

## INFORME FINAL PROYECTO FONTAGRO FTG-438/2005

Reducción del uso y desarrollo de resistencia de plaguicidas en el cultivo de arroz y frijol en Colombia, Venezuela y Ecuador.

### Instituciones ejecutoras

Institución Ejecutora Principal

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia, Teléfono (57)(2)4450000, FAX (57)(2)4450073

Investigador Líder: Gustavo Prado M.Sc, Proyecto Arroz, CIAT.

Correo electrónico: [g.prado@cgiar.org](mailto:g.prado@cgiar.org)

Instituciones Ejecutoras Asociadas

Instituto Nacional de Investigación agropecuaria (INIA), Venezuela.

Investigador Asociado: Reinaldo Cardona. Tel. (0255) 6652975; FAX (0255) 6652236.

[rcardona@inia.gov.ve](mailto:rcardona@inia.gov.ve)

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Investigador Asociado: Juan Miguel Bueno. Tel. (57)(2) 4450000; FAX 957)(2)4450073. [J.m.bueno@cgiar.org](mailto:J.m.bueno@cgiar.org)

Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz), Colombia. Investigador Asociado: Miguel Diago. Tel. (57)(8)2266169; FAX (57)(1)4252028. [subtecnica@fedearroz.com.co](mailto:subtecnica@fedearroz.com.co)

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.

Investigador Asociado: Giovanni Suquillo. Tel. (593 2) 2690-693-2697-496; FAX (593 2)2690-693

### ANTECEDENTES

La producción de alimentos, especialmente hortalizas y granos en los países en vía de desarrollo, tendrá que aumentarse en un 70% para poder abastecer a una población esperada de 6.5 billones de personas para el año 2020 (Yudelman et al. 1998). Para alcanzar estas metas de producción de alimentos, se requerirá tanto de un incremento sostenido en los rendimientos, como de una reducción de las pérdidas causadas por las principales plagas y enfermedades que atacan a los cultivos. A medida que aumenta el consumo de hortalizas en áreas urbanas de los países en desarrollo, los pequeños agricultores, tratando de incrementar sus ingresos, están acudiendo al cultivo de hortalizas como una alternativa más lucrativa. Al mismo tiempo, las hortalizas están siendo una opción muy importante de exportación. Los ingresos potenciales de estos cultivos con un alto valor agregado tales como tomate, habichuela, berenjena, melón, pimentón y otros, a menudo hacen que los pequeños agricultores apliquen grandes cantidades de insecticidas y fungicidas para asegurar su cosecha, controlando químicamente las diferentes plagas y enfermedades. El uso de plaguicidas sin embargo, es y continuará siendo importante para reducir las pérdidas causadas por las diferentes plagas y enfermedades en los años venideros. Dada

la dependencia actual sobre los plaguicidas químicos, junto con la incertidumbre existente acerca de muchas alternativas no químicas, es muy improbable que tengamos una agricultura libre de plaguicidas aún en las próximas décadas. Más aun, se espera que la demanda de plaguicidas aumente a medida que se intensifique la producción de cultivos en los países en desarrollo para suplir la demanda de alimentos. Dependiendo de los niveles de pérdidas y costos involucrados, un mejor manejo de las plagas será un componente estratégico para aumentar los alimentos disponibles en los países en vía de desarrollo. Por lo tanto, es necesario y conveniente que los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Integrado del Cultivo (MIC) incluyan el uso racional de estos plaguicidas químicos, basados en parte en el desarrollo de estrategias y manejo y prevención del desarrollo de resistencia a los plaguicidas por los insectos y patógenos. En general, el término resistencia se refiere a un cambio genético en los insectos y patógenos el cual resulta en una sensibilidad reducida a un plaguicida. Los niveles de resistencia a un plaguicida pueden ser medidos en el laboratorio, invernadero o en el campo mediante la exposición al plaguicida de una colección de miembros de una población recolectada en el campo y midiendo posteriormente la concentración efectiva que se necesita para inhibir o matar los individuos de dicha población.

Durante los años 1950 y 1960, los beneficios en el uso de fungicidas e insecticidas demostraron los efectos devastadores sobre el rendimiento de los cultivos causados por los insectos y patógenos. En aquella época, los plaguicidas eran lo que hoy conocemos como protectantes que actúan sobre múltiples sitios en un organismo, sin poseer mayores riesgos del desarrollo de resistencia. En los años 1960 y 1970 se introdujeron productos sintéticos, con modos de acción específicos, trayendo consigo problemas de desarrollo de resistencia, los cuales podían conducir a una pérdida total del control efectivo de una plaga. Como respuesta a estos problemas, en los países desarrollados se formaron comités de acción para el estudio de la resistencia a los plaguicidas. Un ejemplo, es el Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) desarrollado en 1981, el cual es encargado en promover programas de manejo del desarrollo de resistencia y programas educacionales para la implementación de estrategias diseñadas a reducir los riesgos del desarrollo de dicha resistencia (Russell, 1999).

Estudios recientes en Colombia han encontrado que los agricultores usualmente aplican químicos a las hortalizas una o dos veces por semana sin usar ningún equipo de protección (Cardona et al. 2001). Igualmente, a menudo beben y comen mientras aplican plaguicidas. En muchas ocasiones, los hijos de los agricultores participan en las aplicaciones de plaguicidas ayudando a sus padres en la preparación de mezclas y operación de equipos de aspersión. Niños y mujeres también están expuestos a plaguicidas cuando lavan sus ropas contaminadas, visitan campos recién aplicados, o al estar cerca de sitios de desecho de botellas que contienen plaguicidas. Una de las razones principales del reportado incremento en el uso de plaguicidas es el desarrollo de altos niveles de resistencia a estos plaguicidas por los insectos (Cardona et al. 2001; Rodríguez et al. 2003a; Rodríguez et al. 2003b) y los patógenos (Brent, 1995; Brent and Hollomon, 1998), conduciendo a un mayor consumo de estos químicos con el objetivo de evitar mayores pérdidas. Esta resistencia aparece generalmente como una respuesta al uso continuo de un mismo plaguicida, y una vez la resistencia aparece, esta es heredada dentro de la población de la plaga o patógeno. Para compensar por el desarrollo de resistencia a los plaguicidas, los agricultores se ven normalmente forzados a aplicar más frecuentemente utilizando dosis cada vez más altas. Esto desde luego aumenta los riesgos de contaminación ambiental y a la salud humana. El abuso de insecticidas en zonas de baja y mediana altitud en los Andes colombianos se encuentra bien documentado. Mientras que muchos agricultores usan dosis muy bajas (0.2 cc/L), otros usan dosis muy altas (4.8 cc/L) (Cardona et al. 2001). El número de aplicaciones por cultivo varía dependiendo de la región, pero un 24% de los agricultores encuestados hacen 10 o más aplicaciones. Por ejemplo, en la zona central de Colombia, los agricultores aplican hasta 22 veces sus cultivos de habichuelas durante su período de desarrollo de tres meses (Rodríguez et al. 2003a). En otras áreas, las aplicaciones en tomates y habichuelas llegan a ser hasta de tres veces por semana. Cerca del 70% de los agricultores en áreas de altitud media de Colombia utilizan insecticidas como única medida de control de la mosca blanca, minadores y otros insectos. En el

caso de arroz en Colombia, aunque una o dos aplicaciones serían suficientes para el control de las enfermedades durante los cuatro meses de ciclo de cultivo, es muy común que los agricultores apliquen cuatro a seis veces, en muchos casos sin ningún efecto de control de la enfermedad debido principalmente al desarrollo de resistencia del patógeno o a que las aplicaciones se hacen sin tener en cuenta el comportamiento de las poblaciones y los umbrales de daño (Diago, 2004; Gutierrez y Garcia, 2004; Russell, 1999; Damicone, 1999; Martinez y Acevedo, 2002). El costo promedio del control de enfermedades en arroz en Colombia asciende a US\$ 90 por hectárea, gastándose un total aproximado de US\$ 45 millones al año. Las altas aplicaciones de fungicidas no solamente incrementan los costos de producción del agricultor sino que también afectan su salud e incrementan los riesgos de contaminación del ambiente (Nivia, E. 2003; Gomez, L.E. 2003). Por más de 25 años la industria agrícola ha enfrentado los problemas debido al desarrollo de resistencia a los plaguicidas. El entendimiento de que se trata el desarrollo de esta resistencia, como se desarrolla, y como puede ser manejada, es crucial para asegurar una producción sostenible y un adecuado control de los patógenos e insectos con plaguicidas. De acuerdo a FAO, las importaciones de insecticidas y fungicidas en miles de dólares en el 2003 fueron de: Colombia (38.559 y 28.524, respetivamente), Venezuela (12.426 y 6.280), Perú (17.086 y 11.534), Ecuador (22.672 y 50.631), Bolivia (11.443 y 7.707). (FAO 2004).

En la actualidad, cuando la sostenibilidad (económica, técnica, ambiental) se constituye en el enfoque principal de la agricultura moderna, es importante hacer una amplia revisión de la situación actual en los países en vía de desarrollo, respecto al problema de desarrollo de resistencia a los plaguicidas. En general, las aplicaciones de plaguicidas son preventivas y hechas sin ningún conocimiento de las poblaciones de la plaga o patógeno, incidencia y severidad, o estado y desarrollo fenológico de los cultivos. Desde mediados de la década de 1970 hasta mediados de la década de 1990, el mercado mundial de los agroquímicos se cuadruplicó, sobrepasando los 32.000 millones de dólares, cifra que en el 2002 se redujo a cerca de 28 mil millones de dólares. Las formulaciones de plaguicidas registradas en Colombia casi se han duplicado en los últimos treinta años, pasando de 770 productos en 1974 formulados con base en 186 ingredientes activos, a 1370 en agosto de 2003, formulados con base en 400 ingredientes activos. Se sabe que al menos una quinta parte de estos ingredientes activos (77) se encuentran prohibidos o restringidos en otras partes del mundo por razones de salud y/o ambientales. Estos ingredientes activos están incluidos en 564 formulaciones comerciales (Nivia, E. 2003). En el año 2000 en Colombia, se utilizaron 35.886 toneladas de fungicidas y 12.743 toneladas de insecticidas (FAO, 2004). En el año de 1996 el cultivo con mayor demanda de plaguicidas fue el arroz con 21%. En general, pocos agricultores utilizan el servicio de asistencia técnica, y por lo menos una tercera parte son influenciados por vendedores de plaguicidas quienes recomiendan una gama amplia de plaguicidas (Cardona et al. 2001) para el control de plagas y enfermedades. Algunos de los cultivos que reciben un mayor número de aplicaciones de plaguicidas son el tomate, el frijol, la papa, y el arroz.

La mayoría de los plaguicidas (especialmente insecticidas y fungicidas) pertenecen a la categoría I (extremadamente peligrosos), y aún así, son manejados y aplicados sin mínimas precauciones de seguridad. El grupo químico de los organofosforados es el más ampliamente usado, con un 40% a 50% del mercado, seguido por los piretroides y carbamatos. Otro grupo significativo comprende los persistentes compuestos bio-acumulativos, los cuales afectan las hormonas que juegan un papel importante en el control del desarrollo animal. Con la aparición de la resistencia a los plaguicidas, el control de muchos insectos y patógenos depende de la aplicación de muchos plaguicidas y más frecuentemente de lo necesario. La producción y venta indiscriminada de agroquímicos, sumada a la incapacidad técnica y operativa de las autoridades que ejercen el control sobre su importación, manejo y uso, así como el compromiso de los fabricantes, comercializadores y usuarios de las mismas, contribuye a que en América Latina no se de un adecuado manejo de los mismos. El manejo integrado de plagas (MIP) considera como un componente importante el uso racional de los plaguicidas en el control químico de las enfermedades e insectos, y uno de sus objetivos principales es el de reducir el número de aplicaciones por ciclo de cultivo. Por lo tanto el MIP debe considerar el desarrollo de estudios sobre el monitoreo y la detección temprana del desarrollo de resistencia a los plaguicidas para

alertar a las instituciones competentes sobre el problema y poder desarrollar estrategias del manejo de la resistencia para mantener la vida activa de los plaguicidas, reducir el número de aplicaciones identificando los plaguicidas más eficientes, y al mismo tiempo proteger los recursos naturales y la salud humana. Es de suma importancia, que para reducir el número de aplicaciones de los plaguicidas, se genere información sobre la eficiencia de los plaguicidas usados actualmente, determinando la presencia o ausencia de resistencia a estos desarrollados por los insectos y patógenos. En general, el monitoreo de resistencia a los plaguicidas se realiza mediante la determinación del grado de sensibilidad a uno o más plaguicidas de muestras de insectos y patógenos recolectados en el campo. El monitoreo de la resistencia a los plaguicidas se ha realizado extensivamente en los últimos 30 años, especialmente en Europa, Estados Unidos y Japón, pero no en los países en vía de desarrollo. Políticas que apoyen el MIP, especialmente gubernamentales, deben apoyar estudios sobre el monitoreo de la resistencia a los plaguicidas, con el objetivo de poder disponer de información relevante que le permita tomar acción, regular, y eliminar el uso de aquellos plaguicidas que han perdido su eficiencia debido al desarrollo de resistencia.

