma clerica</i>	1	1			0	0		
	<i>Pseudaletia impuncta</i>	0	0			1	0		
	<i>Pseudaletia punctulata</i>	1	0			1	1		
	<i>Pseudoplusia includens</i>	0	0			1	0		
	<i>Scania</i> sp.	0	2		ns	2	2	ns	m
Otitidae	<i>Euxesta</i> sp.	0	6	*	ns	0	0		
Plutellidae	<i>Plutella xylostella</i>	0	9	**		1	1		
Psyllidae	<i>Russelliana solanicola</i>	56	410	***	ns	1	2	ns	ns
Scarabaeidae	<i>Lygirus maimon</i>	2	0			0	0		
Tenebrionidae	<i>Hylithus</i> sp.	0	1			0	22	***	**
	<i>Pilobalia</i> sp. near <i>subnuda</i>	0	0			0	21	***	*
	<i>Proacis</i> sp.	0	1			0	0		
Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i>	1	0			0	1		
	<i>Anastrepha</i> sp.	15	7	ns	ns	7	4	ns	ns
TOTAL		2044	3058	***	*	2212	3373	***	ns

* P < 0.05 diferencia significativa, ** P < 0.01 diferencia moderadamente significativa, *** P < 0.001 diferencia altamente significativa, ns = no significativa

Cuadro 4. Enemigos naturales colectados con diferentes métodos de evaluación en campos de papa con diferente complejidad del paisaje y dos altitudes en el valle del Mantaro, Perú. A) Parasitoides, B) Predadores

A	Familia	Parasitoides	3250 m				3850 m			
			Compleja	Simple	Chi2	t-test	Compleja	Simple	Chi2	t-test
	Braconidae	<i>Aphidius</i> sp.1	21	37	*	ns	10	1	**	ns
		<i>Aphidius</i> sp.2	6	18	*	*	4	0	*	ns
		<i>Dolichogenidea gelechiidivoris</i>	0	2		ns	1	9	*	*
	Cynipidae	<i>Ganaspidium</i> sp.	1	2	ns		0	0		
	Ichneumonidae	<i>Encospilus</i> sp.	10	19	ns	ns	9	2	*	*
		<i>Thymebatis</i> sp.1	3	1	ns	ns	4	5	ns	ns
		<i>Thymebatis</i> sp.2	0	1			0	0		
	Pteromalidae	<i>Halticoptera arduine</i>	4	4	ns		9	4	ns	*
	Tachinidae	<i>Architas</i> sp.	0	0			0	1		
		<i>Bonnetia</i> sp.	0	0			0	3	ns	
		near <i>Cyrtophleba</i> sp.	3	1	ns	ns	1	0		ns
		near <i>Phasmofrontina</i> sp.	2	2	ns	ns	3	1	ns	ns
		<i>Dolichostoma</i> sp.	1	0			0	0		
		<i>Eucelatoria</i> sp.	13	7	ns	ns	29	8	***	*
		<i>Gonia lineata</i>	1	1			0	1		
		<i>Incamiya cuzcensis</i>	3	4	ns	ns	9	19	ns	ns
		<i>Incamiya</i> sp.	10	51	***	*	27	39	ns	ns
		<i>Leucostoma</i> sp.	0	1			0	0		
		<i>Peleteria</i> sp.1	1	4	ns	ns	3	0	ns	ns
		<i>Peleteria</i> sp.2	1	2	ns	ns	15	5	*	ns
		<i>Phytomyptera</i> sp.1	3	0	ns		1	1		
		<i>Phytomyptera</i> sp.2	6	3	ns	ns	2	16	**	ns
		<i>Prosopochaeta anomala</i>	21	60	***	*	14	18	ns	ns
		<i>Siphona</i> sp.	0	2			1	1		
		<i>Trichophoropsis</i> sp.	2	0		ns	1	0		ns
	TOTAL		112	222	***	ns	143	134	ns	ns
B		Predadores								
	Carabidae	<i>Blennidus mateui</i>	0	13	***	ns	179	128	**	ns
		<i>Blennidus</i> sp.1	1	4	ns	*	173	9	***	***
		<i>Incagonum</i> sp.	0	0			0	1		
		<i>Incagonum</i> sp.(cerca de chilense)	337	16	***	***	8	0	**	ns
		<i>Metius</i> sp.1	17	16	ns	ns	16	4	**	*
		<i>Metius</i> sp.3	1	3			0	1		
		<i>Notiobia (Anisotarsus) peruviana</i>	9	111	***	*	21	13	ns	ns
		<i>Notiobia (Anisotarsus) sp.2</i>	1	0			0	0		
		<i>Pelmatellus columbianus</i>	0	0			38	16	**	ns
		<i>Pelmatellus</i> sp.2	2	1	ns	ns	37	10	***	***
		<i>Trechisibus</i> sp.1	0	5	*		1	4	ns	
	Coccinellidae	<i>Cycloneda</i> sp.	0	0			1	0		
		<i>Eriopis conexa conexa</i>	0	1			0	0		
		<i>Eriopis</i> sp.	1	4	ns	ns	7	4	ns	ns
		<i>Hippodamia convergens</i>	15	20	ns	ns	5	11	ns	ns
	Hemeroibiidae	<i>Hemeroibius bolivari</i>	4	2	ns		0	0		
		<i>Hemeroibius tolimensis</i>	63	43	ns	ns	35	23	ns	ns
	Lygaeidae	<i>Geocoris punctipes</i>	0	0			1	5	ns	ns
	Nabidae	<i>Nabis punctipennis</i>	1	1			0	1		
	Spphecidae	<i>Sphex</i> sp.1	1	0			0	0		
	Staphylinidae	<i>Paederus irritans</i>	0	2			2	0	ns	ns
		<i>Paederus</i> sp.	4	55	***	ns	6	2	ns	ns
	Syrphidae	<i>Allograpta exotica</i>	0	1			0	0		
		<i>Allograpta neotropica</i>	1	0			0	0		
		<i>Platycheirus saltana</i>	85	1089	***	***	158	128	ns	ns
		<i>Scaeva prob. punctata</i>	2	11	*	ns	6	4	ns	ns
		<i>Syrphus shorae</i>	1	2	ns	ns	0	6	*	ns
		<i>Toxomerus prob. mutum</i>	244	63	***	ns	48	1	***	*
	Vespidae	<i>Monobia</i> sp.	1	0			1	0		
	TOTAL		791	1463	***	ns	743	371	***	*

* P < 0.05 diferencia significativa, ** P < 0.01 diferencia moderadamente significativa, *** P < 0.001 diferencia altamente significativa, ns = no significativa

5 Nuevas estrategias del Manejo Integrado de Plagas en la sierra central del Perú

5.1 Uso potencial de nematodos entomopatógenos en el MIP de papa

Introducción

El Gorgojo de los Andes, *Premnotrypes* spp., es una de las principales plagas de la papa en toda la región Andina desde Venezuela hasta Bolivia. Para el control de esta plaga se aplican insecticidas muy tóxicos. Por lo que es necesaria la búsqueda de otras alternativas de control. El gorgojo de los Andes tiene un limitado número de enemigos naturales: *Harpalus turmalinus*, *Metius* sp., *Hylitus* sp. y la hormiga *Iridomirmex* sp. como predadores de huevos y larvas; *Beauveria brongniartii*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como patógenos de larvas, pupas y adultos¹⁸.

En el año 2003, se reportó el hallazgo en Perú de larvas y pupas de gorgojo de los Andes *Premnotrypes suturicallus* parasitadas por un nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* sp. y posteriormente se realizaron los estudios de patogenicidad en laboratorio, resultando ser muy patogénico con buena capacidad de búsqueda y alto potencial reproductivo, recomendándose su evaluación en campo¹⁹. Los nematodos entomopatógenos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae parasitan a un gran número de insectos plagas de suelo y ofrecen amplias perspectivas para su uso en el control biológico²⁰.

Objetivo

El presente estudio tuvo como objetivos hallar, identificar y evaluar el potencial de nuevos aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos en condiciones de almacén y campo, buscando métodos prácticos de producción y aplicación de los nematodos en Perú, Ecuador y Bolivia.

Materiales y métodos

Para la búsqueda de nematodos entomopatógenos en Perú, Ecuador y Bolivia, se usó la técnica de insectos cebos empleando *Galleria mellonella*, con la cual se aislaron los nematodos entomopatógenos; en raras ocasiones se pudo hallar nematodos parasitando plagas importantes. Los estudios de identificación a género, patogenicidad y caracterización ecológica se realizaron de acuerdo a la metodología de Kaya y Stock (1990)²¹. Se realizó la evaluación de la patogenicidad

¹⁸ Alcázar J., Cisneros F. 1999. Taxonomy and Bionomics of the Andean Potato Weevil Complex: *Premnotrypes* spp. And Related Genera. In: "Program Report 1997-98," International Potato Center (CIP), Lima, Peru, pp. 141-151.

¹⁹ Parsa S., Alcázar J., Salazar J., Kaya H. 2006. An indigenous Peruvian entomopathogenic nematode for suppression of the Andean potato weevil. *Biological Control* 39:171– 78.

²⁰ Kaya H.K., Alcázar J., Parsa S., Kroschel J. 2009. Microbial Control of the Andean Potato Weevil Complex. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 3 (Special Issue 1), 39-45

²¹ Kaya, H. y Stock, P. 1997. Techniques in insects nematology. 281 - 324. En: Manual of techniques in insects pathology. Academic Press, San Diego. USA.

de todos los aislamientos de Perú, Ecuador y Bolivia en larvas de *P. vorax* y *G. mellonella*; también se determinó la dosis letal media (DL₅₀) y el potencial reproductivo de los aislamientos más patogénicos en las principales especies de gorgojo de los Andes y otras plagas de papa.

