

Améliorer la sécurité alimentaire des agriculteurs des Andes équatoriennes grâce à la lutte intégrée contre les teignes de la pomme de terre

Jean-Louis Zeddam^{1,2}
Álvaro Barragán¹
André Pollet^{1,2}
Xavier Léry³
Patricio Gallegos⁴
Jovanny Suquillo⁴
Giovanni Onore¹

Mots-clés : ravageurs – agents de contrôle biologique – lutte intégrée – biodiversité virale – pomme de terre – dynamique des populations – marqueurs génétiques

Résumé

Le contrôle des teignes de la pomme de terre représente un défi majeur pour l'amélioration de la sécurité alimentaire des populations andines équatoriennes. Les recherches conduites par l'IRD et ses institutions partenaires visent à comprendre la biologie, la dynamique et la génétique des populations de ravageurs et comment celles-ci se trouvent affectées par différents facteurs biotiques et abiotiques. À partir de ces données se met en place une stratégie de lutte intégrée dont l'objectif est de permettre aux agriculteurs de réduire significativement les dégâts causés aux cultures par les teignes et, également, de limiter l'utilisation des insecticides chimiques.

Introduction

La culture de la pomme de terre est d'une importance majeure en Équateur, avec plus d'un million de personnes impliquées dans les activités de production, de transport et de commercialisation. Par ailleurs, les 590 000 tonnes de tubercules produites annuellement génèrent un chiffre d'affaires de 120

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Departamento de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Bioquímica, Av. 12 de Octubre, Apartado 17-01-2184, Quito, Équateur

2 IRD, Whymper 442 y Coruña, Apartado 17-12-857, Quito, Équateur

3 INRA, Laboratoire de Pathologie comparée, 30380 Saint-Christol-les-Alès, France

4 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Edificio MAG, Quito, Équateur

millions de dollars. Plus important encore, la pomme de terre représente un composant essentiel de l'alimentation des populations rurales, en particulier en zone andine. Divers facteurs affectent négativement la culture, tels les maladies, la dégradation des sols, le déficit en eau, etc. Cependant, ce sont les insectes ravageurs qui sont la cause de la crise très sévère qu'affrontent les agriculteurs ces dernières années. Les responsables de cette situation sont les teignes de la pomme de terre *Tecia solanivora* (Povolny) et *Symmetrischema tangolias* (Gyen). Les larves de ces deux espèces de lépidoptères provoquent des dégâts considérables au niveau des tubercules, spécialement durant le stockage (figure 1). *T. solanivora* a envahi successivement toutes les zones de production de pommes de terre d'Équateur après avoir pénétré dans le pays en 1996 en provenance de Colombie (Pollet *et al.*, 2003a). *S. tangolias* est entrée plus récemment dans des lots de tubercules importés du Pérou et son aire de distribution s'étend progressivement en direction du nord d'Équateur. Les deux espèces sont capables de développer rapidement des résistances aux différents types d'insecticides chimiques habituellement employés. Ainsi, les agriculteurs, dont presque 90 % vivent dans la pauvreté, doivent-ils affronter de nouveaux défis. L'objectif des travaux conduits par l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), la PUCE (Pontificia Universidad Católica del Ecuador), l'INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias,

Équateur), le CIP (Centro Internacional de la Papa, Pérou) et les autres institutions partenaires est multiple. En premier lieu, les recherches menées visent à comprendre la biologie, la dynamique et la génétique des populations de ces ravageurs et, également, à étudier la diversité des virus entomopathogènes qui les affectent. En second lieu, il s'agit de développer, d'évaluer et de valider des technologies de modélisation et de contrôle des populations de ravageurs. Enfin, ces technologies sont destinées à être transférées aux utilisateurs à travers la réalisation d'ateliers de formation et l'élaboration de matériels didactiques.