## **1. RESUMEN EJECUTIVO ARROZ**

### **ARROZ**

El arroz es alimento básico para las dos terceras partes de la población del mundo. En Colombia se siembran al redor de 400 mil hectareas, distribuidas en 5 zonas a saber: Caribe seco, Caribe humedo, Alto Magdalena, Llanos Orientales y Valle del Cauca.

Se estima que para los próximos 20 años la producción de arroz se debe incrementar en un 40% para poder suplir la demanda de este cereal en el mundo. Sin embargo con el mejoramiento genético no se esta ganado mucho en los incrementos de los rendimientos del cultivo. Así como estan las cosas todo apunta hacia el desarrollo de buenas prácticas del cultivo que permitan que las variedades liberadas expresen todo su potencial de rendimiento.

El incremento de la temperatura en el planeta está generando la aparición de nuevos problemas patológicos en el cultivo, haciendo esto que los agricultores incurran en el control químico de manera indiscriminada para su control.

La presión generada por la utilización de productos químicos y el cambio climático hacen que las poblaciones de patógenos adquieran resistencia a algunos de los ingredientes activos que se utilizan actualmente para su control.

De acuerdo a información suministrada por la Federación Nacional de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ), los patógenos del cultivo de mayor importancia en Colombia son *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*. Siendo *Pyricularia grisea* endemico de la zona de los Llanos orientales y *Rhizoctonia solani* de la zona del Alto Magdalena, especialmente en los departamentos del Tolima y Huila.

Información suministrada por Reinaldo Cardona del INIA-Venezuela, indica que estos dos patógenos también se consideran los de mayor importancia en el cultivo de arroz en este país.

### **OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO Y METAS**

El objetivo general planteado en el proyecto fué:

Reducir el uso de plaguicidas en los cultivos de arroz y frijol mediante el desarrollo e implementación de estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Integrado del Cultivo (MIC), incluyendo el manejo del desarrollo de resistencia a los plaguicidas.

## **META**

Lograr reducir el uso de plaguicidas de alto riesgo para la salud del agricultor y el medio ambiente manteniendo un incremento en la seguridad alimentaría e ingresos del pequeño y mediano agricultor.

El proyecto estudió la problemática severa del uso excesivo de plaguicidas por los pequeños y medianos agricultores de Colombia y Ecuador. Se propuso desarrollar un sistema ecológico basado en el MIP a través del entendimiento de la ecología de los insectos y los patógenos y en el monitoreo del desarrollo de resistencia a los plaguicidas. El sistema se basó principalmente en el uso de variedades resistentes; promoción de la sanidad de la planta y nutrición de las misma, rotación de cultivos; rompiendo el ciclo de reproducción de insectos y patógenos; manejo de procesos biológicos para diversificar e incrementar las poblaciones de enemigos naturales; y el acumulamiento de evidencia de los riesgos actuales y potenciales del desarrollo de resistencia a los plaguicidas.

Se plantearon 4 objetivos específicos, los cuales se presentarán en el punto 2 a medida que se vayan discutiendo los resultados obtenidos.

## **METODOLOGÍA**

Para los estudios de pérdida de sensibilidad de los patógenos *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*, se desarrollaron dos metodologías, una a nivel de laboratorio y otra a nivel de invernadero. Se trabajo con una población de 36 aislamientos de P.grisea y 34 aislamientos de R.solani. Las metodologías se describen en punto 2 (Resultados e interpretación).

## **CAMBIOS**

No se presentó ningún cambio en particular durante el desarrollo del proyecto. Pero si quiero manifestar que los resultados que acontinuación se van a presentar son los obtenidos por los trabajos desarrollados por parte del personal de investigación del INIAP (Ecuador) y de los proyectos de arroz y frijol del CIAT (Colombia). No se presenta información del INIA (Venezuela), debido a que ellos no cumplieron con el plan de trabajo planteado para poder cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto.

## **PRODUCTOS FINALES**

En arroz se desarrollaron dos metodologías para la evaluación de la pérdida de sensibilidad de los dos patógenos más importantes del cultivo en Colombia, siendo ellos *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*.

De las dos metodologías la desarrollada a nivel de invernadero fue la que mostró resultados más contundentes y será la recomendada para posibles trabajos de esta indole a nivel regional, si es que las autoridades fitosanitarias determinan en un futuro la implementación de ella.

Se caracterizó patotípicamente una pequeña población del hongo *Pyricularia grisea*. Esta población estuvo conformada por 36 aislamientos colectados en los departamentos del Meta y Tolima. Este estudio permitió determinar que los aislamientos del Tolima colectados en el año 2008 son muy virulentos y son

capaces de romper la resistencia de las variedades Fedearroz 50 y Oryzica Llanos 5, las cuales presentan altos niveles de resistencia a este hongo, puesto que poseen 8 genes de resistencia a esta enfermedad. Los resultados indican que a estas dos variedades les debe incorporar el gen de resistencia Pi-1, puesto que los aislamientos provenientes del Tolima no son capaces de romper la resistencia de este gen. La caracterización de esta pequeña población de *Pyricularia* es muy importante por que le permite a los mejoradores diseñar sus cruzamientos para la obtención de variedades resistentes a este hongo. La información sobre éste trabajo se publicó en el informe anual del CIAT del año 2009.

Igualmente se desarrolló un plan de Manejo Integrado del Cultivo de Arroz haciendo énfasis en el uso de variedades resistentes a este patógeno y nutrición balanceada del cultivo apoyándose en análisis de suelos. La utilización de variedades resistentes acompañadas de un buen balance nutricional generará una disminución en el uso de fungicidas para el control de estos dos patógenos debido a que está comprobado que plantas bien nutridas desarrollarán mejores niveles de tolerancia a enfermedades.

En el mes de febrero de 2010 se realizó una capacitación en la ciudad de Neiva, Departamento del Huila, en la que participaron 120 agricultores. En la capacitación se presentaron los resultados obtenidos en el proyecto, haciendo el mayor énfasis en el uso racional de fungicidas para el control de *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*. Esta capacitación se realizó con el apoyo de la compañía "Cultivos y Semillas el ACEITUNO" de la ciudad de Ibagué, departamento del Tolima.

Los agricultores son conscientes que el uso indiscriminado de fungicidas causa un impacto negativo en el medio ambiente, en la salud humana e incrementan los costos de producción y muchas veces las inversiones en el control químico no mejoran sus rendimientos por fallas en los productos que utilizan. Es por esto que junto con FEDEARROZ continuamos capacitando a los productores en el uso de variedades resistentes a estos patógenos, buena preparación de suelos y nutrición balanceada del cultivo. Con la implementación de este sistema de manejo del cultivo, los productores han disminuido el número de aplicaciones químicas para el control de *R. solani* de una a dos aplicaciones, cuando anteriormente se hacían 3 o 4.

Esta en proceso un manual sobre Manejo Integrado de Enfermedades del Cultivo de Arroz.

## **IMPACTO**

El impacto de las tecnologías desarrolladas se podrá ver reflejado en la medida que los agricultores adopten las tecnologías. Confiamos en que estas tecnologías reducirán los costos de producción de los agricultores, puesto que de acuerdo a los resultados obtenidos en el proyecto ellos se podrán dar cuenta de la ventaja que representa para ellos y para el medio ambiente la disminución en el número de aplicaciones químicas y la utilización de variedades resistentes a los patógenos y plagas, los cuales son los pilares fundamentales en un plan de Manejo Integrado del Cultivo.

Otro impacto lo genera la metodología desarrollada a nivel de invernadero para la evaluación de la pérdida de sensibilidad de los dos patógenos de arroz estudiados, puesto que es una metodología más sencilla que se aproxima más a la realidad de la interacción planta-patógeno-fungicida.

Entregar a los fitomejoradores la información sobre cuales podrían ser los genes de resistencia de mayor importancia para su utilización en la obtención de germoplasma con resistencia a *Pyricularia grisea*.

Se ha llegado a la comunidad arrocera con esta información con el fin de crear conciencia en el uso de sistemas MIE (Manejo Integrado de Enfermedades), que permitan reducir el uso indiscriminado de fungicidas y a la vez rotar aquellos que ya no son efectivos o que están perdiendo efectividad para el control de patógenos, como es el caso de Kasugamicina, evitando de esta manera que se sigan incrementando las poblaciones de individuos resistentes a ciertos fungicidas haciendo cada vez más difícil su control.

## RESUMEN EJECUTIVO FRIJOL

El excesivo uso de plaguicidas por pequeños productores de fríjol en la zona Andina se ha convertido en un serio problema que afecta el medio ambiente, la salud de los productores y la sostenibilidad de la producción. Este uso excesivo de agroquímicos, también ha originado serios problemas por el desarrollo de resistencia a insecticidas de los principales insectos que afectan este cultivo. Se propone la cuantificación del uso de insecticidas, la determinación de niveles actuales de resistencia en los más importantes factores bióticos que limitan la producción y el desarrollo de alternativas de control de plagas que permitan reducir el uso de químicos en por lo menos 60%. El objetivo final es entonces desarrollar sistemas de Manejo Integrado de Plagas que permitan disminuir la carga de tóxicos en agroecosistemas de producción de fríjol en Colombia y Ecuador. Los sistemas MIP que se desarrollan como resultado de los trabajos que contempla la propuesta deben ser aceptables por parte de los agricultores de tal manera que el resultado final sea una estrategia que les permita combinar diferentes medios de lucha contra plagas sin sacrificar rendimientos.

*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), el biotipo B de *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Thrips palmi* Karny y *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), son las principales plagas del fríjol en la Zona Andina de Colombia y Ecuador. Se hicieron 299 encuestas en 44 municipios de 8 departamentos en Colombia y en 4 cantones de 2 provincias al Norte del Ecuador, para diagnosticar la problemática de estas plagas, en cultivos de fríjol y habichuela. El 62.3% del área muestreada en Colombia y el 37.7% en el Ecuador es afectada por moscas blancas. Por encima de 1400 msnm predomina *T. vaporariorum* y entre 900 y 1400 msnm existe un complejo de *T. vaporariorum* y el biotipo B de *B. tabaci*. *L. huidobrensis* está presente en el 66.7% del área monitoreada en Colombia y el 33.3% de Ecuador, en alturas superiores a 1400 msnm. *T. palmi* ocurre en el 75.8% del área en Colombia y en el 24.2% del área en Ecuador. Afecta principalmente el fríjol en alturas superiores a los 1600 msnm. El 75%, 84.5% y 60% de los agricultores encuestados en Colombia y Ecuador usan insecticidas como único método para controlar mosca blanca, minador y trips respectivamente. El 46.2% hace aplicaciones tipo calendario, el 47.2% aplica cuando ve al menos un insecto plaga y sólo el 5% utiliza los umbrales de acción respectivos para ejercer control. El porcentaje de agricultores que hacen más de 10 aplicaciones por ciclo de cultivo para controlar mosca blanca, minador y trips es 28.1%, 79% y 67.2%, respectivamente. El 72.6% se autoformula con subdosis o sobredosis de los productos, esto favorece el desarrollo de resistencia a insecticidas.

El problema de los insecticidas se agrava cada día más, se evaluaron los niveles de resistencia a organofosforados, carbamatos, piretroides, neonicotinoides, reguladores de crecimiento y misceláneos en adultos e inmaduros de estos insectos en 28 localidades de los dos países. Para *T. vaporariorum*, *B. tabaci* biotipo B y *T. palmi*, se usaron las metodologías y dosis diagnóstico previamente establecidas por CIAT en razas susceptibles bajo condiciones controladas. Además, se calcularon las líneas base,  $CL_{50}$  y dosis diagnóstico para thioxyciam hidrógeno oxalato en adultos de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* biotipo B y para fipronil, cipermetrina y metamidofos en adultos de *T. palmi*. También se establecieron las líneas

base, CL<sub>50</sub> y dosis diagnóstico en una raza susceptible de *L. huidobrensis* mantenida en CIAT; sobre adultos se evaluaron metomil, clorpirifos y cipermetrina mediante la técnica de viales impregnados y en larvas de primer ínstar, cyromazina y abamectina por inmersión del follaje. Las dosis diagnóstico calculadas sobre adultos e inmaduros de las cuatro especies de insectos, se utilizaron para medir la resistencia en zonas de campo con uso crítico de insecticidas. Se detectaron altos niveles de resistencia de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* biotipo B a insecticidas convencionales y algunos casos de resistencia a imidacloprid y buprofezin. *T. palmi*, presentó resistencia a metamidofos, cipermetrina y fipronil. *L. huidobrensis* mostró resistencia a cipermetrina, metomil y abamectina en localidades con excesivo uso de plaguicidas.

La propuesta de manejo desarrollada por el CIAT, esta basada en le monitoreo de poblaciones para determinar el umbral de acción de *Trialeurodes vaporariorum*,, *Thrips Palmi* y el minador *Liriomyza hudobrensis*, con el fin de minimizar el uso de insecticidas, disminuir el desarrollo de resistencia de estas plagas a los insecticidas, crear mejores condiciones ambientales para favorecer el desarrollo de enemigos naturales, y lo mas importante favorecer al agricultor de la contaminación con insecticidas altamente tóxicos. Esta propuesta, logró que el agricultor mantuviera y en algunos casos aumentara la producción (Rto), con la ventaja de obtener mejor beneficio/ costo con relación a su manejo tradicional. Adicional al menor gasto en insecticidas obtuvo una mejor calidad de vida al tener menos exposición a estos químicos. Se hicieron capacitaciones a través de charlas informativas y de escuelas de campo, metodología que sigue siendo la mejor herramienta para llagar con información practica al agricultor. La finalidad del proyecto de reducir el uso de plaguicidas de alto riesgo para la salud del agricultor, reducir los riesgos en la salud en niños, mujeres, consumidores y el medio ambiente, manteniendo un incremento en la seguridad alimentaria e ingresos del pequeño y mediano agricultor, puede verse a largo plazo cuando los agricultores adopten estas tecnologías.