Los estudios de eficacia, modo de aplicación, concentración, persistencia e integración con otros métodos de control se realizaron en condiciones de almacén y/o campo en Perú, Bolivia y Ecuador aplicando los nematodos en suspensión acuosa y/o en cadáveres de *G. mellonella* en 3 almacenes, 4 áreas de pre-almacenamiento y 10 experimentos en campo: 4 en jaulas con infestación controlada de gorgojos y 6 con infestación natural. En Ecuador, se evaluó la producción y efectividad de los nematodos mediante la multiplicación del patógeno con métodos artesanales en siete localidades. Se multiplicó los nematodos en larvas de escarabajos, guano de vacuno y suelo, posteriormente fue aplicado en el campo para el control de *P. vorax*. En Perú, se utilizó estiércol de ovino para multiplicar los nematodos en larvas de gorgojo *P. suturicallus* en cinco comunidades del Valle del Mantaro, aplicando los nematodos por aspersión sobre el estiércol.

Resultados

Se halló un total de 37 aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos: 13 en Ecuador, 5 en Bolivia y 19 en Perú; 20 pertenecen al género *Heterorhabditis* (Lámina 5) y 17 a *Steinernema*. En condiciones de laboratorio, la patogenicidad de los aislamientos de Perú y Ecuador fueron mas virulentos que los de Bolivia en larvas de *P. vorax* (Figura 5). Los estudios de Dosis Letal Media (DL₅₀) y potencial reproductivo con las principales especies de gorgojo de los Andes de los tres países y de otras plagas de papa indicaron también que los aislamientos de Bolivia fueron los menos patogénicos (Cuadro 5). La especie de gorgojo más susceptible a los nematodos fue *P. latithorax* y la menos susceptible fue *P. vorax*. Los nematodos fueron patogénicos entre 15 y 25°C, pero a 10°C de temperatura ningún aislamiento funcionó.

Bajo condiciones de almacenamiento, en Perú, a 3850 msnm, los nematodos no funcionaron; se halló menos del 1% de larvas de gorgojo parasitadas debido a las bajas temperaturas menores a 10°C en estas condiciones. Por el contrario, en áreas descubiertas de pre-almacenamiento, el parasitismo fue de 55% (3850 msnm) y 97% (3300 msnm) en *P. suturicallus*, y en Bolivia el parasitismo fue de 7.7% (3420 msnm) en *P. latithorax*.

En condiciones de campo, en Perú, el método de aplicación en suspensión de los nematodos fue mejor que en cadáveres, redujo el daño en los tubérculos en 65% y la infestación larval en 77% (Lámina 5C, 6D, Cuadro 6). Además, se determinó que los nematodos permanecieron infectivos durante 6 meses después de la inoculación al suelo. Se determinó que a 3200 msnm los nematodos parasitaron durante todo el año (36 a 100% de parasitismo). A 3800 msnm no hubo parasitismo en los meses fríos de Mayo a Setiembre, mientras que en los otros

meses el parasitismo fue de 8 a 81%. El mayor control ocurrió a la concentración de 100 IJ/cm². Los menores daños del gorgojo de los Andes a la cosecha fueron registrados con 3 aplicaciones logrando 60% de control. La integración de nematodos con insecticidas controló eficientemente al gorgojo reduciendo el daño en 80%.

En Bolivia, en condiciones de jaulas, los nematodos no controlaron al gorgojo, resultando todos los tubérculos dañados a la cosecha (80 - 96%). En condiciones de campo, el nematodo ocasionó entre 7 y 25% de mortalidad de larvas del gorgojo de los Andes. En Ecuador, en condiciones de campo, todos los aislamientos controlaron eficientemente a los gorgojos, presentando menor porcentaje de tubérculos dañados (0.1%), menor intensidad de daño (0.2 – 3.7%) y menor infestación larval (0 – 0.3 larvas/tubérculo). En condiciones de infestación controlada, no se encontraron tubérculos dañados en las parcelas aplicadas con nematodos a diferencia del testigo con 92% de tubérculos dañados y 15.8% de intensidad de daño.

Con respecto al desarrollo de métodos artesanales para la multiplicación de los nematodos entomopatógenos y la evaluación de su efectividad, en Ecuador se logró la multiplicación de los nematodos en larvas de escarabajos de la familia Scarabaeidae que abundan en el sustrato de guano de vacuno, ocasionando entre 65 y 96 % de mortalidad en 7 localidades. La evaluación de su efectividad en 4 localidades demostró lo siguiente: aplicando los nematodos junto con el guano de vacuno a los 30 días y 60 días de edad del cultivo, se redujo el daño a la cosecha en 61%, aplicándolos a los 60 y 80 días de la siembra, se redujo el daño en 74.51% y cuando fueron aplicados en forma conjunta con el insecticida acefato, se redujo el daño en 84.68%. En el Perú se logró la multiplicación de los nematodos en larvas de gorgojo de los Andes *P. suturicallus*, utilizando como sustrato el guano de ovino; la evaluación de su efectividad en 5 localidades a diferentes altitudes demostró que en la localidad más baja a 3350 msnm con una temperatura promedio de 16°C, se produjo el 99% de mortalidad de larvas de gorgojo y en la localidad más alta a 3750 msnm con una temperatura promedio de 11°C, se produjo solo 3% de mortalidad.

Conclusiones

Es posible el uso de nematodos para el control del gorgojo de los Andes en campo; aplicados al suelo penetran y se reproducen en las larvas del gorgojo, reduciendo los daños de los tubérculos a la cosecha en 65% y las poblaciones de larvas en 77%.

Lecciones aprendidas y perspectivas futuras

Los aislamientos son más patogénicos y tienen un buen potencial reproductivo a la temperatura de su lugar de origen, por lo que se debe tener mucho cuidado en la elección del aislamiento para el control de la plaga. Para lograr la disponibilidad de los nematodos a los agricultores es importante desarrollar tecnologías económicas y prácticas para la producción a gran escala de los nematodos. Los nematodos tienen un buen potencial para el control de otras plagas de importancia económica.

Publicaciones

- Alcázar J., Kroschel J., Kaya H. 2007. Evaluation of the efficacy of an indigenous Peruvian entomopathogenic nematode *Heterorhabditis* sp. in controlling the Andean potato weevil *Premnotrypes suturicallus* Kuschel under field conditions. XVI International Plant Protection Congress, October 15-18, Glasgow, UK, pp 544-545.
- Kaya H. K., Alcázar J., Parsa S., Kroschel J. 2009. Microbial control of the Andean potato weevil complex. In: Tennant P, Benkeblia N (Eds.) Potato II. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 3 (Special Issue 1): 39-45.

Informes institucionales

- Alcázar J., Kroschel J. 2010. Efficacy and potential of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis* sp. for Andean potato weevil control *Premnotrypes suturicallus* Kuschel under field conditions in Peru. Working Paper, International Potato Center, 14 p.
- Alcázar J., Kroschel J. 2010. Pathogenicity of native isolates of entomopathogenic nematodes from Peru, Bolivia and Ecuador for potato pests in lowland and highland production systems. Working Paper, International Potato Center, 33 p.
- Schaub B., Kroschel J. 2008. Evaluation of the potential of *Heterorhabditis* sp. (Isolate Cc01) for the control of *Tecia solanivora* (Povolny) (Part B). Working paper, International Potato Center, 10 p.

Presentaciones científicas

- Alcázar J. 2008. El potencial de los nematodos parásitos de insectos como controladores biológicos de plagas agrícolas. I. Simposium Internacional Investigación hacia un desarrollo sustentable, 16-17 de Setiembre 2008, Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post Grado, Lima. Perú. Resúmenes conferencias pp 12-13
- Alcázar J., Kroschel J. 2010. Efectividad de *Heterorhabditis* sp. para el control del gorgojo de los Andes *Premnotrypes suturicallus* Kuschel en condiciones de campo. En: LII Convención Nacional de Entomología, del 24 al 28 de octubre 2010, Iquitos, Perú. p 32

- Alcázar J., Kroschel J., Kaya H. 2007. Evaluación del potencial de un nematodo entomopatógeno nativo *Heterorhabditis* sp. para el control del gorgojo de los Andes *Premnotrypes suturicallus* en campo. XLIX Convención Nacional de Entomología. 11-15 de Noviembre, 2007. Lambayeque, Perú. Resúmenes. P. 26.
- Alcázar J., Mayta S., Kroschel J. 2009. Efecto de la temperatura en el comportamiento de dos aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis* spp. Procedentes de diferentes agroecosistemas. L Convención Nacional de Entomología. 8-12 de Febrero, 2009. Tacna, Perú. Resúmenes. p. 28
- Buendía O., Castillo J., Alcázar J., Rosales T. 2009. Aislamiento y patogenicidad del nematodo *Heterorhabditis* spp. en suelos de espárragos en la irrigación de Chavimochic. En LI Convención Nacional de Entomología, Lima, Perú. Del 9 al 12 de noviembre del 2009. Resúmenes p.30.
- Mayta S., Cañedo V. Alcázar J., Vergara C. 2009. Patogenicidad de *Heterorhabditis* y algunos hongos entomopatógenos en *Anomala testaceipennis* Blanchard 1850 (Coleoptera: Scarabaeidae) bajo condiciones de laboratorio. En LI Convención Nacional de Entomología, Lima, Perú. Del 9 al 12 de noviembre del 2009. Resúmenes p.32.