Résultats

Les travaux menés en Équateur ont permis d'accroître significativement nos connaissances sur *T. solanivora* et *S. tangolias*. Ils constituent la base à partir de laquelle se développent des méthodes de contrôle plus efficaces et moins agressives vis-à-vis de l'environnement. Les résultats les plus marquants concernent les aspects suivants:

Biologie, distribution et dynamique de la teigne de la pomme de terre *T. solanivora*

Dans une première phase, il a pu être établi que les pièges lumineux sont peu efficaces pour attirer les teignes par comparaison aux pièges à phéromones. L'utilisation de ces derniers a permis de montrer que l'activité sexuelle des mâles de *T. solanivora* se concentrait sur une

période très courte de la matinée (05h45 à 06h15). D'autre part, une cartographie au niveau national de la distribution de *T. solanivora* a montré que le ravageur est entré par la frontière nord et s'est dispersé ensuite à tout le pays (Barragán *et al.*, non publié). En raison de la capacité de vol limitée des adultes, l'invasion de nouvelles zones s'est réalisée à travers le commerce de tubercules (ou la circulation de sacs) infestés. Ces données ont servi pour édicter des recommandations destinées à limiter la dispersion du ravageur. Il a été démontré l'existence d'une corrélation positive simple entre le nombre de mâles tombés dans les pièges à phéromones et les dommages subis par les tubercules durant la même période. Finalement, il a été développé un modèle prédictif qui permet de déterminer avec 45 jours d'avance quel sera le niveau d'infestation par le ravageur au niveau des champs, cela en se basant sur 3 facteurs principaux : la pluviométrie mensuelle, la température maximale journalière et l'humidité relative à mi-journée (Pollet *et al.*, 2003b).

Dans le futur, un axe de recherche prioritaire consistera à acquérir des connaissances similaires sur *S. tangolias* et à mieux comprendre les interactions entre les deux espèces de teignes de la pomme de terre dans les zones où elles se trouvent désormais en sympatrie.

Génétique des teignes de la pomme de terre

Des séquences de deux gènes mitochondriaux (Cytochrome b et Cytochrome

oxydase 1) ont été utilisées pour construire un arbre phylogénétique des quatre principales espèces de teignes de la pomme de terre. De façon inattendue, *T. solanivora* est apparue génétiquement plus proche de *S. tangolias* que des deux autres espèces considérées (*Phthorimaea operculella* et *Tuta absoluta*). D'autre part, une comparaison de la diversité génétique des populations de *T. solanivora* présentes dans différentes zones a été conduite. Les populations originaires du Guatemala ont été trouvées polymorphes tandis que celles des autres pays (Venezuela, Colombie, Équateur) se sont révélées monomorphes, ce qui établit définitivement l'origine centroaméricaine de cette espèce (Dupas *et al.*, non publié).

Entre autres implications, ce résultat nous incite à considérer le Guatemala comme une aire privilégiée dans laquelle il faudrait consacrer des efforts particuliers pour la recherche d'agents de contrôle biologique spécifiques (virus, parasitoïdes). Des travaux en cours sont consacrés à relier la diversité génétique de *T. solanivora* à ses capacités d'adaptation à différentes conditions agro-écologiques.

Biodiversité virale

Les virus représentent une composante majeure de la biodiversité globale. Ils ont un rôle écologique très important, en particulier à travers l'influence qu'ils ont sur la dynamique et l'évolution de leurs populations-hôtes. En appliquant les protocoles classiques de multiplication, de purification et de caractérisation physico-chimique et