## **2. RESULTADOS OBTENIDOS Y SU INTERPRETACIÓN**

### **METODOLOGÍA**

La metodología y los resultados se presentarán por separado para cada cultivo.

### **CULTIVO ARROZ**

Se utilizaron diferentes metodologías para cumplir con los objetivos planteados.

**OBJETIVO 1.** Caracterizar el uso actual de plaguicidas en Colombia, Venezuela y Ecuador en cultivos y áreas determinadas.

Para este cultivo se tomó como base información de FEDEARROZ, la cual permitió hacer un diagnóstico fitosanitario del cultivo en Colombia. Apoyados en esta información se determinó cuales son los principales patógenos que afectan el cultivo y los fungicidas que los agricultores utilizan para su control y su frecuencia de aplicación.

### **RESULTADOS**



Se determinó que los patógenos de mayor importancia en Colombia son *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*, ambos son hongos que causan pérdidas considerables en el cultivo. Para el caso de *P. grisea*, cuando las variedades que se siembran son susceptibles y las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad las pérdidas pueden alcanzar el 80%. Esta enfermedad es endémica de los llanos orientales de Colombia. Para el caso de *Rhizoctonia solani*, si las variedades son susceptibles y las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad, las pérdidas pueden alcanzar el 40%. La mayor presión de esta enfermedad se presenta en la zona centro de la producción arrocerá del país específicamente en los departamentos del Tolima y Huila.

En la tabla 1 se presenta la lista de los fungicidas (Ingredientes Activos que se utilizan con mayor frecuencia en Colombia para el control de estos dos patógenos. Para el control de *P. grisea* se hace una aplicación química en hoja y dos en espiga. Par el control de *R. solani* se pueden llegar a hacer hasta cuatro aplicaciones en el ciclo del cultivo.

**Tabla1.** Ingredientes activos utilizados en Colombia para el control de *P. grisea* y *R. solani*.

	Ing. activo	Formulación	Grupo FRAC	Compañía	Patógeno
1	Azoxystrobin	250 g/L	Strobilurin	Syngenta	Pyr - Rhiz
2	Triciclazol	75%	Mel. Bios. Inh.	Dow	Pyricularia
3	Kasugamicin	2%	Antibiotic	Fedearroz	Pyricularia
6	Trifloxystrobin + Propiconazole	125 g/L + 125 g/L	Strobilurin + DMI-Triazole	Bayer	Pyr - Rhiz
7	Carpropamida	300 g/L	Mel. Bios. Inhib.		Pyricularia
9	Propineb	70%	Dithiocarbamate	Bayer	Pyricularia
10	Carbendazim	500 g/L	Benzimidazole	Bayer	Pyr - Rhiz
11	Tebuconazole + Triadimenol	225 g/L + 225 g/L	DMI-triazole + DMI-triazole	Bayer	Pyr - Rhiz
13	Mancozeb	430 g/L	Dithiocarbamate	Fedearroz	Pyricularia
14	Propiconazole + Difeconazole	250 g/L + 250 g/L	DMI-Triazole + DMI-Triazole	Syngenta	Rhizoctonia
15	Validamycin	3%	Antibiotic	Fedearroz	Rhizoctonia
16	Iprodione + Bromuconazole	266 g/L + 133 g/L	Dicarboximide + DMI-Triazole	Bayer	Rhizocotonia
17	Epoxiconazole + Carbendazim	125 g/L + 125 g/L	DMI-Triazole + Benzimidazole	Basf	Rhizoctonia
18	Thifluzamide	240 g/L	Oxathiin	Dow	Rhizoctonia
19	Flusilazol	400 g/L	DMI-Triazole	Dupont	Rhizoctonia
20	Cyproconazol	100 g/L	DMI-triazole	Syngenta	Rhizoctonia
22	Epoxiconazole+ Kresoxim metil	125 g/L + 125 g/L	DMI-Triaz + Strobilur- Oxime ether	Basf	Rhizoctonia
23	Mancozeb	420 g/L	Dithiocarbamate	Barden	Pyricularia
24	Flutolanil	200 g/L	Oxathiin-anilide / Carboximide	Bayer	Rhizoctonia

**OBJETIVO 2.** Monitorear el desarrollo de resistencia a los plaguicidas en insectos y patógenos seleccionados.

Se implementaron dos metodologías una a nivel de laboratorio (*in-vitro*) y otra bajo condiciones controladas en invernadero que permitan evaluar la pérdida de sensibilidad de los patógenos de arroz (*Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani*) a los fungicidas que se están utilizando en Colombia para el control de estos dos patógenos.

Para llevar a cabo esta metodología se utilizaron 34 aislamientos de *R. solani* y 36 aislamientos de *P. grisea*. Estos aislamientos pertenecen a la colección de cepas de hongos del Proyecto de Arroz de CIAT que fueron colectados durante diferentes años y provenían de diferentes zonas arroceras del país y de diferentes variedades. (Tablas 2 y 3).

**Tabla 2.** Aislamientos de *R. solani*

<b>Aislamiento</b>	<b>Sitio de Colección</b>	<b>Variedad de origen</b>	<b>Fecha de Colección</b>
1953	Tolima	Oryzica 1	1988
1957	Santa Rosa	Línea F3	1987
2064	Tolima	Oryzica 1	1988
2630	Santa Rosa	Oryzica 1	1999
2822	Tolima	Fedearroz 50	2003
2823	Meta	Fedearroz 50	2003
2824	Meta	Fedearroz 50	2003
2826	Meta	Fedearroz 50	2003
2830	Huila	Suelo	2003
2831	Tolima	Suelo	2003
2871	Santa Rosa	Esparcidor	2004
2911	Tolima	Cimarrón	2004
2925	Valle	CT16658-5-2-2SR-2	2005
2939	Huila	Fedearroz 50	2005
2941	Tolima	Fedearroz 50	2005
2943	Meta	Línea 30	2005
2954	Santa Rosa	Línea No. 3	2005
2959	Santa Rosa	Línea Vioflar 2005	2005
2960	Santa Rosa	Línea mejoramiento	2005
2976	N de Sant.	Prosequisa	2006

<b>3007</b>	<b>Meta</b>	<b>Progreso 425</b>	<b>2006</b>
<b>3042</b>	<b>Tolima</b>	<b>LV 73033 (2)</b>	<b>2007</b>
<b>3043</b>	<b>Tolima</b>	<b>Fedearroz 50</b>	<b>2007</b>
<b>3044</b>	<b>Tolima</b>	<b>FL 03188 (4)</b>	<b>2007</b>
<b>3045</b>	<b>Tolima</b>	<b>CF 205</b>	<b>2007</b>
<b>3046</b>	<b>Tolima</b>	<b>Fedearroz 473 (6)</b>	<b>2007</b>
<b>3050</b>	<b>Tolima</b>	<b>Fedearroz 473 (10)</b>	<b>2007</b>
<b>3051</b>	<b>Tolima</b>	<b>Fedearroz 369 (11)</b>	<b>2007</b>
<b>3052</b>	<b>Tolima</b>	<b>Fedearroz 473 (12)</b>	<b>2007</b>
<b>3053</b>	<b>Huila</b>	<b>Coprosem 1</b>	<b>2007</b>
<b>3054</b>	<b>Tolima</b>	<b>Fedearroz 50</b>	<b>2007</b>
<b>3055</b>	<b>Huila</b>	<b>Fedearroz 50</b>	<b>2007</b>
<b>3057</b>	<b>Huila</b>	<b>Cimarrón Barinas</b>	<b>2007</b>
<b>3070</b>	<b>Valle</b>	<b>ACD 2528</b>	<b>2007</b>

**Tabla 3.** Aislamientos de *P. grisea*.

Aislamiento	Sitio de Colección	Variedad de origen	Año de colección
19907	Meta	75-1-127	2004
19925	Tolima	Oryzica 1	2005
19959	Meta	Alejandra 318	2005
19967	Meta	Fedearroz 809	2005
19995	Meta	Fedearroz 369	2005
20071	Meta	CT 13432-107	2005
20088	Córdoba	Fedearroz 2000	2006
20100	Meta	Progreso 425	2006
20112	Meta	Fortaleza	2006
3-C8	Meta	Cica 8	1988
8137	Valle del Cauca	Fanny	1993
19486	Valle del Cauca	Fedearroz 2000	2003
19813	Tolima	Cimarrón	2003
19956	Meta	Coprosem 1	2005
20013	Meta	Improarroz 1550	2005
20081	Meta	Oryzica Llanos 5	2005
20093	Tolima	Fedearroz 809	2006
20104 ??	Tolima	Progreso 425	2006
639	Meta	Ceysvoni	1989
8714	Meta	Cica 9	1994
20071	Meta	CT 13432-107	2005
20168	Meta	Empasca 104	2007
20169	Meta	Fanny	2007

20203	Meta	Fedearroz 369	2008
20204	Meta	Fortaleza	2008
20205	Tolima	I-17	2008
20208	Tolima	II-2	2008
20209	Tolima	I-18	2008
638	Meta	Oryzica 1	1989
16931	Meta	Fedearroz 369	1999
13242	Meta	Oryzica 1	1997
13262	Meta	Línea 2	1997
19601	Meta	Colombia XXI	2003
20179	Meta	Fedearroz 50	2007
20184	Meta	Improarroz 1550	2008
20106	Meta	Alejandra 318	2006

Para las pruebas *in-vitro* realizadas en esta investigación se utilizó el medio de cultivo PDA mezclado con los ingredientes activos (i.a) utilizados para el control de cada hongo.

Se utilizaron 12 concentraciones de los ingredientes activos para los ensayos *in-vitro*: 100mg/L, 30mg/L, 10mg/L, 3mg/L, 1mg/L, 0.3mg/L, 0.1mg/L, 0.03mg/L, 0.01mg/L, 0.003mg/L, 0.001mg/L, 0.0001mg/L. Estas concentraciones se utilizaron debido a que los resultados en estos estudios normalmente se expresan como los logaritmos de las concentraciones que se usan (  $10^{-3}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^0$ ,  $10^1$ , y  $10^2$ ) Entonces los logaritmos serían: -3, -2, -1, 0, 1, 2 quedando uniformemente distribuidos en una grafica que se presenta en forma sigmoideal). A veces a la concentración que queda con el logaritmo 1 (concentración  $10^1$ ) hay resistencia y la grafica no quedaría muy clara. Se espera que a la concentración  $10^2$  (logaritmo 2), no hay resistencia y entonces la germinación de las esporas o crecimiento del hongo fuera 0 y la grafica lo mostraría. La mayoría de los investigadores cuando están desarrollando una curva de sensibilidad incluyen estas concentraciones.

Las mismas concentraciones fueron utilizadas para ambos patógenos con el objetivo de determinar la IC50 (concentración mínima en la cual se inhibe el crecimiento del hongo en un 50%).

Para determinar la IC50 en los aislamientos de *Rhizoctonia solani* se tomó como parámetro de medida, el crecimiento radial del micelio del hongo. Para el caso de *Pyricularia grisea* se tomó

como parámetro de medida, el número de esporas germinadas en una muestra de 50 esporas. Como testigo se utilizaron dos cajas con medio de cultivo PDA por cada aislamiento sin concentración del producto.

Para el caso de los fungicidas que pertenecen al grupo de las strobilurinas y que actúan bloqueando el metabolismo respiratorio de los hongos, se adicionó al medio de cultivo mezclado con el fungicida Salicylhydroxamic acid (SHAM) a una concentración de 100µg/ml de acetona. El SHAM inhibe otras rutas respiratorias que utilizan los hongos para poder evadir la acción del ingrediente activo. Hay que tener en cuenta que esto sólo se da en estudios *in-vitro*.

Para el caso de *Rhizoctonia solani*, los aislamientos se sembraron y se incubaron a 28°C durante 4 días, tiempo en el cual el testigo sin aplicación ya había cubierto totalmente la caja. Se tomaron 4 datos por caja y se sembraron 2 cajas por aislamiento.