Relación de tesis

- Argotti Valencia Eduardo. 2006. Prospección de nematodos entomopatógenos para el control de *Tecia solanivora* (Povolny) Polilla de la papa en Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Quito, Ecuador. Tesis de Magister en Ciencias de Control biológico.
- Buendía Martínez Omar. 2007. Efectividad del nematodo *Heterorhabditis* sp. en la mortalidad de *Galleria mellonella* L. bajo condiciones de laboratorio. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Tesis Ingeniero agrónomo.
- Fernández Montoya Elizabeth. 2009. Efecto de *Heterorhabditis* sp. (Nematoda: Heterorhabditidae) sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis de Ingeniero Agrónomo.
- Hernández Samaca Patricia. 2006. Colección, patogenicidad y caracterización ecológica de nematodos parásitos de insectos en gusano blanco (*Premnotrypdes vorax* Hustache) en Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Quito, Ecuador. Tesis de Magister en Ciencias de Control biológico.
- Mayta Delzo Susan. 2008. Patogenicidad de *Heterorhabditis* sp. y algunos hongos entomopatógenos en *Anomala testaceipennis* Blanchard, 1850 (Coleoptera: Scarabaeidae) bajo condiciones de laboratorio. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Maestría en Entomología.



Lámina 5. Nematodos entomopatógenos. A) Juvenil infectivo, B) Larva de gorgojo de los Andes parasitada por *Heterorhabditis* sp. C) Reducción del daño de los tubérculos a la cosecha. D) Larva de gorgojo parasitada dentro del tubérculo.

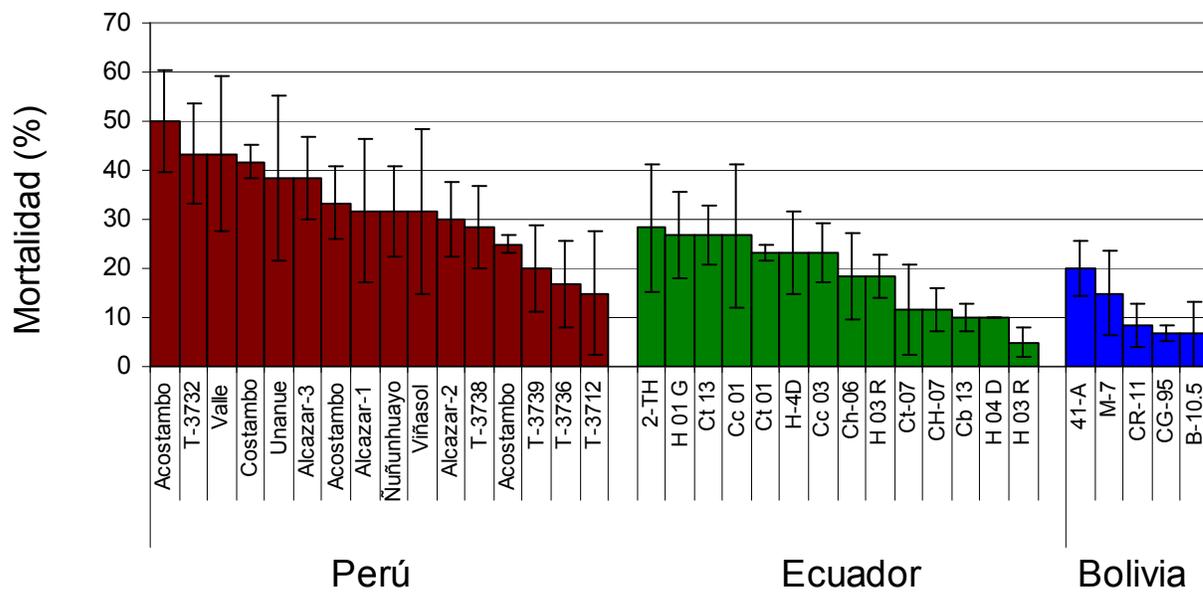


Figura 5. Evaluación de la susceptibilidad de larvas de *Premnotrypes vorax* ocasionada por aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos agrupados por país. Líneas verticales representan el error estándar del promedio.

Cuadro 5. Patogenicidad y potencial reproductivo de aislamientos nativos de nematodos entomopatógenos en las principales plagas de papa.

País	Aislamiento	Plaga	CL50 IJ/larva	Potencial reproductivo IJ/larva
Perú	Alcázar -1	<i>Premnotrypes suturicallus</i>	5.9 (4.80 - 7.30)	97,817± 947
Ecuador	Cc 01	<i>Premnotrypes vorax</i>	3.2 (2.45 - 4.31)	66,546±21,126
Bolivia	M-7	<i>Premnotrypes latithorax</i>	20.8 (14.45 - 39.91)	3,800
Ecuador	Cc 01	<i>Tecia solanivora</i>	1.8 (1.38 - 2.29)	41,387± 6,240
Perú	Alcazar -1	<i>Adioristidius tuberculatus</i>	1.6 (0.81 ± 2.40)	11,883 ± 2,530
Perú	Alcázar-1	<i>Epitrix yanazara</i>	3.9 (3.18 - 4.88)	626.5 ± 50.7

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de nematodos entomopatógenos en el control del gorgojo de los Andes en campo.

País	Aislamiento	Plaga	Reducción de daño
Peru	Alcazar-1	<i>Premnotrypes suturicallus</i>	65.02
Ecuador	CH-06	<i>Premnotrypes vorax</i>	74.51
Bolivia	M-7	<i>Premnotrypes latithorax</i>	18.73

5.2 Barreras de plástico: una nueva alternativa para el control del gorgojo de los Andes

Introducción

El gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.) es una plaga clave del cultivo de la papa en toda la región Andina. El daño más severo lo producen las larvas que destruyen los tubérculos, ocasionando pérdidas hasta del 100 % de la producción si no se realiza ninguna medida de represión. El principal método de control utilizado por los agricultores es el uso de insecticidas altamente tóxicos como los organofosforados y carbamatos aplicados al follaje y al suelo para eliminar a los adultos. Esta plaga tiene una sola generación al año. Los adultos emergen del suelo al inicio de la estación lluviosa y migran a los nuevos campos de papa donde completan su ciclo de vida. En el pasado se desarrollaron algunas estrategias como el uso de barreras vegetales utilizando plantas de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) que podrían actuar como repelentes y/o barrera física y también fueron consideradas las barreras químicas²²; sin embargo su uso no fue adoptado por los agricultores. También se conoce el uso de zanjas cubiertas con plástico, como barreras para el control del escarabajo del Colorado de la papa *Leptinotarsa decemlineata* (Say)²³. Como los gorgojos no vuelan e ingresan a los campos de papa desplazándose por el suelo, el presente estudio está orientado a evaluar la efectividad de los plásticos como barreras físicas para interferir la migración de los gorgojos a los campos de papa, comparándola con las prácticas del agricultor que aplica insecticidas en la reducción del daño a la cosecha.

Objetivo

Validar la tecnología de barreras de plástico con un mayor número de agricultores y comunidades en Perú, Bolivia y Ecuador para el control de otras especies de gorgojo del género *Premnotrypes*, evaluar el beneficio económico por el uso de las barreras y determinar el impacto ambiental en ambas tecnologías por el uso de insecticidas altamente tóxicos.

Materiales y métodos

En el Perú, el primer año se estudió el potencial de las barreras de plástico para el control del gorgojo de los Andes *P. suturicallus* en 21 campos de agricultores en las comunidades de Nuñunhuayo (Junín) y Aymará (Huancavelica) a 3900 msnm, en dos sistemas de producción: descanso-papa y papa-papa. Los campos fueron divididos en 4 parcelas de 15 m x 15 m, 2 parcelas opuestas con barrera

²² Calvache, H. 1991. Efecto de barreras vegetales y químicas en el control del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache). Revista Latinoamericana de la Papa. 4(1): 22 – 35.

²³ Boiteau, G., Y. Pelletier, G. C. Misener and G. Bernard. 1994. Development and evaluation of a plastic trench barrier for protection of potato from walking adult Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 87: 1325-1331.

de plástico de 50 cm de altura y 2 sin barreras. Se colocaron 32 trampas de caída fuera y dentro de las parcelas para conocer la actividad migratoria de los gorgojos y los carábidos. Las trampas fueron evaluadas semanalmente y los daños a la cosecha. El efecto de las barreras de plástico fue comparado con la práctica de los agricultores que aplicaron insecticidas de una a cuatro veces. En el segundo año, se realizaron los estudios a mayor escala en 40 campos de agricultores en las mismas comunidades para evaluar su eficacia, el beneficio económico y el índice del impacto ambiental. Parcelas con barreras de plástico sin aplicación de insecticidas fueron comparadas con parcelas manejadas tradicionalmente por el agricultor con aplicación de insecticidas. Paralelamente también se estudió el comportamiento de emergencia y migración de los gorgojos en 10 campos por comunidad para optimizar el uso de las barreras. En el tercer año, en coordinación con el Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Perú (INIA) y la ONG Yanapai, se evaluaron las barreras de plástico en 5 comunidades de los departamentos de Puno, Ayacucho, Huancavelica, Junín y Cajamarca.

En Ecuador se realizó la evaluación de las barreras de plástico para el control de *P. vorax* en 8 comunidades de la provincia de Carchi y posteriormente en 3 comunidades de la provincia de Chimborazo. En Bolivia se realizó la evaluación de las barreras de plástico para el control de *P. latithorax* en 2 comunidades del departamento de Cochabamba y posteriormente en 2 comunidades del departamento de la Paz.