moléculaire des virus (Zeddám *et al.*, 1999), il a été identifié plus de 10 espèces virales différentes dans les populations équatoriennes de *T. solanivora*. Trois granulovirus différents ont été isolés, incluant le PhopGV (qui est actuellement utilisé pour formuler le biopesticide viral employé pour le contrôle de cette teigne de la pomme de terre). Il a pu être montré que différents isolats du PhopGV (figure 2A) présentaient des niveaux de virulence très distincts (dans un rapport de 1 à 10, Carrera *et al.*, 2002) et que la variabilité de cette caractéristique biologique était associée à une variabilité au niveau du génome viral (Léry *et al.*, non publié). Ainsi, il sera probablement possible d'identifier certains des déterminants génétiques qui modulent la virulence de ce pathogène. Par ailleurs, des virus non inclus appartenant à des groupes taxinomiques non encore décrits (van Regenmortel *et al.*, 2000) ont été étudiés. Parmi eux, le virus « Anchilibi », qui possède des particules virales isométriques d'environ 30 nm de diamètre contenant un ARN monocaténaire tripartite, semble être un candidat sérieux pour une utilisation en contrôle biologique (figure 2b). Des essais au laboratoire ont montré une mortalité très rapide (2-4 jours) des larves de troisième stade de *T. solanivora* y de *S. tangolias* lorsque celles-ci sont exposées au pathogène.

Parmi les perspectives ouvertes par ces résultats, il faut souligner la possibilité de produire des biopesticides viraux

plus efficaces (en termes de rapidité d'action, de doses à appliquer et de spectre d'hôtes). Sur un autre plan, les nouveaux virus trouvés constituent des sources de gènes potentiellement intéressants pour des applications biotechnologiques.

Lutte intégrée contre les teignes de la pomme de terre

Les dégâts provoqués par les teignes ont un fort impact économique (6 millions de dollars de pertes en 2001 à cause de *T. solanivora* dans la seule zone de Carchi, au nord d'Équateur, et plus de 50 millions de dollars annuels pour toute la Colombie). Comme conséquence de cette situation, la santé des personnes se trouve directement affectée. En effet, l'utilisation irraisonnée et excessive de pesticides chimiques dans le but de contrôler les teignes se traduit par un niveau important d'intoxications graves et de morts parmi les agriculteurs et leur famille (CIP, 1997). D'autre part, la contamination environnementale (et, en particulier celle des eaux) a un impact majeur et durable sur tout l'écosystème. Pour cette raison, ont été menées des actions de promotion pour la rationalisation de l'utilisation des pesticides chimiques. En parallèle, ont été développés divers composants utilisables dans le cadre de la lutte intégrée contre les ravageurs. Plus d'une dizaine de technologies ont été évaluées et validées tant au champ (exposition des semences au soleil, préparation adéquate du sol, buttage, irrigation par aspersion, rotation

de cultures, élimination du feuillage à maturité de la plante, etc.) qu'au niveau des stockages (application de plantes répulsives et de biopesticide viral sur les tubercules, élimination des pommes de terre infestées, utilisation de sacs assurant une barrière physique contre l'entrée du ravageur, etc.). Des affiches, des vidéos et des fascicules ont été diffusés à divers groupes d'agriculteurs qui, de plus, ont reçu des formations au cours d'ateliers spécialement focalisés sur le thème des teignes de la pomme de terre.

Les tâches futures consisteront à diffuser massivement ces technologies parmi les paysans équatoriens et à engager des actions complémentaires pour renforcer certains aspects (en particulier, assurer une production à grande échelle d'un biopesticide viral standardisé et certifié).

Conclusions

Les travaux conduits en Équateur par l'IRD et ses collaborateurs sur le thème des teignes de la pomme de terre ont porté sur plusieurs volets. D'abord, un réseau de collaborations nationales et régionales a été développé car la complexité du problème nécessite un effort coordonné de différentes entités ayant

des compétences complémentaires. Grâce à cela, il a été possible d'engager des recherches qui ont permis d'obtenir des résultats marquants, en particulier dans les domaines de la biologie, de la dynamique populationnelle, de la virologie des insectes et de la génétique. Des efforts significatifs ont été investis dans la production, la validation et le transfert de technologies permettant un meilleur contrôle des teignes de la part des paysans. Les diverses connaissances acquises durant les recherches menées par les institutions collaboratrices, tout comme les stratégies validées pour la lutte contre ces ravageurs, auront une portée sensiblement plus grande que le seul Équateur. En effet, les teignes représentent un problème qui affecte largement toute la zone andine. L'Équateur se voit durement touché par *T. solanivora* et *S. tangolias*. D'autres pays connaissent des pertes à cause d'une seule de ces deux espèces tout en restant sous la menace d'une invasion par l'autre espèce. En effet, l'augmentation notable des échanges agricoles dans la région représente un important facteur de risques pour l'introduction de nouveaux ravageurs dans des zones qui n'étaient pas, au préalable, affectées par ceux-ci.