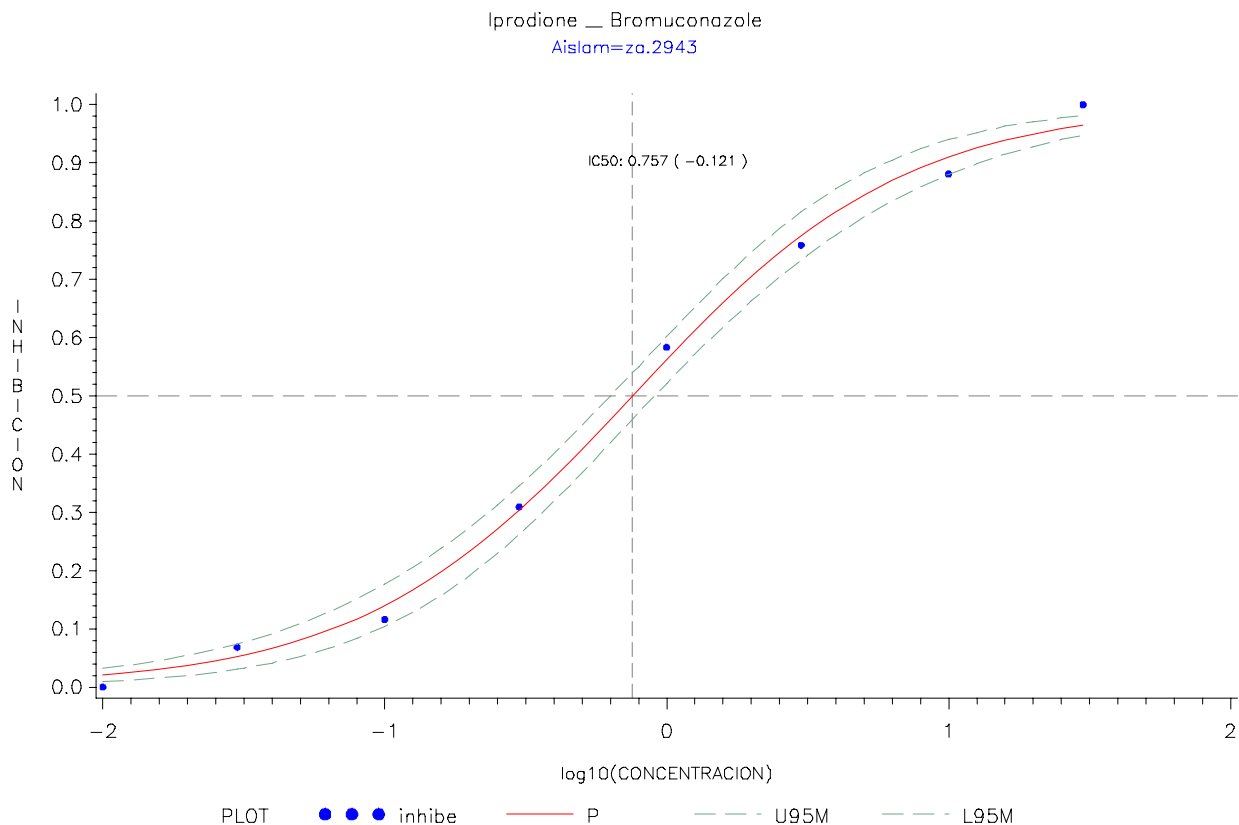
Los análisis de los resultados obtenidos *in-vitro* con los aislamientos de *Rhizoctonia solani* se hicieron con el modelo E-max, debido a que corresponde a una respuesta gradual.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Por lo general en estos estudios, los resultados se presentan en gráficos, para los cuales el eje Y representa el porcentaje de inhibición en el crecimiento del hongo, y el eje X representa las concentraciones del ingrediente activo utilizado expresado en log en base 10.

Lo que se espera es que con los datos obtenidos y representados en el gráfico se forme una curva sigmoideal como se puede observar en el gráfico No. 1; este gráfico indica que el aislamiento Tol. 2943 no ha perdido sensibilidad al i.a (Iprodione + Bromuconazole), pues se observa claramente la forma sigmoideal que se genera al unir los puntos de las diferentes concentraciones expresadas en log. Para este caso la concentración de i.a que se necesita para inhibir el 50% en el crecimiento del micelio del hongo es 0.757 µg/100ml, la cual es una concentración muy baja. Esto indica que con poca concentración de éste i.a se puede inhibir en un 100% el crecimiento de este aislamiento.



**Gráfico 1.** Comportamiento del aislamiento Tol. 2943 frente a las diferentes concentraciones del i.a Iprodione + Bromuconazole. Se observa que la IC50 es de 0.757 $\mu$ g de ingrediente activo/100ml.

El resultado observado en este gráfico, indica que el aislamiento 2943 tiene un comportamiento normal y que no ha perdido sensibilidad al i.a.

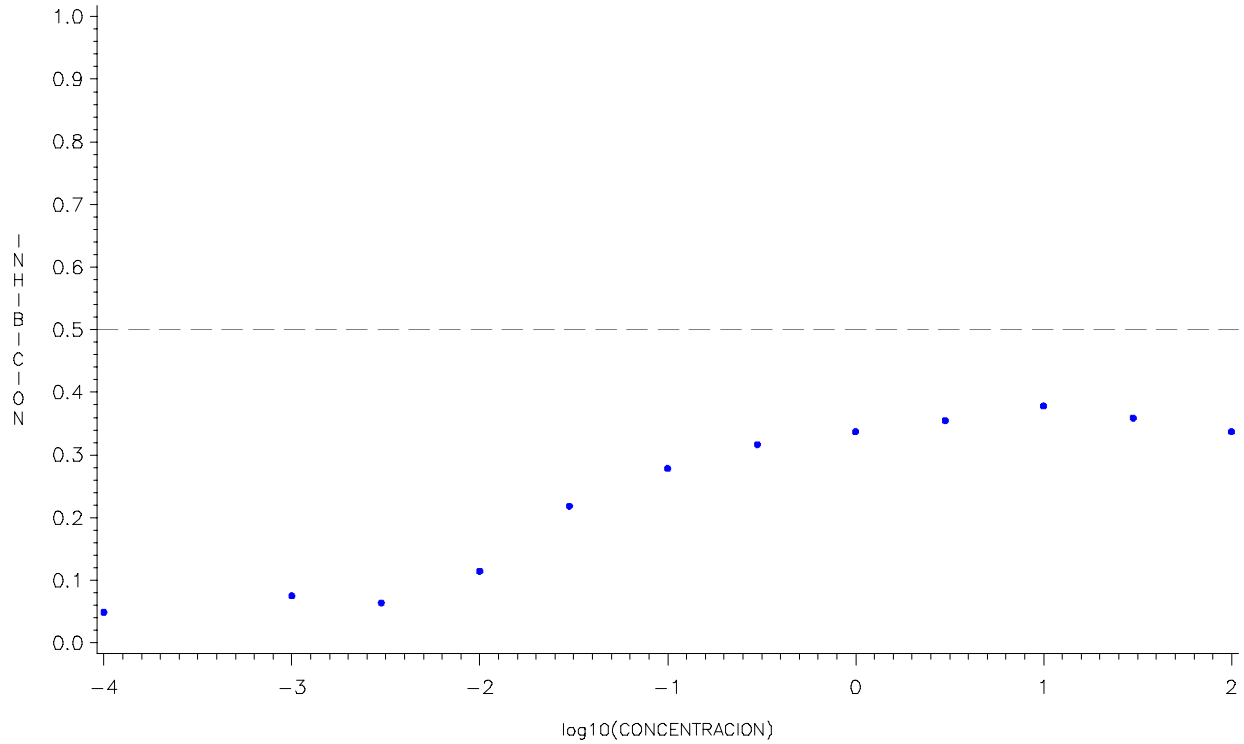
El campo descrito por el permite concluir lo siguiente:

- a. Las concentraciones de i.a utilizadas permiten cubrir todo el espectro de respuesta.
- b. Puede determinarse la concentración letal media (IC50) en el nivel de 0.757.
- c. El producto puede utilizarse como medida de control para este patógeno, si muestra un nivel de control semejante al que ejerce sobre este aislamiento particular.

Otros resultados como el que puede verse en el gráfico 2 indican que el aislamiento 3045 ha perdido sensibilidad al i.a Azoxystrobin. Quiere decir esto que se necesitan concentraciones muy altas del i.a para que haya control del aislamiento. En este caso particular ninguna de las dosis produjo un nivel de inhibición mayor al 40%.



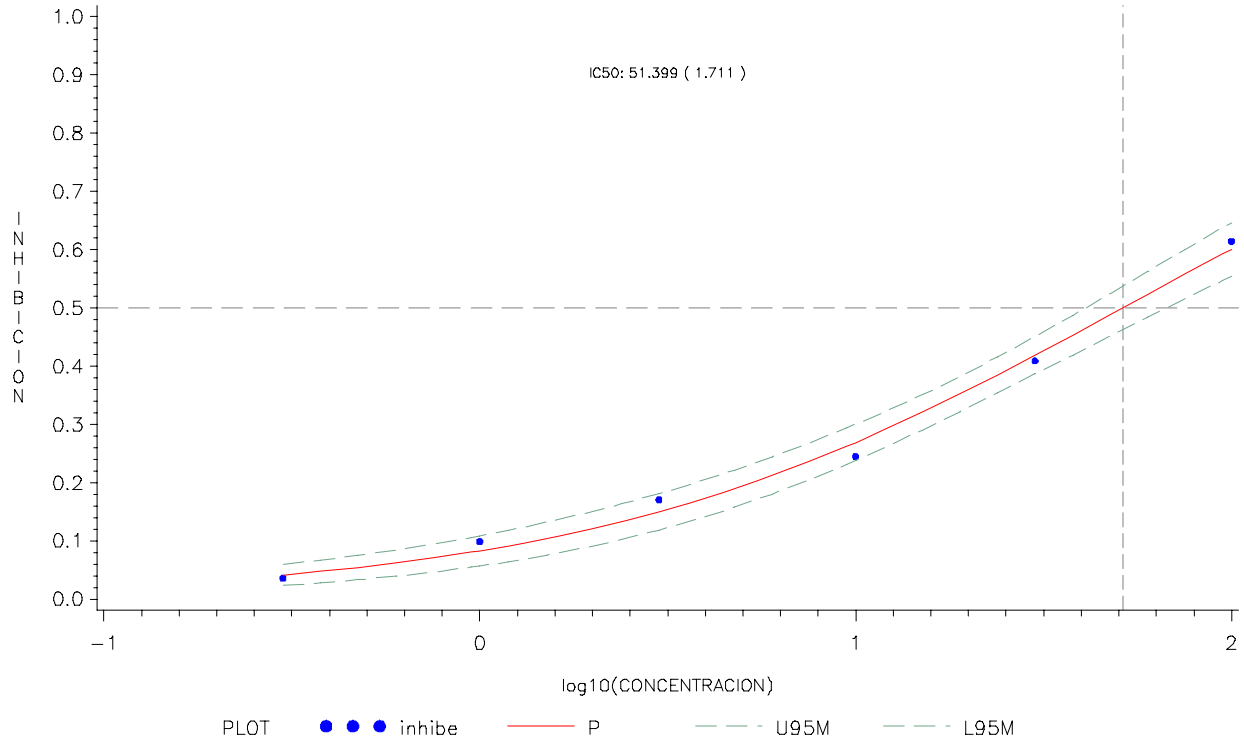
Azoxystrobin  
Aislam=f.3045



**Gráfico 2.** Todos los puntos están por debajo de la línea que indica el 50 % de inhibición en el crecimiento del hongo. Esto quiere decir que el aislamiento 3045 no puede tener un control satisfactorio (Inhibición  $\geq$  50%) con las dosis probadas para este i.a.

También se pueden obtener resultados, como el que se presenta en el **gráfico3**; que pueden indicar que el crecimiento de los aislamientos no es inhibido totalmente o que tal vez se necesite explorar más concentraciones de i.a. que puedan indicar un nivel de respuesta más claro.

Epoxiconazole \_ Carbendazim  
Aislam=t.2823



**Gráfico 3.** En el aislamiento 2823 no se observa inhibición suficiente en su crecimiento.

Los resultados también mostraron que en muchos de los aislamientos no hay convergencia y que se deben explorar nuevas dosis que permitan dar una mejor explicación al comportamiento de estos.

En la tabla 4, se presenta en forma resumida cuantos aislamientos no han perdido sensibilidad a cada i.a, cuantos han perdido sensibilidad parcialmente, cuantos han perdido sensibilidad y a cuantos el modelo no puede explicar su comportamiento.

**Tabla 4.** Porcentaje de aislamientos con respuesta diferencial a los ingredientes activos (Aislamientos usados 34)

Ingrediente activo	Comportamiento de los aislamientos			
	% de aislamientos susceptibles	% de aislamientos Parcialmente Resistentes	%. de aislamientos Resistentes	% de aislamientos con problema de estimación
Cyproconazol	64.7	0	0	35.3
Azoxystrobin	0	76.4	20.5	2.9
Iprodione + Bromuconazole	76.4	0	0	23.5
Carbendazim	32.3	0	17.6	50
Epoconazole + Carbendazim	58.8	38.2	2.9	0
Epoconazole + Kresoxim metil	79.4	0	0	20.5
Flutolanil	55.8	0	0	44.1
Thiﬂuzamide	26.4	2.9	2.9	67.6
Flusilazol	64.7	0	0	35.2
Tebuconazole + Triadimenol	79.4	0	0	20.5
Trifloxystrobin + Propiconazole*	29.4	0	0	61.7
Propiconazole + Difeconazole	58.8	0	0	41.1
Validamycin	41.1	11.7	0	47

\*= Para este ingrediente activo se evaluaron 31 aislamientos

Con la información presentada en la tabla 4. Se puede observar que para los ingredientes activos Azoxystrobin (96.9%), Epoconazole + Carbendazim (41%) y Validamycin (11.7%), un alto porcentaje de los aislamientos evaluados han perdido sensibilidad a su efecto controlador. También se puede ver que el ingrediente activo Azoxystrobin es el menos eficaz para el control de los aislamientos de este patógeno utilizados en este estudio. Como Azoxystrobin pertenece al grupo de las Strobilurinas, los resultados obtenidos confirman lo que reporta la literatura acerca de capacidad que tienen los patógenos para perder su sensibilidad a los ingredientes activos que pertenecen a este grupo de fungicidas.