Resultados

En el Perú, los resultados del primer estudio en 21 campos demostraron que las barreras de plástico fueron altamente efectivas para prevenir la migración del gorgojo y reducir los daños de los tubérculos al igual que las parcelas con insecticidas. Las poblaciones de gorgojos y los daños fueron mayores en Ñuñunhuayo y menores en Aymará; por el contrario las poblaciones de carábidos fueron mayores en Aymará y menores en Ñuñunhuayo (Lámina 6). En los sistemas de producción de papa-papa, las poblaciones de gorgojo fueron más altas que en los sistemas descanso-papa en la comunidad de Ñuñunhuayo, sin embargo lo contrario se observó en la comunidad de Aymará (Figura 6). Los daños a la cosecha en campos en descanso en las parcelas con barreras de plástico sin aplicación de insecticidas fueron de 9.7 y 9.8 % en las comunidades de Ñuñunhuayo y Aymará, en comparación con los campos del agricultor que aplicaron entre 2 y 4 veces insecticidas y presentaron 12.4 y 11.1% de tubérculos dañados a la cosecha para las dos comunidades respectivamente. También se determinó que el costo de la barrera de plástico es igual o menor a dos aplicaciones de insecticidas.

Los resultados del segundo estudio a mayor escala en 40 campos demostraron que las barreras de plástico sin insecticidas controlaron eficientemente al gorgojo de los andes presentando en promedio 6.1 % de tubérculos dañados en relación con 18.8% de daños en campos del agricultor que aplico de 2 a 6 veces insecticidas (Figura 7). Se estimó un beneficio neto de \$147.63/ha para la comunidad de Ñuñunhuayo y de \$ 807.31/ha para la comunidad de Aymará. Los

cálculos del coeficiente de impacto ambiental (EIQ) determinaron un resultado de 191.5/ha en los campos de agricultores debido al uso de insecticidas y fungicidas; mientras que en los campos con barrera de plástico por el uso solo de fungicidas para el control de rancho, el IEQ fue de 32.86/ha, casi 6 veces menos que el coeficiente del agricultor (Cuadro 7). En los estudios de emergencia y migración, los gorgojos emergieron de octubre a enero mientras que la migración ocurrió de noviembre a febrero, por lo que se recomienda que las barreras en estas comunidades deben ser instaladas a fines de Setiembre. Los resultados de los daños a la cosecha de las parcelas con barreras en otras localidades coordinadas con el INIA y la ONG Talpuy fueron iguales o menores a las parcelas con insecticidas, confirmando la eficiencia de las barreras de plástico en otras condiciones y con otras especies de gorgojo.

En Ecuador, en las comunidades de Carchi, los daños a la cosecha por *P. vorax* fueron menores al 5% debido a la baja incidencia de gorgojos en los campos estudiados. La población de carábidos fue muy alta con relación a los gorgojos 12:1 (9,826:771). Se identificaron 12 especies de carábidos de los cuales *Scarites* sp. es un predador potencialmente importante. En las comunidades de Chimborazo, la ocurrencia de gorgojos durante el desarrollo del cultivo dentro de la barrera fue casi 9 veces menor que la población que se hallaba fuera de la barrera. Consecuentemente, los daños a la cosecha también fueron menores: 4.1 a 18.2% de tubérculos dañados en comparación con 37.5 a 70% de daño en las plantas localizadas fuera de las barreras. En Bolivia, las barreras de plástico redujeron la población de gorgojo y los daños de los tubérculos a la cosecha en 80%. Igualmente se registró una abundante población de carábidos con relación a los gorgojos 5:1 (1596:270).

Se determinó el costo de las barreras plásticas en Perú en \$57/ha, en Ecuador \$110.43/ha y en Bolivia \$73.03/ha. Estimándose que el costo de la barrera de plástico es igual o menor a dos aplicaciones de insecticidas por hectárea.

Conclusiones

La nueva alternativa de la barrera de plástico controla eficientemente al gorgojo de los Andes, reduciendo los daños a la cosecha en 80% sin aplicar insecticidas, reduce los costos, incrementa los beneficios para el agricultor y reduce el coeficiente del impacto ambiental.

Lecciones aprendidas y perspectivas futuras

A excepción del uso de insecticidas, no hay otro método que logre reducir los daños significativamente en corto tiempo. Los insecticidas son aplicados para matar a los adultos, las prácticas culturales para destruir las fuentes de infestación. Esta nueva tecnología de las barreras de plástico es la única alternativa ecológica que reduce las poblaciones de adultos, el riesgo al agricultor y al medio ambiente. Se espera la rápida adopción de esta tecnología por los agricultores para lo cual es necesario su difusión y disponibilidad de los materiales por parte de las empresas agrícolas.

Publicaciones

- Kroschel J., Alcázar J., Pomar P. 2009. Potential of plastic barriers to control Andean potato weevil *Premnotrypes suturicallus* Kuschel. *Crop Protection* 28: 466-476.
- Kroschel J., Alcázar J. 2007. Potential of plastic barriers to control Andean potato weevil *Premnotrypes suturicallus* Kuschel under field conditions. XVI International Plant Protection Congress, 15/18 October 2007, Glasgow Scotland, UK, Vol. II, pp 392-393.
- Rios A., Kroschel J. 2011. Evaluation and implications of Andean potato weevil infestation sources for its management in the Andean region. *J. Applied Entomology* (in press)

Informes institucionales

- Alcázar J., Kroschel J. 2008. Physical barriers control Andean potato weevil (*Premnotrypes* spp.): Large-scale testing of efficacy, farmers perception and economic and ecological evaluation. Working paper, International Potato Center. 23 p.
- Alcázar J., Capcha R., Kroschel J. 2008. The evaluation of the potential of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as predators of Andean potato weevils *Premnotrypes suturicallus* Kuschel. Working paper, International Potato Center, 18 p.

Presentaciones científicas

- Alcázar J., Kroschel J. 2009. Plastic barriers control Andean potato weevils (*Premnotrypes* spp.): Large-scale testing of efficacy, economic and ecological evaluation and farmers' perception. En 15th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC), Lima, Peru. 02 to 06 November 2009. Book of abstracts p. 89.
- Alcázar J. 2010. Métodos locales y actuales de protección vegetal en cultivos de la canasta familiar en el Perú. Taller Internacional sobre métodos locales y actuales de protección vegetal en cultivos de la canasta familiar de los países andinos. FAO. Santiago, Chile. 20-12 Octubre.

Capcha R., Alcázar J., Rodríguez A., Kroschel J. 2009, Evaluación de la capacidad de prelación de carábidos en diferentes estados de desarrollo del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes suturicallus* Kuschel) en laboratorio y exposición de presas en campo. En LI Convención Nacional de Entomología, Lima, Perú. Del 9 al 12 de noviembre del 2009. Resúmenes p.38.

Kroschel J. 2010. Nuevas estrategias y perspectivas para el MIP de la papa en la región Andina. En: LII Convención Nacional de Entomología, del 24 al 28 de octubre 2010, Iquitos, Perú.

Relación de tesis

Arturo Rios Alfredo. 2009. Land use and spatial ecology of the andean potato weevil in the central Andes of Peru. University of Florida. Degree of Doctor of Philosophy. 178 p.

Belmont Guerrón Philippe. 2007. Uso de barreras de plástico para el control del Gusano blanco: Un estudio poblacional y del comportamiento de *Premnotrypes vorax* Hustache (coleoptera: curculionidae) y de la entomofauna de interés en el cultivo de la papa, Carchi Ecuador. ISARA-Lyon Institut de l'Élevage. Francia. Tesis para Ingeniero Agrónomo.

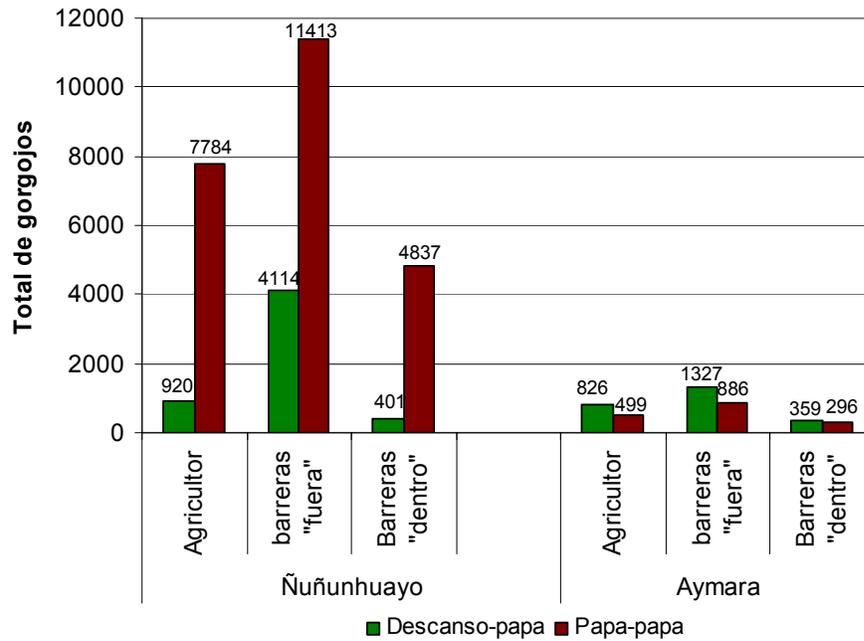


Figura 6. Porcentaje de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes en campos con barrera de plástico y con manejo convencional en las comunidades de Ñuñunhuayo y Aymará. Barras indican el error estándar.