Figure 1
Dégâts provoqués sur
les tubercules par des
larves de *Tecia solanivora*
(photo : René Fonseca)

Daños provocados
en tubérculos por
larvas de *Tecia solanivora*

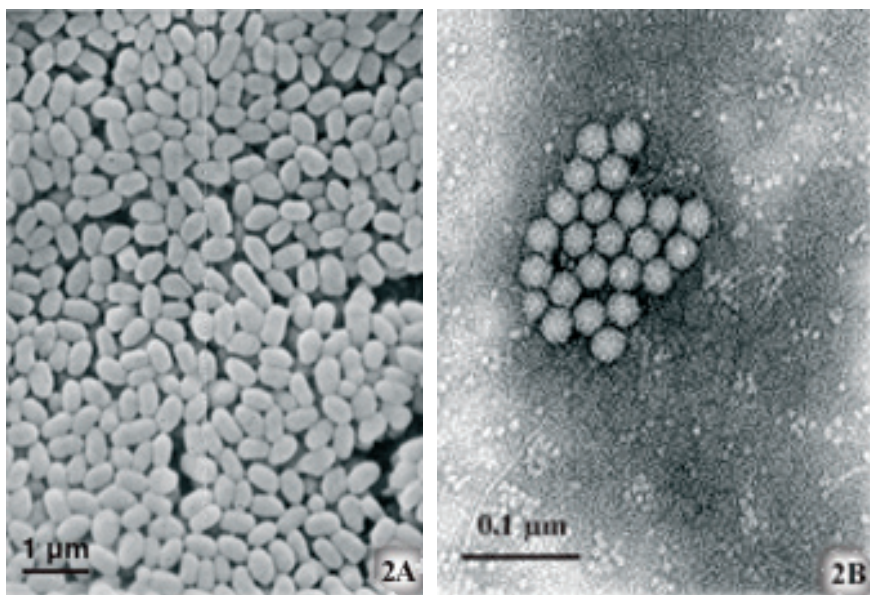


Figure 2
Deux types de virus isolés de *T. solanivora* en Équateur :
A) Granulovirus PhopGV (microscopie électronique de balayage) ;
B) Virus Anchilibi (microscopie électronique de transmission)
photos : Jean-Louis Zeddám

Dos tipos de virus aislados de *T. solanivora* en Ecuador:
A) Granulovirus PhopGV (microscopía electrónica de barrido)
B) Virus Anchilibi (microscopía electrónica de transmisión)