La mayoría de los estudios de pérdida de sensibilidad de los patógenos a los fungicidas son realizados *in-vitro* (Rebollar-Alviter *et al* 2007), utilizando otras técnicas más especializadas se generan mutantes de los microorganismos en estudio, para tratar de indentificar el sitio donde se ha generado la mutación que confiere la resistencia al ingrediente activo (Sik Kim *et al* 2003; Adame y Koller, 2003; Suzuki *et al* 2010). Para muchos investigadores estos estudios deben ir acompañados de trabajos *in-vivo* que permitan corroborar los resultados obtenidos *in-vitro* (Rebollar-Alviter *et al* 2007).

Por lo anterior los estudios realizados a nivel *in-vitro* en éste proyecto fueron acompañados de trabajos *in-vivo*.

Para los estudios *in-vivo*, con el fin de determinar la pérdida de sensibilidad de los aislamientos de *Rhizoctonia solani* utilizados en los ensayos hechos a nivel de laboratorio se desarrolló la siguiente metodología:

## ESTUDIOS EN INVERNADERO

### Metodología de laboratorio

Para este ensayo se utilizó la variedad de arroz Lemont por ser una variedad altamente susceptible al Añublo de la Vaina, causado por *Rhizoctonia solani*. Las semillas de esta variedad se sembraron en materos de 6 pulgadas de diámetro. En cada matero se sembraron 8 semillas y al final se dejaron 10 plantulas para ser inoculadas. Las fertilizaciones de las plantas se hicieron sólo con Nitrogeno, utilizando como fuente el sulfato de amonio, esto con el fin de favorecer el desarrollo de la enfermedad.

La inoculación de las plantas se realizó cuando estas tenían 25 días de edad, y consistió en colocar sobre la base del tallo de cada planta un trozo de medio de cultivo de PDA con micelio del hongo *Rhizoctonia solani*.

El hongo se inoculó cuando tenía 4 días de edad y sólo se tomó el micelio que estaba en la periferia de la caja de petri. Los cortes de los trozos del medio de cultivo se realizaron con la ayuda de un saca bocado de 6mm de diámetro. Después de la inoculación de las plantas, estas se incubaron colocando una botella de plástico en cada matero, el cual funcionó como microcámara de incubación proporcionando la humedad y la temperatura que necesita el hongo para poderse desarrollar adecuadamente (Liu *et al* 2009).

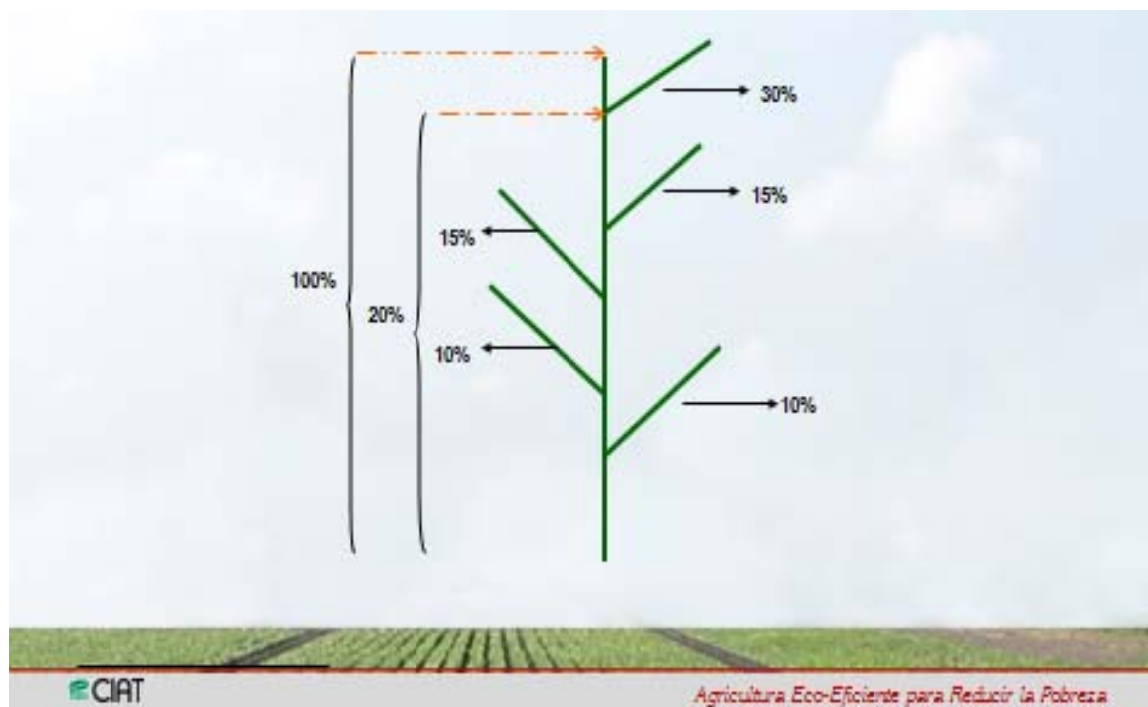
La aplicación de los fungicidas se realizó 24 horas antes de hacer las inoculaciones, queriendo decir esto que todo se manejó bajo un criterio preventivo. Para la aplicación de los fungicidas sobre las plantas, se utilizó la dosis comercial recomendada para cada uno. Se aplicaron 10 ml de cada fungicida por cada matero de 6 pulgadas de diámetro conteniendo 5 plantas cada uno.

Una vez hechas las aplicaciones de los fungicidas y las inoculaciones, los materos se colocaron dentro de bandejas plásticas con lamina de agua permanente, y de esta manera se mantiene la humedad del suelo para el desarrollo de las plantas. En cada bandeja se colocaron 4 materos aplicados con el fungicida e inoculadas las plantas con el hongo. Se utilizó un matero inoculado sin aplicación del fungicida, el cual funcionó como testigo.

Por cada aislamiento se inocularon 20 plantas, distribuidos en 4 materos como se explicó anteriormente. El testigo por cada aislamiento consistió en 5 plantas dentro un mismo matero, inoculadas y sin aplicación de fungicida.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar "Combinado a través de Ambientes", donde los bloques son repeticiones en el tiempo. En cada ambiente (Fungicida) y en cada bloque (Repetición en el tiempo), se probaron todos los aislamientos, con su respectiva aleatorización.

Las evaluaciones se realizaron 10 días después de la inoculación, utilizando una escala basada en porcentaje de área de planta afectada (APA) y que se describe en el gráfico 4.



**Gráfico 4.** Muestra como es el sistema de evaluación de *Rhizoctonia solani* por planta individual.

Cuando la infección causada por el hongo se queda en la 4a. y 5a. hoja el Porcentaje de infección es del 10% para cada una; cuando llega a la tercera y segunda hoja el porcentaje de infección es del 15% para cada una; cuando la infección llega a la hoja número uno (hoja bandera) el porcentaje de infección es del 30%. La infección presente en el tallo se considera de un 20% cuando este esta totalmente afectado. De esta manera se suman los porcentajes y el total es el 100%.

Para la caracterización de materiales por resistencia o susceptibilidad a este patógeno, se consideran tolerantes los materiales que en promedio de 20 plantas presenten un porcentaje de área de planta afectada  $\leq 40\%$ ; los materiales que en promedio presenten porcentajes de infección más altos se consideran susceptibles.

Para el caso de las evaluaciones de pérdida de sensibilidad a fungicidas en condiciones *in-vivo*, hemos considerado que esta se presenta cuando después de la aplicación del fungicida el % de APA (Area de Planta Afectada) supera el 40%. Esto quiere decir que hay un buen nivel de control cuando la infección no pasa de la 3a. hoja.

Para cada combinación (aislamiento-producto), se estableció el % de plantas con control de la enfermedad y el correspondiente % de plantas sin control de la enfermedad.

## RESULTADOS

Los resultados indican que bajo las condiciones de invernadero ninguno de los aislamientos de *Rhizoctonia solani* utilizado en éste estudio mostró pérdida de sensibilidad a los productos evaluados.

Las evaluaciones hechas *in-vivo*, reflejan todo lo contrario a los resultados *in-vitro*, donde se encontró que hay algunos aislamientos de este hongo que ya han perdido sensibilidad a algunos de los fungicidas.

Quiere decir esto que ya hay aislamientos que potencialmente pueden llegar a adquirir resistencia a los ingredientes activos Azoxystrobin, Epoxiconazole + Carbendazim y Validamicyn.

Llama la atención el caso del i.a Azoxystrobin, pues el 96.9% de los aislamientos mostraron pérdida de sensibilidad *in-vitro* y ninguno la mostró *in-vivo*, dode se obtuvo un 100% de control de los aislamientos; con la excepción de los aislamientos 2822 y 3043 que no se pudieron determinar por problemas con el testigo. En la tabla 5 se presenta la reacción de los aislamientos de *Rhizoctonia solani* al ingrediente activo Azoxystrobin en las evaluaciones *in-vivo*. Se toma como ejemplo este ingrediente activo, puesto que a este es al que presenta pérdida de sensibilidad la gran mayoría de los aislamientos en las evaluaciones *in-vitro*.

**Tabla 5.** Porcentaje de control del 100% por Azoxystrobin en todos los aislamientos de *Rhizoctonia solani*.

Aislamiento	Sitio de Colección	Fecha de Colección	% de control <i>in-vivo</i>
1953	Tolima	1988	100
1957	Santa Rosa	1987	100
2064	Tolima	1988	100
2630	Santa Rosa	1999	100
2822	Tolima	2003	
2823	Meta	2003	100
2824	Meta	2003	100
2826	Meta	2003	100
2830	Huila	2003	100
2831	Tolima	2003	100
2871	Santa Rosa	2004	100
2911	Tolima	2004	100
2925	Valle del Cauca	2005	100
2939	Huila	2005	100
2941	Tolima	2005	100
2943	Meta	2005	100
2954	Santa Rosa	2005	100
2959	Santa Rosa	2005	100
2960	Santa Rosa	2005	100
2976	Norte de Sant.	2006	100
3007	Meta	2006	100
3042	Tolima	2007	100
3043	Tolima	2007	
3044	Tolima	2007	100
3045	Tolima	2007	100
3046	Tolima	2007	100
3050	Tolima	2007	100
3051	Tolima	2007	100
3052	Tolima	2007	100
3053	Huila	2007	100
3054	Tolima	2007	100
3055	Huila	2007	100
3057	Huila	2007	100

3070	Valle del Cauca	2007	100
------	-----------------	------	-----

100= Indica total control del aislamiento por el i.a en las pruebas realizadas en invernadero.

Los espacios en blanco indica que no se pudo determinar su reacción por problemas con el testigo.

Estos resultados indican que aunque no se detectó pérdida de sensibilidad *in-vivo* a ninguno de los i.a, ya existen aislamientos potenciales que están mostrando pérdida de sensibilidad *in-vitro* y que a través del tiempo si se continua con las aplicaciones de estos ingredientes activos, las poblaciones resistentes del patógeno se podrían incrementar, manifestandose de esta manera la pérdida de sensibilidad en condiciones de campo.

Por otro lado se puede decir que la mejor forma de evaluar la pérdida de sensibilidad en una población de un hongo a un fungicida es hacer este tipo de estudios *in-vivo*, puesto que hay mayor acercamiento a las condiciones reales del campo, donde interactúan la planta y el patógeno en estudio.

Algo que se puede presentar en este tipo de estudios y que puede ser explicado como un posible evento de la naturaleza, es la presencia de aislamientos del hongo que aunque no hayan sido expuestos a presión de selección por determinado i.a por provenir de zonas donde no se ha utilizado o por haberse colectado años antes que el i.a se liberara comercialmente, pueden ser resistentes o haber perdido la sensibilidad al i.a; tal como ocurrió en este estudio con los aislamientos 1957 y 2630 que fueron colectados a finales de los años 80 en la Estación Experimental de Santa Rosa (EESR) y que presentaron resistencia al i.a Azoxystrobin. En la EESR no se aplica ningún tipo de fungicida por que allí se hace la selección de germoplasma de arroz de los programas de mejoramiento del CIAT, FLAR y FEDEARROZ por resistencia a enfermedades. La EESR, esta ubicada a 30 minutos de la ciudad de Villavicencio en el Departamento del Meta, Colombia, allí las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas.

Apoyados en lo anterior, podemos afirmar que la mejor manera de hacer estudios de pérdida de sensibilidad de la población de *Rhizoctonia solani* en arroz a los fungicidas que se utilizan para su control, es hacer las pruebas bajo condiciones controladas de invernadero, puesto que estas condiciones se acercan más a la realidad presente en el campo. Estas pruebas no se deben hacer directamente en el campo, por que ellas no permiten tener una muestra identificada de la población del hongo en estudio y no permitiría hacer comparaciones en muestras del patógeno colectadas a través del tiempo.

Una de las recomendaciones para los productores de arroz es que dentro de los programas de manejo integrado del cultivo (MIC), en el plan de manejo de enfermedades, las cuales son una de las principales causas de las pérdidas en rendimiento del cultivo, se deben rotar los ingredientes activos que están utilizando para el control de *Rhizoctonia solani*, evitando de esta manera una posible generación de individuos dentro de una población que cuantitativamente vayan incrementando sus niveles de resistencia a los fungicidas que se utilizan con mayor frecuencia. Otra opción es utilizar mezclas de fungicidas, lo cual también disminuye el riesgo de la generación de super cepas del patógeno a los ingredientes activos usados para su control.