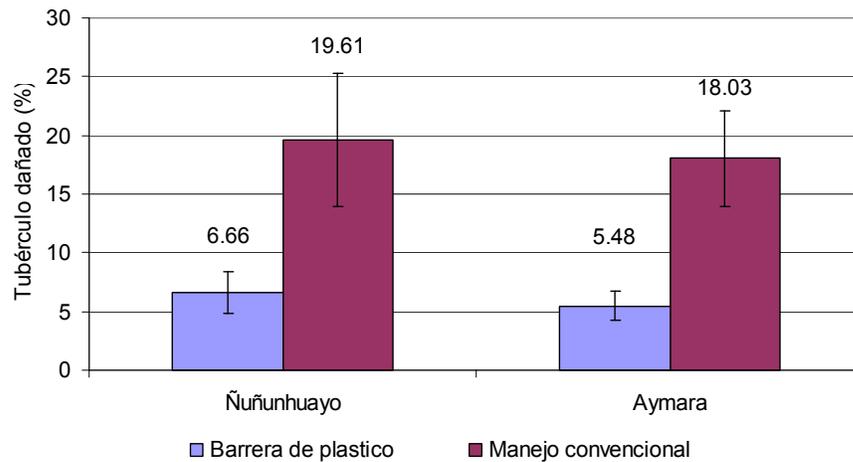


Figura 7. Porcentaje de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes en campos con barrera de plástico y con manejo convencional en las comunidades de Ñuñunhuayo y Aymará. Barras indican el error estándar. N = 40

Cuadro 7. Coeficiente de impacto ambiental (EIQ) en campos del agricultor con el manejo convencional de uso de insecticidas para el control del gorgojo de los Andes y en campos con barreras de plástico. Ñuñunhuayo, 2007.

Tratamientos	Insecticidas	Fungicidas	IEQ / ha / Campaña
Campo de agricultor	144.81 (24.48)*	46.72 (3.72)	191.50 (30.10)
Campo con barrera	0	32.88 (2.42)	32.88 (2.42)

* Error estándar



Lámina 6. Barreras de plástico para el control del gorgojo de los Andes. A) Agricultores recogiendo gorgojos que no ingresaron al campo de papa. B) Agricultor mostrando colectados fuera de la barrera de plástico, en Ñuñunhuayo, Jauja, Junín, Perú.

5.3 Atracticidas: una nueva alternativa para el control de las polillas de la papa

Introducción

Se han identificado feromonas sexuales para las tres especies del complejo PTM (*Phthorimaea operculella*²⁴, *Symmetrischema tangolias*²⁵, *Tecia solanivora*)²⁶. Desde entonces, se han utilizado como herramientas para monitorear la actividad de vuelo de los machos de PTM y comprender la dinámica poblacional de PTM en relación con los factores abióticos. Sin embargo, no se ha comprobado la eficiencia y las ventajas de su aplicación en el MIP, lo que no hace atractiva la comercialización de los productos de feromonas. La desorientación de la comunicación sexual de las polillas requeriría grandes cantidades de feromonas que sólo serían suficientemente confiables a bajas densidades poblacionales del insecto y aplicadas a gran escala. La captura masiva de polillas requeriría de un cuantioso despliegue de trampas incrementando sus costos y reduciendo su practicidad. Sin embargo, las feromonas utilizadas como atracticidas no requieren de grandes cantidades de feromonas ni del mantenimiento de numerosas trampas. El atracticida elimina a las poblaciones de machos. Las experiencias con otros insectos lepidópteros sugieren un eficiente control en parcelas pequeñas y con mayores densidades de plagas, condiciones que reflejan la situación del cultivo de papa en los Andes. Los atracticidas tienen la gran ventaja de lograr un efectivo control con una mínima cantidad de insecticidas (< 15 ml ha⁻¹).

Objetivo

Probar en campo y almacén la formulación óleo-viscosa, basada en las feromonas sexuales específicas de las polillas de la papa, protectores UV e insecticidas de contacto, adaptando así experiencias recientes de la investigación sobre atracticidas, a las que se conoce también como investigación de "atraer y matar".

Materiales y métodos

El atracticida está compuesto por la feromona pura de *P. operculella*, de *S. tangolias* y el insecticida ciflutrina (100 g l⁻¹) como ingredientes activos. Además, se utilizaron emulsificantes, estabilizadores y fluidificantes. Para determinar la concentración óptima del insecticida, se evaluaron 6 tratamientos, 5 concentraciones del insecticida (0.35, 0.65, 1.25, 2.5, y 5.0 g l⁻¹ de ciflutrina) y el control, con una concentración de la feromona de 0.5 g l⁻¹. La cantidad del formulado fue una gota de 100 µl (para todos los ensayos). Se aplicó en una de las esquinas de la jaula de madera y se liberó 20 machos de la misma edad. La

²⁴ Persoons C., Voerman S., Verwiel P., Ritter F., Nooyen W., Minks A. 1976. Sex pheromone of the potato tuberworm moth *Phthorimaea operculella*: isolation, identification and field evaluation. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 20:289-300.

²⁵ Griepink F. 1996. Analysis of the sex pheromones of *Symmetrischema tangolias* and *Scrobipalpus absoluta*. Chapter 1. pp.22

²⁶ Nesbitt B.F., Beevor P.S., Cork A., Hall D.R., Murillo R.M., Leal H.R. 1985. Identification of components of the female sex pheromone of the potato tuber moth, *Scrobipalpus solanivora*. *Entomol. Exp. Appl.* 38:81-85.

sobrevivencia de los machos fue monitoreada cada día hasta la muerte de todos los machos, repitiéndose 3 veces cada experimento. La concentración óptima de la feromona se determinó en un olfatómetro circular, evaluando tres concentraciones (0.5, 0.25 y 0.125 g l⁻¹), a una concentración de 5 g l⁻¹ de ciflutrina y tres diferentes números de hembras de la polilla de la papa (2, 4 y 8 hembras), expuesto a 50 machos de la polilla de un día de emergido. La evaluación se realizó a las 24 horas y el ensayo se repitió 5 veces. La estabilidad del atracticida se evaluó a 20°C en laboratorio por 39 días y en condiciones naturales en campo por 36 días.

La efectividad del atracticida de ambas especies se evaluó en cuatro áreas agroecológicas (campo), tres en Perú y una en Australia, con la formulación estándar (0.5 g l⁻¹ de feromona, 5 g l⁻¹ de ciflutrina, gota de 100 µl y 2,500 gotas/ha). Además, se evaluó la densidad óptima de aplicación con 4 densidades para *P. operculella* (10,000, 2,500, 625 y 156.5 gotas/ha) y dos para *S. tangolias* (10,000 y 2,500 gotas/ha) (Lámina 7). El monitoreo de los machos se realizó mediante las trampas de feromonas evaluadas cada 24 horas. La infestación del follaje de papa se evaluó periódicamente en las 10 parcelas (5 tratadas y 5 control) durante aproximadamente dos meses, así como la infestación de tubérculos a la cosecha.

Para determinar la efectividad en almacenes, estos fueron simulados en jaulas de madera con infestación controlada de las dos especies de polillas, en ensayos independientes. Dos kilos de papa por cada jaula con tres gotas del atracticida en cada una de las cuatro repeticiones con sus respectivos controles. En cada una se liberó 20 parejas, cada 8 días en el caso de *P. operculella* y cada 15 días en el caso de *S. tangolias*. La evaluación se realizó después de 35 días para *P. operculella* y 75 para *S. tangolias*, evaluando el porcentaje e intensidad de tubérculos. Este ensayo fue repetido con mayor número de tubérculos y mayor población de polillas.

Resultados

El atracticida con ciflutrina (5 g l⁻¹) ocasionó con mayor rapidez la muerte del 50% para ambas especies luego de 24 horas, llegando al 100% luego de 3 días. La concentración de 0.5 g l⁻¹ de la feromona atrajo el doble de machos que 8 hembras vírgenes juntas. El producto tuvo una estabilidad de 37 días para *P. operculella* y 29 días para *S. tangolias* causando el 100% de mortalidad a los cuatro días de exposición. El mismo producto en condiciones de campo mostró una estabilidad del 100% hasta el sexto día, luego se observó una reducción a partir del día 12 llegando hasta un 70% de mortalidad para ambas especies.

Se demostró la efectividad del atracticida de *P. operculella* en las diferentes áreas agroecológicas, con una reducción de la población de machos entre el 86% y 98% en Perú y 96% en Australia. Esta efectividad se evidencia mejor en áreas de mayor tamaño como en Australia (2,500 m² y 15000 m²). La densidad de 10,000 y 2,500 gotas/ha fueron estadísticamente iguales, reduciendo la actividad de vuelo de los machos de ambas polillas en más del 90%. Las densidades de 625 y 156.5 gotas/ha redujeron la actividad entre el 50-60%. En el caso de *S. tangolias*, la

efectividad fue en promedio de 83%. La reducción de la población de machos influyó en el porcentaje de infestación, encontrándose 80% de infestación en los campos no tratados (Figura 8).

En los almacenes simulados, las diferencias fueron estadísticamente significativas. El porcentaje e intensidad de daño para los controles fueron de 89% y 40% para *P. operculella*; de 82% y 66% para *S. tangolias*, mientras que los tratados con los atracticidas presentaron un porcentaje e intensidad de daño de 12% y 5% para *P. operculella*; y 11% y 10% para *S. tangolias*. En el segundo ensayo se confirmaron los resultados obtenidos inicialmente.

Conclusiones

Los atracticidas para las polillas de la papa representan un componente efectivo y viable para reducir las poblaciones de las polillas de la papa en el campo y almacén.

Lecciones aprendidas y perspectivas futuras

El desarrollo exitoso del atracticida depende de la especie, ya que no responden de igual forma como fue el caso de *T. solanivora* con la que no se logró obtener el producto.

La formulación utilizada es una patente la cual será cedida al CIP para su manejo. Actualmente se está evaluando el registro para la comercialización y determinar la mejor manera para que pueda ser utilizada por los pequeños agricultores.