Références bibliographiques

- Carrera, M. V., Zeddám, J.-L., Léry, X., Pollet, A., López-Ferber, M., (2002), Evaluation of the Biological Activity of *Phthorimaea operculella* granulovirus, Tunisian 95 strain, *Abstracts of AFP's Sixth International Conference on Pests in Agriculture*, Montpellier, 4-6 décembre, p. 447-452.
- Centro Internacional de la Papa (1997), *Economic, Environmental, and Health Tradeoffs in Agriculture: Pesticides and the Sustainability of Andean Potato Production*, Crissman, C., Antle, J.M., Capalbo, S. M. (eds.), 281 p.
- Pollet, A., Barragán, A., Zeddám, J.-L., Léry, X., (2003a), *Tecia solanivora*, a Serious Biological Invasion of Potato Cultures in South America., *International Pest Control*, 45 (3): 139-144.
- Pollet, A., Barragán, A., Lagnaoui, A., Prado, M., Onore, G., Aveiga, I., Léry, X., Zeddám, J.-L., (2003b), Predicción de daños de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) 1973 (*Lepidoptera: Gelechiidae*) en el Ecuador, *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas*, 29 (2): 233-242.
- Van Regenmortel, M.H.V., Fauquet, C. M., Bishop, D. H. L., Carstens, E. B., Estes, M. K., Lemon, S. M., Maniloff, J., Mayo, M. A., McGeoch, D. J., Pringle, C. R., Wickner, R. B. (eds.) (2000), *Virus taxonomy. Classification and Nomenclature of Viruses. Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, Academic Press, San Diego, USA, 1162 p.
- Zeddám, J.-L., Luna, J., Ravallec, M., Lagnaoui, A. (1999), A Noda-like Virus Isolated from the Sweetpotato Pest *Spodoptera eridania* (Cramer) (*Lep., Noctuidae*), *Journal of Invertebrate Pathology*, 74: 267-274.

Incremento de la seguridad alimentaria de los agricultores de los Andes ecuatorianos gracias al manejo integrado de las polillas de la papa

Palabras clave: plagas – biocontroladores – manejo integrado de plagas – biodiversidad viral – papa – dinámica de poblaciones – marcadores genéticos

Resumen

El control de las polillas de la papa aparece como un desafío mayor para mejorar la seguridad alimentaria de las poblaciones de los Andes ecuatorianos. Las investigaciones llevadas a cabo por el IRD e instituciones asociadas ayudan a entender la biología, la dinámica y la genética de las poblaciones de plagas, y cómo éstas se ven afectadas por diferentes factores bióticos y abióticos. En base a ello se está desarrollando una estrategia de manejo integrado de plagas (MIP) cuyo objetivo es permitir a los agricultores reducir significativamente los daños causados por las polillas a los cultivos, y limitar el uso de insecticidas químicos.

Introducción

El cultivo de papa es de suma importancia en Ecuador, con más de un millón de personas involucradas en las actividades de producción, transporte y comercialización. Por otra parte, las 590.000 toneladas de tubérculos que se producen por año generan utilidades de 120 millones de dólares. Más importante

aún, la papa es un componente esencial de la dieta de las poblaciones rurales, en particular en las zonas andinas. Diferentes factores adversos afectan al cultivo tales como: enfermedades, degradación de los suelos, déficit de agua, etc. Sin embargo, son las plagas de insectos los que han originado la severa crisis que afrontan los agricultores en estos últimos años. Las responsables de esta situación son las polillas de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen), especies de lepidópteros cuyas larvas causan daños considerables a los tubérculos, especialmente durante el almacenamiento. *T. solanivora* invadió progresivamente todas las zonas paperas de Ecuador después de haber ingresado al país en 1996 procedente de Colombia (Pollet *et al.*, 2003a). *S. tangolias* ingresó más recientemente con papas importadas de Perú y se está extendiendo hacia el norte de Ecuador. Ambas especies son capaces de desarrollar rápidamente una resistencia a los diferentes tipos de insecticidas químicos aplicados comúnmente. Así, los papicultores locales, de los cuales casi el 90% viven en la

pobreza, enfrentan nuevos desafíos. El objetivo de los trabajos desarrollados por el IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo) de Francia, la PUCE (Pontificia Universidad Católica del Ecuador), el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador), el CIP (Centro Internacional de la Papa, Perú) y otras instituciones colaboradoras es múltiple. En primer lugar, las investigaciones se están desarrollando para entender la biología, la dinámica y la genética de las poblaciones de estas plagas así como para estudiar la diversidad de los virus entomopatógenos que las afectan. Segundo, se trata de desarrollar, evaluar y validar tecnologías de predicción y de control de las poblaciones-plagas. Finalmente, se están llevando a cabo acciones de transferencia de estas tecnologías a los usuarios a través de talleres de capacitación y la elaboración de material didáctico.