Actualmente en Colombia, los productores de arroz han disminuido considerablemente el número de aplicaciones químicas para el control de *Rhizoctonia solani*, puesto que gradualmente se han dado cuenta que con buenas prácticas de cultivo se logra disminuir la presión de inóculo de este hongo. Esto también les ha permitido disminuir los costos de producción por este rubro. Anteriormente se hacían 4 aplicaciones químicas para el control del patógeno, hoy en día se están haciendo máximo 2 aplicaciones.

Dentro de las buenas prácticas agronómicas, los agricultores han implementado el uso del control biológico con *Trichoderma spp* aplicándolo al suelo y a la semilla; también se han disminuido las densidades de siembra. Se debe trabajar con ellos la parte de nutrición, debido a que muchos programan las fertilizaciones sin tener en cuenta análisis de suelos que les permitan tener un verdadero criterio para la programación de la nutrición. Este aspecto de nutrición es bastante importante puesto que se ha demostrado que plantas bien nutridas desarrollan mejores niveles de tolerancia a las enfermedades, y por el contrario cuando se presentan desbalances en la fertilización como es el caso del nitrógeno, estos desbalances que pueden ser por deficiencias o por excesos favorecen el desarrollo de las enfermedades como es el caso del Añublo de la Vaína del Arroz causado por *Rhizoctonia solani*.

Evaluaciones realizadas en Venezuela, por Reinaldo Cardona del INIA le permiten concluir que los fungicidas que se están utilizando en este país para el control de *Rhizoctonia solani* y *Pyricularia grisea*, siguen funcionando muy bien, no observándose pérdida de eficacia en el control de las poblaciones de estos patógenos en campos comerciales (tabla 6).

**Tabla 6.** Ingredientes activos utilizados en Venezuela para el control de *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani* en arroz.

Producto	Patógeno	
	<i>Pyricularia grisea</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
Kasumin	X	
Fuji one	X	
BIM	X	
Kitazin	X	
Curacab	x	
Fuji-zole		X
Validacim		X
Moncut		X
Pulsor		X
Onix LT		X
Hinosan	X	X
Phyton	X	X
Baronet + Benopoint	X	X
Dithane F30 + Derosal	X	X
Sportak	X	X

**ESTUDIOS DE PÉRDIDA DE SENSIBILIDAD EN UNA POBLACIÓN DEL HONGO *Pyricularia grisea*.**

Para la realización de los estudios de pérdida de sensibilidad en el hongo *Pyricularia grisea* se seleccionaron 36 aislamientos provenientes de diferentes zonas arroceras de Colombia, diferentes variedades y colectados en diferentes años (Tabla 3). Las pruebas se realizaron *in-vitro* e *in-vivo*.

Los ensayos a nivel de laboratorio se desarrollaron utilizando el mismo medio de cultivo que para *Rhizoctonia solani* (PDA) y las mismas concentraciones de cada fungicida. En total se utilizaron 9 fungicidas (Tabla 1). En el caso de las strobilurinas también se utilizó SHAM en la misma concentración.

Para cada aislamiento de *Pyricularia* se utilizó una concentración de inóculo de 500 mil esporas por ml de agua. El inóculo se sembró en cajas petri con medio de cultivo PDA. Las esporas se asperjaron en la



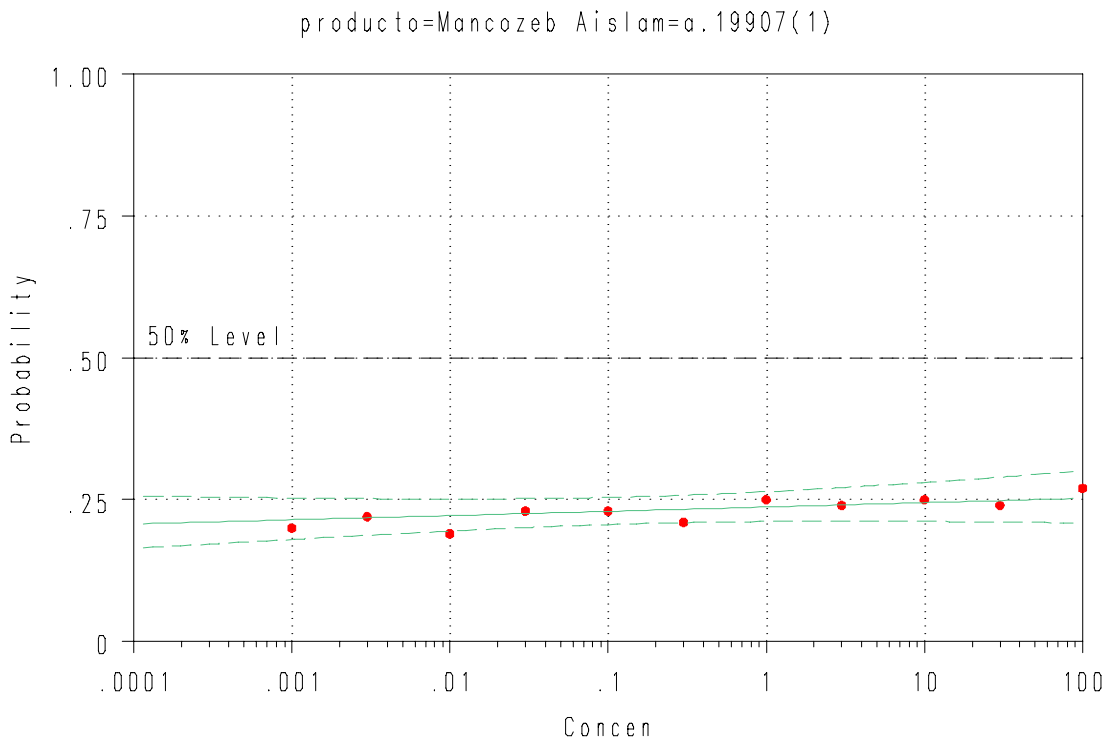
caja de petri con la ayuda de un rastrillo de vidrio. Las cajas se incubaron durante 24 horas a una temperatura de 28°C. Para cada aislamiento y para cada concentración se sembraron dos cajas de petri.

Pasadas las 24 horas de incubación, se hicieron las evaluaciones de cada aislamiento en cada una de las concentraciones utilizadas.

Las evaluaciones consistieron en seleccionar 50 esporas al azar y de estas 50 esporas contar cuantas no estaban germinadas. Para el análisis estadístico se calculó número de esporas no germinadas y estos resultados se compararon con los obtenidos en los testigos, los cuales consistieron en 2 cajas de petri con medio de PDA sin concentración de fungicidas y con el aislamiento sembrado. Para cada aislamiento se utilizaron 2 cajas testigo. Para el análisis de los datos se utilizó el modelo probit, ya que este método de análisis es el apropiado para este tipo de estudio puesto que aquí se considera una evaluación de tipo cuantil.

## RESULTADOS

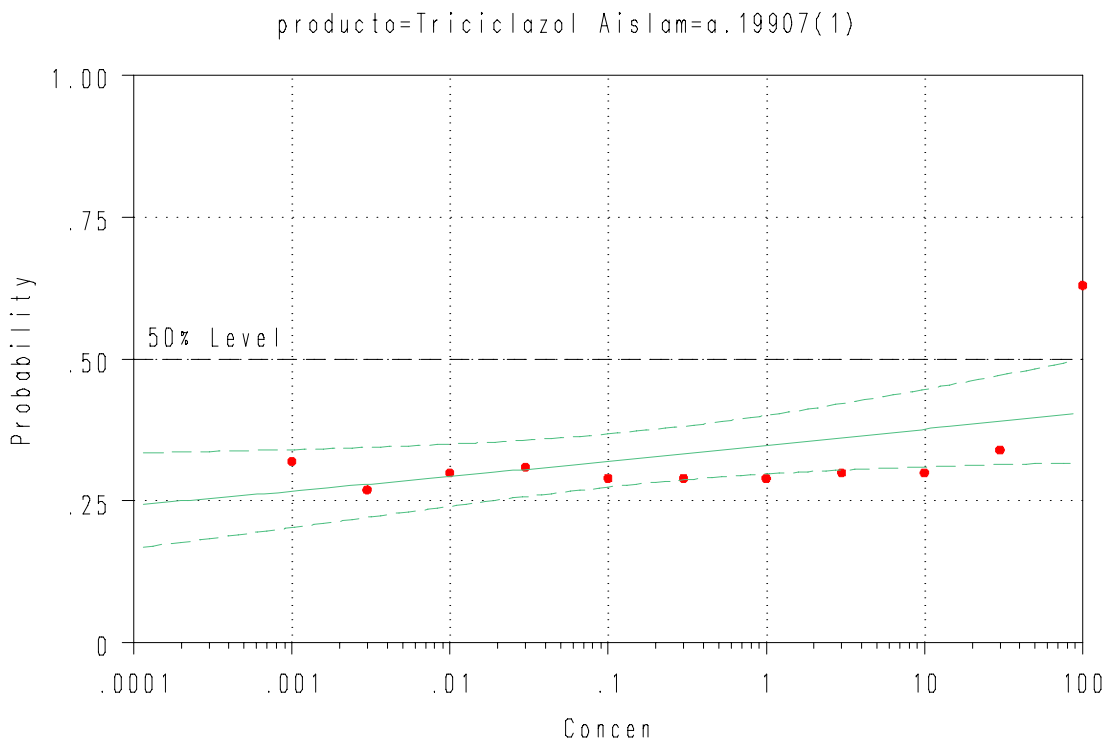
Los resultados obtenidos en este ensayo, indican la presencia de aislamientos que han perdido sensibilidad a algunos de los ingredientes activos, como se puede observar en el **gráfico 5**, el cual indica la pérdida de sensibilidad del aislamiento 19907 al ingrediente activo Mancozeb, pues bajo ningún nivel de concentración hubo inhibición en la germinación de las esporas.



**Gráfico 5.** Se indica la pérdida de sensibilidad del aislamiento 19907 al i.a Mancozeb.

Es de hacer saber que todos los aislamientos utilizados en este estudio mostraron pérdida de sensibilidad a este ingrediente activo; esto indica que dentro de un plan de manejo de *Pyricularia grisea* se debe reemplazar este producto.

Algo interesante sucedió con el Triciclazol, puesto que de los 36 aislamientos utilizados 19 (52.7%) mostraron pérdida de sensibilidad, siendo esto algo que no era de esperarse debido a que este i.a es uno de los más eficaces para el control de este patógeno. En el gráfico 6 se observa con claridad la pérdida de sensibilidad del aislamiento 19907 a Triciclazol, para el cual la concentración mayor utilizada (100mg/L) alcanza sólo a inhibir la germinación de las esporas de este aislamiento en un 60%. En la tabla 8 se presenta de manera resumida los resultados de este ensayo.



**Gráfico 6.** Pérdida parcial de sensibilidad del aislamiento 19907 a Triciclazol. Se necesita una concentración de producto muy alta para poder detectar el IC50.

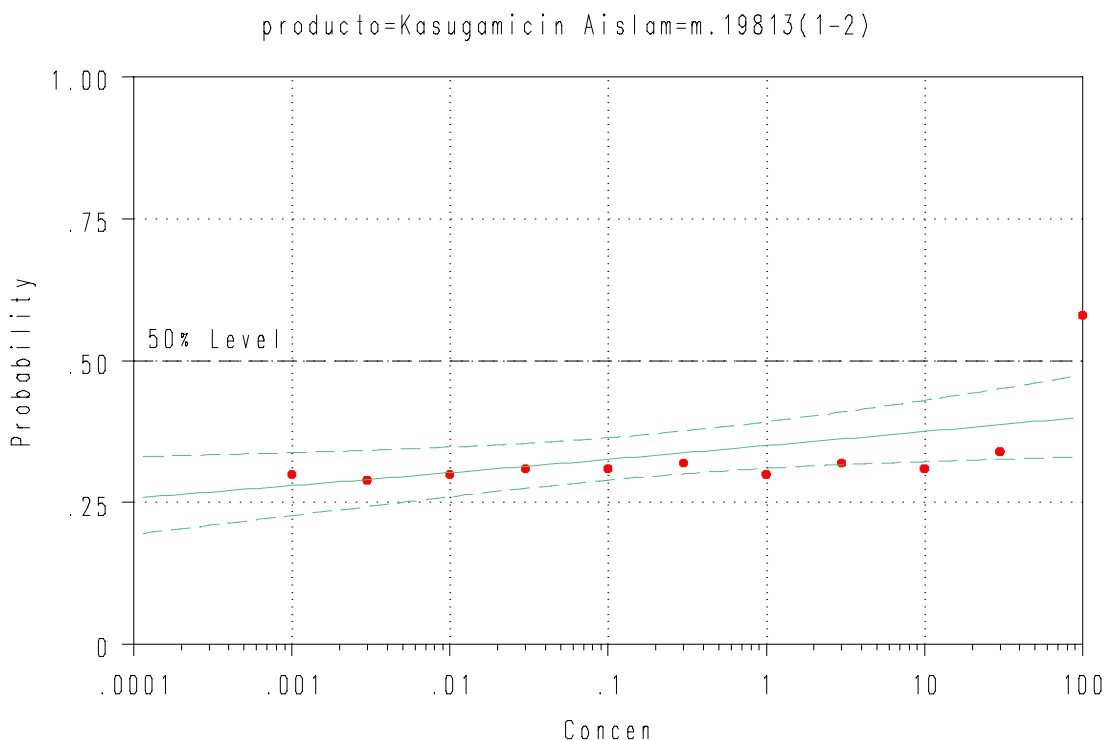
**Tabla 8.** Porcentaje de aislamientos de *Pyricularia grisea* con respuesta diferencial a los ingredientes activos evaluados.