Publicaciones

Kroschel J., Zegarra O. 2008. Laboratory experiments towards the development of an attract-and-kill strategy for the potato tuber moth complex. Tropical agriculture. In. J. Kroschel and L. Lacey (eds.) Advances in Crop Research. 10:89-97

Kroschel J., Zegarra O. 2010. Attract-and-kill: a new strategy for the management of the potato tuber moths *Phthorimaea operculella* (Zeller) and *Symmetrischema tangolias* (Gyen) in potato: laboratory experiments towards optimizing pheromone and insecticide concentration. Pest Manag Sci 66:490–496

Informes institucionales

Kroschel J., Zegarra O. 2008. Attract-and-kill: A new strategy for the management of the potato tuber moth complex in potato fields and stores. Working Paper. International Potato Center. 20 p.

Schaub B., Zegarra O., Kroschel J. 2008. Development of an attract-and-kill strategy for the control of the Guatemalan moth *Tecia solanivora* (Povolny): Preliminary results from laboratory bioassays. Working Paper, International Potato Center. 9 p.

Presentaciones científicas

Kroschel J., Zegarra O. 2006. Laboratory experiments towards the development of an attract-and-kill strategy for the potato tuber moth complex, *Phthorimaea operculella* and *Symmetrischema tangolias*. World Potato Congress. In Boise, Idaho- USA. August 20-26, 2006.

Kroschel J., Zegarra O. 2007. Development of an attract-and-kill strategy for the potato tuber moth complex *Phthorimaea operculella* Zeller and *Symmetrischema tangolias* (Gyen) in Peru. XVI International Plant Protection Congress, October 15-18, Glasgow, UK, pp 576-577.



Lámina 7. Metodología de aplicación del atraccida para el control de la polilla de la papa en campo, con una gota de 100 ul y 2500 gotas/ha.

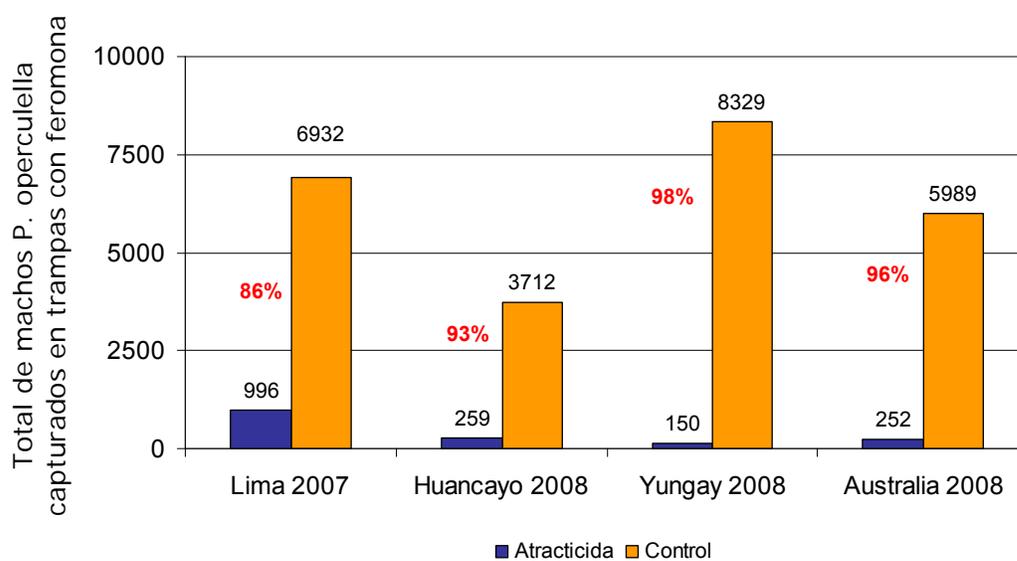


Figura 8. Reducción de la población de los machos de la polilla de la papa por efecto del atraccida en diferentes áreas agroecológicas.

6 Integración de los nuevos componentes de Manejo Integrado de Plagas

Introducción

Se han identificado varias estrategias de MIP para el manejo de plagas de papa en campo y en almacén, las cuales integran principalmente prácticas culturales, control biológico y control etológico. Durante el proyecto de FONTAGRO se han desarrollado alternativas ecológicas de manejo que respetan la presencia de los enemigos naturales, conservan y efectivizan su acción al reducir el uso de los plaguicidas químicos y utilizar la diversidad vegetal del paisaje. Con el uso de las barreras de plástico alrededor del cultivo de papa, se evita el ingreso de los gorgojos de los Andes al campo y como consecuencia se reducen las aplicaciones para su control y el daño ocasionado. Las aplicaciones del atracticida reducen las poblaciones de los machos en el campo y como consecuencia se reducen los daños a la cosecha y la infestación inicial con la que llegan los tubérculos al almacenamiento. En el pasado, el CIP estudió el granulovirus que infecta a *P. operculella* (*PoGV*) el cual fue muy exitoso para el control de esta plaga en almacenamiento, pero no controla a *S. tangolias*. Por este motivo, el CIP ha reformulado el *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*® (*Btk*) en talco (talco *Bt*) para su uso en almacén, el cual es integrado en la nueva estrategia MIP.

Objetivo

Evaluar la integración de los nuevos componentes desarrollados para el control de plagas, su efecto en el daño y rendimiento del cultivo de la papa.

Materiales y métodos

Se instalaron ensayos en 5 campos, integrando todas las estrategias evaluadas para el control de plagas. Parcelas MIP: uso de bordes (mostaza *Brassica rapa* subsp. *campestris*), policultivos (haba *Vicia faba*), barreras de plástico, aplicación de atracticidas (Lámina 8A), comparando con parcelas manejadas en forma convencional por agricultores y el testigo absoluto. Estos ensayos se llevaron a cabo en el valle del Mantaro (3300 msnm) en campos descansados o en rotación, con un área de 1000 m² por localidad. Se realizaron durante dos años consecutivos. Se utilizaron técnicas de colección pasiva (trampas de caída) y activa (evaluación directa y pasada de net) para el monitoreo de la biodiversidad de insectos y la evaluación de las principales plagas de papa y sus enemigos naturales. A la cosecha, se evaluó el rendimiento y los tubérculos provenientes de cada tratamiento fueron almacenados utilizando el talco *Bt* en tres localidades con tres repeticiones de cada tratamiento y evaluados luego de 5 meses.

Resultados

Las poblaciones de la pulguilla saltona (*E. yanazara*) fueron significativamente menores en el follaje del tratamiento de MIP comparado con el agricultor y el control, así como el daño ocasionado en planta. Las poblaciones de *Russelliana solanicola* también fueron menores significativamente en el tratamiento de MIP en comparación con el del agricultor y del testigo absoluto. Esta menor población de *E. yanazara*, y por consiguiente menor daño, podría deberse a la diversificación vegetal (haba y mostaza) del tratamiento de integración que no permite o interfiere en el reconocimiento de las plantas de papa. Los parasitoides de la familia Braconidae fueron los más representativos en los tratamientos de MIP; se presentaron tres especies de *Apanteles*, *Dolichogenidea gelechiidivoris* y dos especies de *Aphidius*. A la cosecha, los tratamientos de MIP y agricultor presentaron mayor peso de tubérculos sanos en todos los campos evaluados. De igual manera, ambos tratamientos presentaron significativamente menor peso de tubérculos dañados por el gorgojo de los Andes con relación al testigo ($P < 0.05$). Este menor daño del gorgojo se atribuye a la presencia de las barreras de plástico en los bordes de las parcelas de integración lo cual impide el ingreso de la plaga al campo de papa (Figura 9A).

Con relación a los rendimientos, las parcelas MIP y del agricultor fueron estadísticamente iguales y diferentes al control (Figura 9B). En todos los lugares se observó una interacción positiva entre la papa y el haba de las parcelas MIP, encontrándose valores de relación equivalente de tierras (LER) entre 1.39 y 2.52 entre los campos.

Todos los tubérculos almacenados de los diferentes tratamientos y tratados con el talco *Bt* tuvieron significativamente menor daño que los controles después de cinco meses de almacenamiento. Aunque el daño en los tubérculos no tratados provenientes de las parcelas MIP y del agricultor no fueron significativamente diferentes, el promedio de tubérculos dañados fue 10%, 14% y 23% en los tubérculos provenientes de las parcelas MIP, agricultor y control respectivamente (Lámina 8B 8C). Estos resultados indican que las infestaciones iniciales en tubérculos de las parcelas MIP y agricultor fueron menores que en las parcelas control, llevando una menor infestación a los almacenes.

En el contexto del proyecto financiado por FONTAGRO, se ha logrado implementar un Manejo Integrado de Plagas con nuevos componentes de control, el cual debe ser aplicado y difundido a los agricultores de la región Andina (Figura 10).

Conclusiones

El desarrollo de un método para el control del gorgojo de los Andes mediante el uso de barreras de plástico ha demostrado ser tan eficiente como el control químico, con las ventajas adicionales de proteger a los enemigos naturales y al ambiente. El uso de los atractivos para el control de la polilla de la papa, el incremento de la diversidad vegetal que interviene en la reducción de las poblaciones de otras plagas de follaje, así como el uso del talco *Bt* para el control de polilla en el almacenamiento, han demostrado su eficacia en el control de las plagas de papa. Este nuevo programa de MIP es sugerido para ser aplicado y difundido en la región andina.

Lecciones aprendidas y perspectivas futuras

A pesar que se ha demostrado que los bordes con *Brassica rapa* subsp. *campestris* incrementan los insectos benéficos, es difícil que los agricultores puedan adoptarlo. Sin embargo, se sugiere que las plantas florícolas, malezas y aromáticas puedan conservarse en los caminos, bordes, riberas cercanas a los campos de cultivos.

Informes institucionales

Cañedo V., Alcázar J., Zegarra O., Kroschel J. 2010. Evaluation of a new IPM strategy for potato productions systems of the Andean highlands. Working Paper (2010). International Potato Center. 33 p.

Schaub B., Kroschel J. 2008. Evaluation of commercial bioinsecticides and inert substances for the control of *Tecia solanivora* (Povolny) in potato storage. Working paper. International Potato Center, 19 p.