Resultados

Los trabajos llevados a cabo en Ecuador han permitido incrementar significativamente nuestros conocimientos sobre *T. solanivora* y *S. tangolias*. Estos constituyen la base a partir de la cual se están desarrollando métodos de control más eficientes y menos dañinos para el ambiente. Los resultados más destacados se refieren a los siguientes temas:

Biología, distribución y dinámica de la polilla de la papa *T. solanivora*

En una etapa inicial, se determinó que las trampas de luz no son eficientes para

la atracción de polillas en comparación con las trampas de feromonas. Usando estas últimas, se observó que la actividad sexual de los machos de *T. solanivora* se concentra en un periodo muy corto de la mañana (5:45 a 6:15). Por otra parte, la cartografía a nivel nacional de la distribución de *T. solanivora* permitió determinar cómo ingresó la plaga por el norte y se dispersó progresivamente en todo el país (Barragán y otros, no publicado). Puesto que la capacidad de vuelo de los adultos es limitada, la invasión de nuevas áreas se realizó a través del comercio de tubérculos (o costales) infestados. Se utilizaron estos datos para formular recomendaciones orientadas a limitar la dispersión de la plaga. Se determinó que existe una correlación positiva simple entre el número de machos caídos en las trampas de feromonas y el daño a los tubérculos medido durante el mismo periodo. Finalmente, se estableció un modelo predicativo que permite anticipar con 45 días la tasa de infestación por la plaga en los campos, con base en tres factores esenciales: el total de lluvia mensual, la temperatura máxima diaria y la humedad relativa a mediodía (Pollet y otros, 2003b).

En el futuro, un eje de investigación prioritario consistirá en adquirir conocimientos similares sobre *S. tangolias* y entender mejor las interacciones entre las dos especies de polillas de la papa.

Genética de las polillas de la papa

Secuencias de dos genes mitocondriales (Citocromo b y Citocromo-

oxidasa 1) fueron usadas para construir un árbol filogenético de las cuatro principales especies de polillas de la papa. De manera inesperada, se estableció que *T. solanivora* es genéticamente más cercana a *S. tangolias* que a las otras dos especies consideradas (*Phthorimaea operculella* y *Tuta absoluta*). Por otra parte, se comparó la diversidad genética de las poblaciones de *T. solanivora* presentes en diferentes áreas. Aquellas originarias de Guatemala son polimorfas, mientras que las de otros países (Venezuela, Colombia, Ecuador) son monomorfas lo que da un respaldo definitivo al origen centroamericano de esta especie (Dupas y otros, no publicado).

Entre otras implicaciones, esto indica que se deberán desplegar esfuerzos particulares en Guatemala con el propósito de aislar controladores biológicos específicos (virus, parasitoides). Actualmente se realizan trabajos destinados a relacionar la diversidad genética de *T. solanivora* con sus capacidades de adaptación a diferentes condiciones agro-ecológicas.

Biodiversidad viral

Los virus constituyen un componente mayor de la biodiversidad global. Tienen un papel ecológico muy importante, por lo que influyen directamente en la dinámica y la evolución de las poblaciones huésped. Siguiendo los protocolos clásicos de multiplicación, purificación y caracterización físico-química y molecular de los virus (Zeddám y otros, 1999), se han aislado

más de 10 especies virales diferentes de las poblaciones ecuatorianas de *T. solanivora*. Se encontraron tres granulovirus distintos incluyendo el PhopGV (utilizado para la formulación de bioplaguicida viral para el control de esta polilla de la papa). Se estableció que diferentes aislamientos del PhopGV tenían niveles de virulencia muy distintos (rango de 1 a 10, Carrera y otros, 2002) y que la variabilidad de esta característica biológica estaba asociada a una variabilidad del nivel del genoma viral (Léry y otros, no publicado). Así, probablemente se podrán identificar determinantes genéticos modulando la virulencia de este patógeno. Por otra parte, se estudiaron virus no incluidos pertenecientes a grupos taxonómicos todavía no reportados (van Regenmortel y otros, 2000), entre ellos, el virus «Anchilibi», cuyas partículas virales isométricas de aproximadamente 30 nm de diámetro contienen 3 segmentos de ARN monocatenario, y que parece ser un candidato promisorio para su uso como controlador biológico. Experimentos de laboratorio mostraron una muy rápida mortalidad (2-4 días) de las larvas de *T. solanivora* y de *S. tangolias* de tercer estadio cuando fueron expuestas al patógeno.