Ingrediente activo	Comportamiento de los aislamientos			
	% de aislamientos susceptibles	% de aislamientos Parcialmente Resistentes	% de aislamientos Resistentes	% de aislamientos para los cuales no es posible explicar los resultado con el modelo
Propineb	69.4	2.7	2.7	25
Carpropamida	75	2.7	0	22.2
Triciclazol	8.3	52.7	0	38.8
Carbendazim	83.3	2.7	2.7	11.1
Kasugamicin	8.3	52.7	0	38.8

Mancozeb	75	2.7	0	22.2
Tebuconazole + Triadimenol	69.4	5.5	0	25
Trifloxystrobin + Propiconazole	69.4	0	0	30.5
Mancozeb*	0	0	100	0

\*= Para éste ingrediente activo se evaluaron 28 aislamientos

Los resultados indican que el 100% de los aislamientos utilizados presentaron resistencia bajo condiciones *in-vitro* al i.a Mancozeb, y el 52.7% de los aislamientos mostró resistencia a los ingredientes activos Triciclazol y Kasugamicin (Gráfico 7) y en porcentajes mucho más bajos se detectó resistencia a los ingredientes activos Propineb (2.7%), Carpropamida (2.7%), Carbendazim (5.4%) y Tebuconazole + Triadimenol (5.5%).



**Gráfico 7.** Pérdida de sensibilidad del aislamiento 19813 al i.a Kasugamicin. Con la concentración de i.a más alta sólo se alcanza a controlar el 55% de las esporas.

Kasugamicin, es un antibiótico que actúa como bactericida y como fungicida, este es uno de los ingredientes activos que se utiliza con mayor frecuencia en Colombia para el control de *Pyricularia grisea*, específicamente en la zona de los Llanos Orientales, donde casi en el 42% del área sembrada en esta zona se aplica. Este antibiótico también es utilizado para el control del complejo de bacterias que ocasionan vaneamiento en el cultivo de arroz y funciona específicamente muy bien en el control de la bacteria *Pseudomonas fuscovaginae*.

Por lo anterior se recomienda tener un estricto control en la utilización de este producto, debido a que puede generar un impacto ambiental muy negativo para los agricultores, puesto que así como ya se encuentran aislamientos de *Pyricularia* con resistencia, también puede estar haciendo presión de selección en las poblaciones bacterianas que están causando un problema muy serio en el cultivo de

arroz no sólo en Colombia, si no a nivel regional. Las pérdidas en rendimiento que se han reportado por la acción de este problema bacteriano han sido hasta del 45% y este ingrediente activo ha sido uno de los que más se ha utilizado para su control.

En la tabla 9 se presentan los aislamientos que han adquirido resistencia a tres de los ingredientes activos evaluados (Triciclazol, Kasugamicina y Mancozeb).

**Tabla 9.** Aislamientos que perdieron sensibilidad bajo condiciones de laboratorio a los ingredientes activos Triciclazol, Kasugamicin y Mancozeb.

Aislamiento	Sitio de Colección	Año de colección	Pérdida de sensibilidad a los ingredientes activos Triciclazol, Kasugamicina y Mancozeb
19907	Meta	2004	+
19925	Tolima	2005	+
19959	Meta	2005	+
19967	Meta	2005	+
19995	Meta	2005	+
20071	Meta	2005	+
20088	Córdoba	2006	+
20100	Meta	2006	+
20112	Meta	2006	+
3-C8	Meta	1988	+
8137	Valle del Cauca	1993	+
19486	Valle del Cauca	2003	+
19813	Tolima	2003	+
19956	Meta	2005	+
20013	Meta	2005	+
20081	Meta	2005	+
20093	Tolima	2006	+
20104	Tolima	2006	+
16931	Meta	1999	+

Como se observa en la tabla 9, los aislamientos que perdieron sensibilidad a estos tres ingredientes activos, fueron colectados a partir del Año 2004. Sin embargo el aislamiento 16931, colectado en 1999 también muestra pérdida de sensibilidad a ellos, lo cual es posible y cuya razón ya se explicó anteriormente. El 63.1% de los aislamientos susceptibles a estos tres ingredientes activos provienen del departamento del Meta, ubicado en la los Llanos Orientales de Colombia.

Para corroborar los datos obtenidos en las pruebas *in-vitro*, y para tomar decisiones respecto al comportamiento de los aislamientos frente a la efectividad de control de los ingredientes activos utilizados se hicieron evaluaciones a nivel de invernadero con la siguiente metodología:

En plantuás de 21 días de edad de la variedad Fanny (altamente susceptible a *Pyricularia grisea*), se hicieron aplicaciones de cada uno de los fungicidas en su dosis comercial. 24 horas después de la aplicación del fungicida se hicieron inoculaciones sobre las plantas con cada uno de los aislamientos. Por

cada aislamiento se utilizó una concentración que osciló entre las 100 mil y 500 mil esporas por mililitro de agua. Tanto la aplicación del fungicida como la inoculación se hicieron por aspersión, con la ayuda de un microaspersor de 14 libras de presión. Para la incubación de las plantas se utilizaron microcámaras plásticas, las cuales proporcionan las condiciones de temperatura (28°C) y humedad relativa (>80%) que necesita el hongo para poderse desarrollar. Las microcámaras permanecían tapadas en la noche y destapadas en el día. Se hicieron cuatro riegos por día en las plantas, para mantener la humedad requerida (Prado et al 1998).

Se sembraron 12 semillas por matero para dejar al final 10 plantas. Para la siembra se utilizaron materos de 4 pulgadas de diámetro con suelo estéril. Se sembraron 4 materos por aislamiento para tener al final datos de 40 plantas por aislamiento. Los testigos fueron plantas inoculadas con los aislamientos sin aplicación de fungicida.

Las evaluaciones se hicieron a los 8 días después de la inoculación teniendo en cuenta el tipo de lesión y porcentaje de área foliar afectada.

Para el análisis estadístico se consideró que los fungicidas habían controlado el hongo cuando se encontraban lesiones tipo 1 y 2 (lesiones no esporulantes), independiente del porcentaje de área foliar afectada (AFA). En presencia de lesiones tipo 3 y 4 independientemente del porcentaje de área foliar afectada, se consideró que el ingrediente activo no había controlado la enfermedad, debido a que estas son lesiones capaces de producir esporas, a partir de las cuales se inician nuevos ciclos de infección del hongo. La variable fue entonces % de plantas controladas / % de plantas no controladas.

Para todas las combinaciones de cepas x fungicida, se hizo un análisis de componentes principales, con el fin de formar grupos de aislamientos similares por su patrón de resistencia, lográndose detectar 11 grupos cuya composición se describe en el Anexo 1.

## RESULTADOS

Llama mucho la atención los resultados obtenidos, puesto que confirman la presencia de aislamientos de *Pyricularia grisea* resistentes a algunos de los ingredientes activos, especialmente a Kasugamicina, Carbendazim y Tebuconazole + Triadimenol, para los cuales se había detectado resistencia de algunos aislamientos en las pruebas *in-vitro*. En las pruebas *in-vivo* se encontró mayor número de aislamientos con resistencia a Carbendazim y a Tebuconazole + Triadimenol.

Un caso particular sucedió con el Triciclazol, ya que en las pruebas *in-vitro* con este i.a se detectó que el 52.7% de los aislamientos habían perdido sensibilidad, pero las pruebas *in-vivo* muestran un % de control sobre todos los aislamientos del 100%. Esto indica que éste i.a sigue mostrando gran efectividad para el control de *Pyricularia*. La razón por la cual se detecta aparente pérdida de sensibilidad *in-vitro*, es debido a que éste i.a inhibe la síntesis de melanina del hongo, la cual juega un papel muy importante en la formación del apresorio y no inhibe la formación del tubo germinativo, es por esto que bajo condiciones *in-vitro* todas las esporas germinaron, pudiendo generar esto una información errónea al momento de interpretar los resultados.

El apresorio es utilizado por el hongo para poder romper el tejido de la planta y penetrar a través de él e iniciar su proceso de infección. Como en las evaluaciones *in-vitro* se hizo conteo de esporas germinadas y no germinadas, se dio el caso que las esporas germinan y da la impresión que no hay

control del patógeno. Esta es una de las razones por las cuales se pensó en hacer estas pruebas *in-vivo*, con las cuales se observó un 100% de control de todas las cepas evaluadas es con este producto.

Algo similar sucedió con Mancozeb, donde las evaluaciones *in-vitro* mostraron que el 100% de los aislamientos habían perdido sensibilidad, pero las evaluaciones *in-vivo* muestran un 100% de control en todas las cepas evaluadas. Hay que tener en cuenta que Mancozeb tiene un modo de acción multisitios y tal vez esta es la razón por la cual ejerció un control del 100% en las evaluaciones *in-vivo*.

Es de anotar que el i.a Azoxystrobin no se utilizó en las pruebas *in-vitro*, pero en las evaluaciones *in-vivo* se detectó que el 13% de los aislamientos han perdido sensibilidad a este.

Para el caso de Kasugamicina, cuyo modo de acción está en la inhibición de síntesis de proteínas, se detectó que al igual que en las evaluaciones *in-vitro*, éste fue el i.a al que el mayor porcentaje de aislamientos han perdido sensibilidad. Esto indica que éste producto es de alto riesgo debido a la resistencia que ya han adquirido algunos de los aislamientos de *P.grisea* utilizados en esta investigación.

Existe un 21% de concordancia entre los aislamientos que mostraron resistencia o pérdida de sensibilidad a Kasugamicina tanto en las evaluaciones *in-vitro* como en las evaluaciones *in-vivo*.

En la tabla 10 se presenta el porcentaje de aislamientos de *P.grisea* que han perdido sensibilidad a cada uno de los ingredientes activos seleccionados para esta investigación.

**Tabla 10.** Porcentaje de aislamientos de *P.grisea* con pérdida de sensibilidad a algunos de los ingredientes activos utilizados en Colombia para su control.

Ingrediente Activo	% de Aislamientos Resistentes
Azoxystrobin	13
Propineb	0
Triciclazol	0
Carbendazim	50
Kasugamicin	75
Mancozeb	0
Tebuconazole + Triadimenol	50
Trifloxystrobin + Propiconazole	0
Mancozeb	0

Estos resultados confirman que las pruebas *in-vitro* para este tipo de estudios deben ir acompañadas de pruebas *in-vivo*, puesto que estas permiten validar los resultados bajo condiciones más reales donde interactúan la planta y el patógeno directamente; además también se debe tener en cuenta el modo de acción del ingrediente activo.

**OBJETIVO 3.** Desarrollo de un sistema MIP que permita minimizar el uso de fungicidas.

En un sistema MIE (Manejo Integrado de Enfermedades), es necesario contar con variedades resistentes o tolerantes a algunos de los patógenos más importantes en el cultivo.

Los fitomejoradores están en la obligación de desarrollar cultivares de arroz con óptimas características agronómicas y con adecuados niveles de resistencia a patógenos, especialmente a *Pyricularia grisea*, por ser el patógeno más limitante del cultivo. Con el objetivo de generar materiales con resistencia a este hongo se deben caracterizar año tras año sus poblaciones, con el fin de conocer su evolución en el tiempo.

En Colombia se hicieron estudios de evolución de *Pyricularia grisea* hasta el año 2004 y en ese momento existían 4 líneas que presentaban resistencia completa al patógeno y se caracterizaban porque combinaban los genes de resistencia Pi-1, Pi-2 y Pi-33. Estudios realizados en invernadero con cepas específicas del hongo, acompañados de estudios de campo, indicaban que la combinación de estos tres genes era la responsable de esa resistencia completa y si faltaba alguno de estos genes la resistencia se perdía. Las evaluaciones a través de varios ciclos en la Estación Experimental de Santa Rosa-Meta (EESR) permitieron observar que la resistencia de estas líneas no fue durable, pues al cabo de tres años se logró obtener aislamientos puros del patógeno como el aislamiento CT 13432-107(25-1) provenientes de estas líneas, que rompieron la resistencia de los tres genes y en inoculaciones controladas mostraron ser aislamientos muy virulentos, superando la resistencia de casi todos los genes de resistencia utilizados en nuestros estudios. (Tablas 11 y 12, aislamiento No. 36). Debido a esta observación, se consideró dentro de este proyecto, caracterizar nuevamente una pequeña muestra de la población del hongo, bajo condiciones controladas de invernadero para determinar si a través del tiempo y en condiciones naturales, se encuentran presentes aislamientos con características de virulencia similar o superior al aislamiento antes mencionado. Este trabajo se realizó de manera conjunta con FEDEARROZ.