Presentaciones científicas

Cañedo V., Alcázar J., Kroschel J. 2010. Control de plagas en el cultivo de papa en la sierra central del Perú basado en la biodiversidad funcional. En: LII Convención Nacional de Entomología, del 24 al 28 de octubre 2010, Iquitos, Perú p.38

Kroschel J. 2010. Nuevas estrategias y perspectivas para el MIP de la papa en la región Andina. En: LII Convención Nacional de Entomología, del 24 al 28 de octubre 2010, Iquitos, Perú.

Kroschel J. 2010. "Desafíos y oportunidades para el manejo de plagas en papa en países en desarrollo". XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). 23 -28 de Mayo, Cusco-Perú.



A

B

C

Lámina 8. Integración de los nuevos componentes del Manejo de Plagas. A) Campo de papa con haba, barrera de plástico y bordes de *Brassica rapa* subsp. *campestris*. B) Tubérculos tratados con talco *Bt* en condiciones de almacenamiento. C) Tubérculos de papa sin tratar dañados con polilla después de 5 meses de almacenamiento.

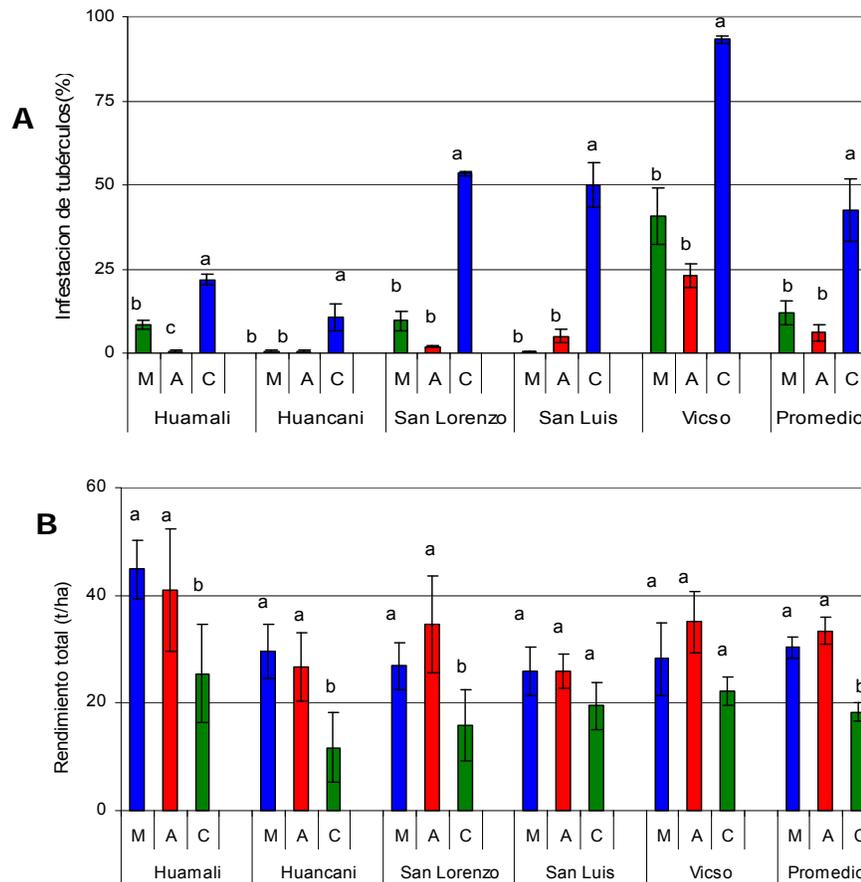


Figura 9. Efecto del Manejo Integrado de Plagas de papa con nuevas alternativas de control A) Daños del gorgojo de los Andes a la cosecha, B) Rendimiento de papa. M = MIP, A = Agricultor, C = Control

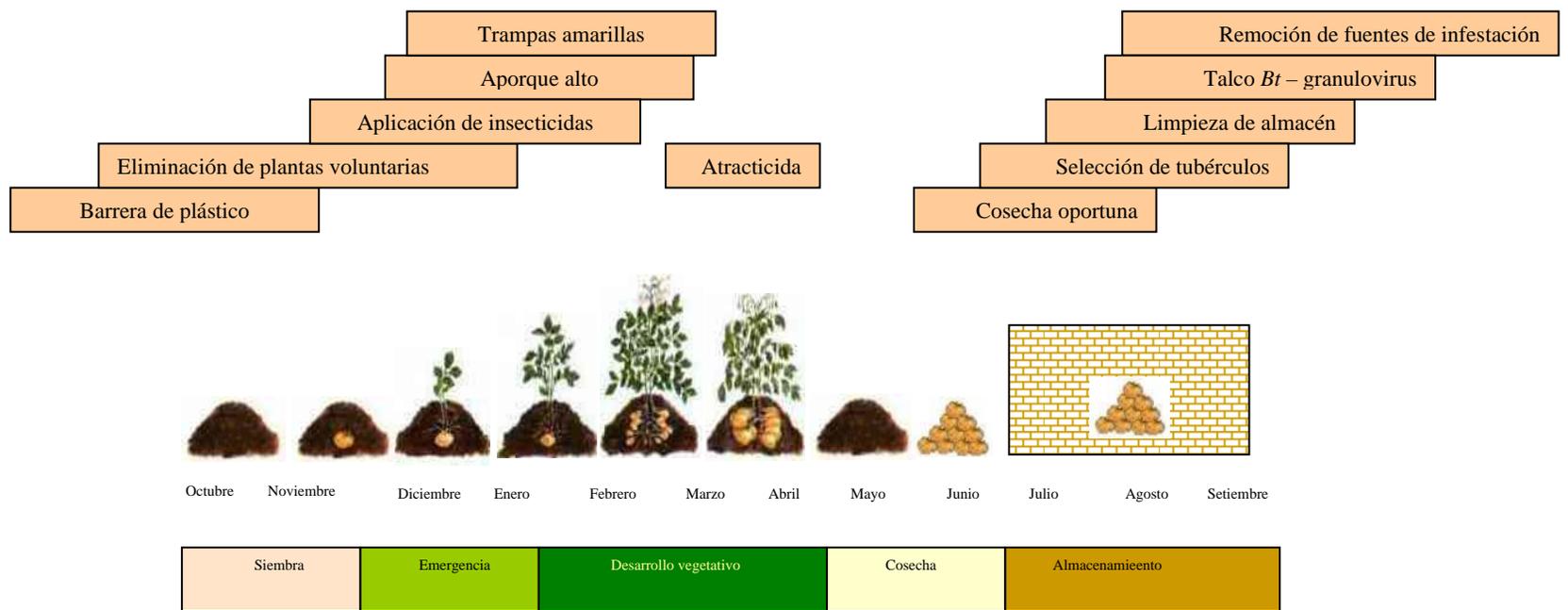


Figura 10. Esquema del Manejo Integrado de Plagas de papa con nuevos componentes de control.

7 Difusión de una nueva estrategia de Manejo Integrado de Plagas

Introducción

En el marco del proyecto financiado por FONTAGRO, los países involucrados, Ecuador, Bolivia y Perú, han aunado esfuerzos para buscar alternativas de manejo integrado de plagas de papa reduciendo y/o evitando el uso de insecticidas químicos altamente tóxicos. El proyecto se ha concentrado en las estrategias que apoyan la autorregulación de los ecosistemas agrícolas, integrando agentes de control biológico, el control mecánico y semioquímicos. La investigación brindará a los programas nacionales de extensión, tecnologías que ayuden a los agricultores en el control de las plagas de la papa, de forma sostenible y a bajo costo.

Objetivo

Las tecnologías desarrolladas serán validadas en investigación participativa con los agricultores y difundidas a los extensionistas de los programas nacionales, organizaciones gubernamentales y otras instituciones relacionadas para que pueda llegar a la mayor cantidad de agricultores de las regiones involucradas en el proyecto.

Materiales y métodos

Se inició la validación de las barreras de plástico en las comunidades de Ñuñunhuayo (3800 msnm) y Aymará (3900 msnm) en Perú, con la participación activa de 40 agricultores, quienes instalaron las barreras en sus campos de papa para compararlas con su manejo tradicional. La evaluación de daños a la cosecha se realizó con los mismos agricultores. Con la finalidad de conocer la percepción del uso y manejo de las barreras de plástico, se realizó una encuesta a 40 agricultores de la comunidad de Ñuñunhuayo. En coordinación con el Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Perú, se inició la validación del uso de las barreras de plástico en 5 regiones distribuidas en toda la sierra: Puno, Cusco, Ayacucho, Huancayo y Cajamarca.

En el último año del proyecto (2009 – 2010), para difundir y promocionar las barreras de plástico, se trabajó con 30 agricultores de 10 comunidades, 9 distritos en 5 provincias en el valle del Mantaro. Para lo cual se procedió con la visita y elección de comunidades, identificación de productores interesados en nuevas alternativas de control de plagas e instalación y conducción de parcelas demostrativas conjuntamente con los agricultores. Las parcelas demostrativas con barreras de plástico fueron instaladas en campos de agricultores en áreas entre 300 y 1800 m², los cuales tuvieron una sola aplicación de insecticidas. Los testigos utilizados fueron campos manejados por los agricultores quienes realizaron hasta cuatro aplicaciones de

insecticidas muy tóxicos. Al inicio de la campaña agrícola 2009-2010, se realizó un diagnóstico, mediante grupos focales y encuestas, en las comunidades seleccionadas para conocer los problemas de plagas de insectos y su forma de control. En coordinación con las instituciones gubernamentales, ONGs y comunidades se han organizado cursos, talleres, seminarios, charlas, conferencias y se han elaborado algunos materiales de capacitación. En Ecuador y Bolivia se han realizado cursos de capacitación, días de campo y ferias dirigidos a agricultores, técnicos y estudiantes.