Entre las perspectivas que abren estos resultados, se destaca el desarrollo de bioplaguicidas virales más eficientes (en términos de velocidad de acción, de dosis a aplicarse y de rango de huéspedes). Asimismo, los nuevos virus aislados constituyen fuentes de genes

potencialmente interesantes para la biotecnología.

Manejo integrado de las polillas de la papa

Los daños provocados por las polillas tienen un fuerte impacto económico (6 millones de dólares en pérdidas en 2001 a causa de *T. solanivora* en la zona papera del Carchi, al norte de Ecuador y más de 50 millones de dólares anuales para toda Colombia). Como consecuencia de tal situación, la salud de la gente se encuentra directamente afectada. De hecho, el uso inadecuado y excesivo de plaguicidas químicos para intentar controlar a las polillas se traduce en un nivel importante de intoxicaciones graves y muerte en los papicultores y su familia (CIP, 1997). Por otra parte, la contaminación del ambiente (y, en particular, de las aguas) tiene un impacto mayor y duradero sobre todo el ecosistema. Por ello se ha promovido la racionalización en el uso de plaguicidas químicos. Paralelamente se han desarrollado varios componentes de manejo integrado de las plagas. Más de una decena de tecnologías fueron evaluadas y validadas tanto a nivel del campo (insolación de la semilla, preparación adecuada del suelo, aporte cruzado, riego por aspersión, rotación de cultivos, eliminación del follaje maduro, etc.) como a nivel de bodegas (aplicación de plantas repelentes y de bioplaguicida viral en los tubérculos, eliminación de la papa contaminada, uso de costales que garanticen una barrera física a la entrada de la plaga,

etc.). Afiches, videos y folletos han sido difundidos entre grupos de campesinos quienes recibieron igualmente capacitación durante talleres especialmente enfocados hacia el tema de las polillas de la papa.

Las tareas futuras consistirán en difundir masivamente estas tecnologías entre los papicultores ecuatorianos así como en emprender acciones complementarias para fortalecer ciertos aspectos (en particular, desarrollar una producción a gran escala de un bioplaguicida viral estandarizado y registrado).

Conclusiones

Las acciones llevadas a cabo en Ecuador por el IRD y sus contrapartes sobre el tema de las polillas de la papa abarcaron diferentes ejes. En primer lugar, se desarrolló una red de colaboración a nivel nacional y regional pues la complejidad del problema implica un esfuerzo coordinado de diferentes entidades con capacidades complementarias. Gracias a ello, se pudieron emprender investigaciones que permitieron obtener resultados muy relevantes en las áreas de biología, dinámica poblacional, virología de insectos y genética, entre otras. Se desplegaron esfuerzos significativos en lo que es la producción, validación y transferencia de tecnologías permitiendo un mejor control de las polillas por parte de los campesinos. Tanto los conocimientos adquiridos durante las investigaciones de las instituciones participantes, como los componentes validados para el

control de estas plagas tendrán un alcance más allá de Ecuador. En efecto, las polillas de la papa constituyen un problema que afecta ampliamente a toda la zona andina. Ecuador se ve azotado por *T. solanivora* y *S. tangolias*. Otros países registran pérdidas causadas por una sola

de estas especies, pero pesa sobre ellos la amenaza de que la otra los invada a corto plazo, pues el notable incremento de los intercambios agrícolas en la región es un factor de riesgo importante para la introducción de nuevas plagas en áreas que antes no estaban afectadas.