Resultados

Los resultados de la validación de las barreras de plástico con agricultores de las comunidades de Ñuñunhuayo y Aymará fueron muy exitosos. Los daños a la cosecha en las 40 parcelas con barrera de plástico fueron en promedio 6%; mientras que en los campos de los agricultores donde aplicaron de una a 5 veces insecticidas muy tóxicos, el daño promedio fue 19%, tres veces más que una parcela con barrera de plástico donde no se aplicó ningún insecticida. Respecto a la percepción de los agricultores sobre el uso de las barreras de plástico, más del 95% de agricultores opinó que las barreras son útiles, reducen el daño y son de fácil instalación; entre las limitaciones, menos del 30% mencionó el viento, los animales y las lluvias. En coordinación con el INIA, la efectividad de las barreras de plástico en Ayacucho, Cajamarca, Huancayo y Puno fue igual que la aplicación de insecticidas y significativamente diferente de la parcela sin aplicación de insecticidas.

El gorgojo de los Andes y las polillas de la papa fueron las dos principales plagas mencionadas por los agricultores. Como resultados del diagnóstico en las 10 comunidades del valle del Mantaro, estas plagas son controladas con 3 a 5 aplicaciones de productos químicos de la categoría toxicológica Ia y Ib. Los resultados de las barreras con agricultores en el valle del Mantaro fueron igualmente exitosos. Los daños a la cosecha en 29 parcelas con barrera de plástico fue en promedio 2%, mientras que en los campos de los agricultores donde aplicaron de 3 a 5 veces insecticidas, el daño promedio fue 12%, seis veces más que una parcela con barrera de plástico (Figura 11).

Sobre la difusión, en Perú se han realizado 17 cursos de capacitación, un seminario, un taller, 10 charlas técnicas y 3 días de campo, donde han participado un total de 876 personas entre profesionales, técnicos, estudiantes y agricultores. En Bolivia se han realizado dos días de campo en las comunidades de Jalsuri y Chipanani en La Paz y un curso en Anzaldo (Cochabamba) con la participación de 43 personas. En el Ecuador, se han realizado dos cursos de capacitación sobre el uso de barreras de plástico y han participado en dos ferias ecológicas realizadas en Colta (Chimborazo) y San Gabriel (Carchi) donde asistieron 573 personas entre técnicos, estudiantes y productores. En total participaron 1531 personas en los tres países (Cuadro 8). Se han elaborado hojas divulgativas sobre "Control del gorgojo de los Andes con barreras de plástico" y "Como vive la pulguilla saltona o piqui piqui" las cuales han sido validadas por los productores. Así

mismo se ha producido un video sobre barreras de plástico y manuales de MIP dirigido a extensionistas y agricultores. El INIAP de Ecuador ha preparado la primera versión de una Guía de prospección y producción de nematodos entomopatógenos, la cual esta siendo revisada para su publicación local en Ecuador (Lámina 9).

Conclusiones

Los científicos del CIP, INIAP y PROINPA lograron capacitar y difundir a más de 1500 personas entre profesionales, técnicos, agricultores y estudiantes en las nuevas tecnologías desarrolladas de MIP, a través de cursos de capacitación, talleres, días de campo, conferencias, charlas, manuales, hojas divulgativas y videos en Perú, Ecuador y Bolivia.

Lecciones aprendidas y perspectivas futuras

Gracias a los resultados obtenidos en este proyecto se ha conseguido el financiamiento de BMZ para la ejecución del proyecto "Análisis económico, promoción y diseminación de prácticas ecológicas del manejo de plagas en el cultivo de papa en los Andes (Perú) y en la región del Hindu-Kush-Himalaya (Nepal)", el cual busca la adopción de las herramientas ecológicas por los agricultores en el marco de un MIP. Existe el interés por parte de las instituciones gubernamentales del Perú (SENASA, INIA) para incorporar el MIP en sus programas de capacitación a técnicos y agricultores.

Publicaciones

Gallegos, P. 2011. Guía de Prospección y Producción de nematodos entomopatógenos para el control biológico de plagas en Ecuador. INIAP, Quito, Ecuador.

Material de difusión

Alcázar J., Kroschel J. 2010. Hoja divulgativa: Control del gorgojo de los Andes con barreras de plástico. Centro Internacional de la Papa.

Cañedo V., Kroschel J. 2010. Hoja Divulgativa: Cómo vive la "pulguilla saltona o piqui piqui". Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.

Córdova M. 2009. Video: Uso de Barreras de plástico para el control del gorgojo de los Andes. Día de campo. Centro Internacional de la Papa Lima, Perú, 20'.

Kroschel J., Cañedo V., Alcazar J. 2010. Manual de capacitación para extensionistas: Manejo de plagas de la papa en la región Andina del Perú. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.

Kroschel J., Cañedo V., Alcazar J., Miethbauer T. 2010. Manual de capacitación para agricultores: Manejo de plagas de la papa en la región Andina del Perú. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.

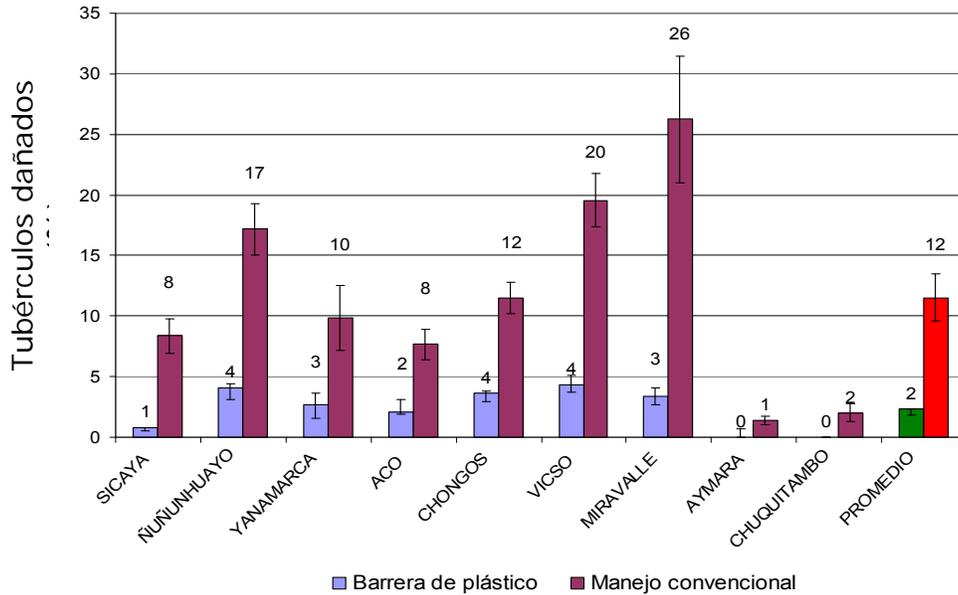


Figura 11. Porcentaje de tubérculos dañados por gorgojo de los Andes a la cosecha en parcelas con barreras de plástico y parcelas del agricultor con manejo convencional en 9 comunidades del valle del Mantaro.

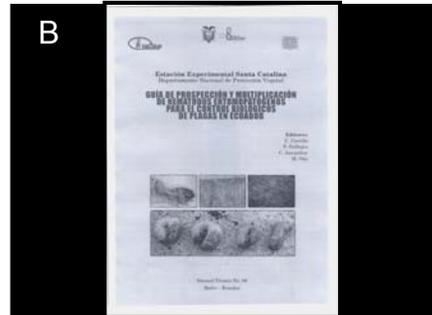
Cuadro 8. Actividades de capacitación y difusión de nuevas alternativas del manejo Integrado de Plagas.

Pais	Peru		Ecuador		Bolivia		Total
	Eventos	Participantes	Eventos	Participantes	Eventos	Participantes	
Cursos	17	494	2	73	1	17	604
Seminarios	1	30					31
Talleres	1	56					57
Charlas técnicas	10	122					132
Dias de campo	3	174			2	26	205
Ferias ecológicas			2	500			502
Total	32	876	4	573	3	43	1531

A



B



C



Lámina 9. Acciones de capacitación y difusión de las nuevas alternativas de Manejo Integrado de Plagas. A) Hojas divulgativas, B) Manual de nematodos entomopatógenos, C) Cursos de capacitación teórico-práctico.

8 Anexos

8.1 Lista de participantes del proyecto

Perú	Ecuador	Bolivia
Líder Jürgen Kroschel	Líder Patricio Gallegos	Líder Javier Franco
Asistentes Jesús Alcázar Verónica Cañedo Pablo Carhuapoma Manuel Córdoba Juan Carlos Gonzales Henry Juárez Reinhard Simon Marc Sporleder Octavio Zegarra	Asistentes César Asaquibay Carmen Castillo	Asistentes Luis Crespo Gladys Main
Técnicos Carlos Mendoza Francisco Ochoa Marcelo Trebejo Antonio Trillo Adan Vega	Técnico Marcia Oña	
Estudiantes <i>Doctorado</i> Alfredo Arturo Ríos Birgit Schaub <i>Maestría</i> Rossana Capcha Chuquiyaauri Susan Mayta Delzo <i>Pre –grado</i> Carlos Bartra More Omar Buendía Martinez José Castillo Ticse Waldo Davila Peralta Elizabeth Fernández Montoya Maria Frugoni Baldassari Jeam Rojas Egoavil Laura Vásquez Vásquez	Estudiantes <i>Maestría</i> Eduardo Argotti Claudia Hernandez <i>Pre-grado</i> Egdo Francisco Báez Philippe Belmont Guerrón	