**Tabla 11.** Aislamientos de *Pyricularia grisea* colectados en diferentes zonas arroceras de Colombia.

Cons.	ASLAMIENTO	VARIEDAD DE ORIGEN	SITIO DE COLECCION	FECHA DE COLECCION
1	Improarroz 15-50 (1-1)	Improarroz 15-50	Meta;Puente de Oro	14-Julio-08
2	Fedearroz 369 (1-1)	Fedearroz 3699	Meta;Puente de Oro	14-Julio-08
3	Fedearroz 2000 (1-1)	Fedearroz2000	Meta;Puente de Oro	14-Julio-08
4	Fedearroz 369 (1-1)	Fedearroz 369	Meta,Caños Negros	16-Julio-08
5	Fedearroz 473 (1-1)	Fedearroz 473	Meta,Pompeya	14-Julio-08
6	Fedearroz 275 (1-1)	Fedearroz 275	Meta,Pompeya	15-Julio-08
7	Fedearroz 2000 (1-1)	Fedearroz2000	Meta,Pompeya	15-Julio-08
8	CT13432-107-(1-1)	CT13432-107	Meta,Pompeya	15-Julio-08
9	Fedearroz 369 (1-1)	Fedearroz 369	Meta,Pompeya	15-Julio-08
10	Orquidea (1-1)	Orquidea	Meta, Caños Negros	16-Julio-08
11	Orquidea 1 (1-1)	Orquidea 1	Meta, Caños Negros	16-Julio-08
12	Orquidea 2 (1-1)	Orquidea 2	Meta, Caños Negros	16-Julio-08
13	Mutante 66 de col XXI (1-1)	Mutante 66 de col XXI	Meta, Puente de Oro	14-Julio-08
14	Fortaleza (4-1)	Fortaleza	Meta, Caños Negros	16-Julio-08
15	I-17 (1-1)	I-17	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
16	III-7 (1-1)	III-7	Tolima, bagué	8-Agosto-08
17	II-23 (1-1)	II-23	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
18	IV-22 (2-1)	IV-22	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
19	40130 (1-1)	40130	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
20	40220 (1-1)	40220	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
21	40389 (1-1)	40389	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
22	40513 (2-1)	40513	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
23	Fedearroz 50 (180-1)	Fedearroz 50	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
24	Improarroz 15-50 (17-1)	Improarroz 15-50	Tolima, Ibagué	8-Agosto-08
25	Fanny 54	Fanny 54	Palmira, Valle	13-Sep-93
26	Selecta 3-20 (1)	Selecta 3-20	Meta, Pompeya	9-Sep-94
27	Oryzica Yacu 9 (19-1)	Oryzica Yacu 9	Meta, Altillanura	Junio-96
28	Isolinea 6-7-1	Isolinea 6-7-1	Palmira, Valle	6-Marzo-95
29	Isolinea 22-3-1	Isolinea 22-3-1	Meta, Santa Rosa	21-Dic-89
30	Oryzica Caribe 8 (17)	Oryzica Caribe 8	Meta, ICA	4-Julio-95
31	Metica 1 (33-18)	Metica 1	Meta, Santa Rosa	17-Mayo-93
32	Oryzica Llanos 5 (237-2)	Oryzica Llanos 5	Meta, Granada	27-Junio-96
33	Cica 9 (151-1)	Cica 9	Meta, Santa Rosa	16-Junio-94
34	Cica 9 (52-1)	Cica 9	Meta, Santa Rosa	20-Julio-89
35	Cica 9 (15)	Cica 9	Meta, Santa Rosa	9-Junio-89
36	CT13432-107-(25-1)	CT13432-107	Meta, Santa Rosa	16-Nov-03
37	75-1-127 (7)	75-1-127	Meta, Santa Rosa	4-Agosto-05
38	Fedearroz 50 (176-1)	Fedearroz 50	Meta, Santa Rosa	4-Agosto-05
39	Fedearroz 50 (175-1)	Fedearroz 50	Meta, Santa Rosa	10-Agosto-05
40	Fedearroz 2000 (18-1)	Fedearroz 2000	Cordoba, La doctrina	16-Enero-06
41	Fedearroz 2000 (20-1)	Fedearroz 2000	Meta, Castilla la Nueva	24-Enero-06
42	Fedearroz 809 (4-1)	Fedearroz 809	Tolima, Ibagué	24-Mayo-06
43	Fedearroz 60 (1-1)	Fedearroz 60	Meta, Puente de Oro	14-Julio-08
44	Fedearroz 369 (181)	Fedearroz 369	Meta, Puente de Oro	14-Julio-08
45	Orquidea (1-2)	Orquidea	Meta, Pompeya	15-Julio-08

**Tabla 12.** Compatibilidad encontrada por éste estudio entre aislamientos de *Pyricularia grisea* frente a un grupo de genes de resistencia.



Compatibilidad entre algunos aislamientos y los genes conocidos de resistencia a <i>Pyricularia grisea</i>										
Cultivar	Gen de Resistencia	Aislamientos								
		Tolima					EESR – colección anterior			
		19	17	15	16	18	36	37	38	39
Aichi Asahi	Pi-a	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BL-1	Pi-b	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Toride 1	Pi-zt	+	+	+	+	+	+	-	+	+
K 59	Pi-t	+	+	+	+	-	-	-	-	-
F 129-1	Pi-kp	+	+	+	+	+	+	-	+	+
F 80-1	Pi-k	+	+	+	+	+	+	+	+	+
F 98-7	Pi-km	+	+	+	+	+	+	+	+	+
F 124-1	Pi-ta	+	+	+	+	+	+	+	+	+
F 128-1	Pi-ta <sup>2</sup>	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Rico 1	Pi-ks	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Norin 22	Pi-sh	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nato	Pi-i	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ou 244	Pi-z	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tetep	Pi-kh	-	-	-	-	-	+	-		-
CT 13432-68	Pi-1	-	-	-	-	-	+	+	-	-
CT 13432-267	Pi-2	+	+	+	+	+	+	-	+	+
CT 13432-33	Pi-33	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CT 13432-107	Pi-1, Pi-2, Pi-33	-	-	-	-	-	+	-	-	-
75-1-127	Pi-9	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Fedearroz 50	Pi-2, Pi-33, Pi-z, Pi-z <sup>t</sup> , Pi-ta <sup>2</sup> , Pi-sh, Pi-k y Pi-b	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Oryzica Llanos 5	Pi-2, Pi-33, Pi-z, Pi-z <sup>t</sup> , Pi-ta <sup>2</sup> , Pi-sh, Pi-k y Pi-b	+	+	+	+	+	-	-	+	+

(+) = Reacción susceptible; (-) = Reacción resistente

## METODOLOGÍA

Este trabajo se hizo con el objetivo de caracterizar nuevamente, de manera preliminar y a nivel patotípico, parte de la población de este hongo en Colombia. En el año 2008 se colectaron muestras de plantas de arroz infectadas con *Pyricularia* en diferentes zonas arroceras del país y de ellas se logró obtener un conjunto de 32 aislamientos (1 al 24, 43,44 y 45 en la tabla 11), los cuales fueron inoculados junto con otros 13 aislamientos de la colección de cepas de *P. grisea* del CIAT y colectados en años anteriores ( Aislamientos 25 al 42 en la tabla 11). Las inoculaciones se hicieron bajo condiciones controladas de invernadero frente a un grupo de 120 materiales de arroz, entre ellos variedades diferenciales, líneas isogénicas, variedades comerciales de Colombia y líneas avanzadas del programa de mejoramiento de FEDEARROZ. Para cumplir con el objetivo planteado, se inocularon 10 plantas de 21 días de edad, se hicieron dos repeticiones en el tiempo para un total de 20 plantas evaluadas por aislamiento, en cada material . Las inoculaciones se hicieron en casa de malla y se utilizaron cámaras plásticas para la incubación, las cuales proporcionan las condiciones de temperatura y humedad relativa necesarias para que se dé un buen proceso de infección por parte del hongo. Las evaluaciones se hicieron 15 días después de la inoculación. En las evaluaciones se tuvo en cuenta el tipo de lesión y porcentaje de área foliar afectada. La calificación de las reacciones se hizo considerando el Area Foliar Afectada(AFA) y el tipo de lesión(TL). R: TL= 1,2 independiente del AFA; I: TL=3 AFA:<=6% ; S: TL=3, AFA >6%; ó TL=4, AFA>=1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del grupo de aislamientos evaluados, se encontró que la mayoría de los que provenían del Tolima (15-22 en la tabla 11) colectados en el 2008 y los aislamientos 36-39, colectados en la EESR fueron los más virulentos, rompiendo la resistencia de más del 74% del total de los materiales inoculados. En la Tabla 2 se puede observar la compatibilidad algunas de las reacciones entre genes conocidos de resistencia a *Pyricularia* y aislamientos del Tolima y de la anterior colección de cepas del laboratorio de patología de arroz del CIAT. La gran mayoría de los genes de resistencia fueron superados por varios de estos aislamientos. (Resultados completos en desarrollo). Es importante saber que los genes de resistencia Pi-kh, Pi-1 y la combinación de los genes Pi-1+ Pi-2 + Pi-33 son de gran importancia, pues tienen un amplio espectro de resistencia frente al grupo de aislamientos probados, siendo superados solamente por el aislamiento 36 (CT 13432-107(25-1)). Otro gen de resistencia de gran importancia es el Pi-9, el cual fue susceptible sólo a un aislamiento de la población del hongo probada en este ensayo (Tabla 12) y el cual fue recuperado de la línea 75-1-127 poseedora de este gen (Tabla 11). Por consiguiente el gen Pi-9 debe ser considerado en los programas de mejoramiento para la búsqueda de resistencia durable a *Pyricularia*, puesto que ha venido siendo evaluado por más de 4 años en la EESR, mostrándose siempre resistente. Hasta el momento sólo se ha llegado a encontrar un aislamiento capaz de romper su resistencia. Las variedades Fedearroz 50 y Oryzica Llanos 5 poseen un amplio espectro de resistencia a la población de *Pyricularia grisea* en Colombia, esto es debido a la combinación de genes de resistencia que poseen (Tabla 12), sin embargo todos los aislamientos del Tolima (15 al 19 en la tabla 12) rompen la resistencia de estas variedades. Estos mismos aislamientos no rompen la resistencia de los genes Pi-kh, ni Pi-1, lo cual haría pensar que no han perdido el gen de avirulencia correspondientes a estos genes de resistencia y que el rompimiento de la resistencia de las variedades Fedearroz 50 y Oryzica Llanos 5 se debe a que estas no poseen el gen de resistencia Pi-1. También se podría pensar que estos aislamientos no han perdido los genes de avirulencia correspondientes a estos de resistencia porque ellos probablemente estén ausentes en la mayoría de los

materiales que se siembran comercialmente y esto no permite que haya ninguna presión de selección en la población del patógeno en Colombia en lo que respecta a estos tres genes de resistencia.

Este estudio preliminar confirma que la población de *P. grisea* puede variar de un sitio a otro como ocurrió con los aislamientos obtenidos en el Tolima, que son más virulentos que los obtenidos en el departamento del Meta.

Los genes de resistencia Pi-kh, Pi-1 y Pi-9 son de gran importancia en un programa de mejoramiento con búsqueda de resistencia durable a *Pyricularia grisea*.

### BALANCE NUTRICIONAL

La óptima nutrición de las plantas hacen que estas expresen mejores niveles de tolerancia cuando son sometidas a altas presiones de patógenos, por tal razón es importante hacerle ver al agricultor la importancia de un buen plan de nutrición en sus cultivos. Se hizo énfasis en la deficiencia y exceso de Nitrógeno, lo cual puede favorecer el desarrollo de los dos patógenos estudiados. En la tabla 13 se puede ver el efecto del nitrógeno en el desarrollo del Añublo de la Vaina causado por *Rhizoctonia solani*.

**Tabla 13.** Efecto de la fertilización nitrogenada en la severidad del Añublo de la Vaina y el rendimiento del Arroz.

Dosis de N/ha	Grado de severidad	Rendimiento Ton/ha
50	4.3	5.2
100	4.5	5.0
150	4.2	5.5
200	4.8	5.3
250	5.2	4.7

Las aplicaciones de Nitrógeno en los cultivos de arroz en Colombia están en promedio en 180 kg/ha, en la tabla se puede observar que al aplicar dosis por encima del promedio requerido se favorece el desarrollo de la enfermedad y los rendimientos del cultivo son más bajos. Las altas dosis de nitrógeno hacen que los tejidos de las plantas sean más suculentos y que haya mayor concentración de azúcares y de aminoácidos que son un caldo para el desarrollo de los patógenos. Cuando hay deficiencias de éste elemento, las plantas son más susceptibles al ataque de los hongos y las aplicaciones de fungicidas para su control no funcionan bien.

### DENSIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra también juega un papel importante en el desarrollo de estos patógenos, puesto que cuando hay mayor número de plantas por metro cuadrado, se generan condiciones de humedad y temperatura dentro del cultivo que favorecen su desarrollo. La tabla 14 muestra el efecto de las altas densidades de siembra en el desarrollo del Añublo de la Vaína (*R. solani*).

**Tabla 14.** Efecto de la densidad de siembra en la severidad del Añublo de la Vaína y el rendimiento del arroz.

<b>Kg de semilla/ha</b>	<b>Grado de severidad</b>	<b>Rendimiento Ton/ha</b>
100	4	6.2
150	3.5	5.7
200	4.5	5.7
250	4.07	5.2
300	5.5	4.3

La densidad de siembra adecuada para la siembra de arroz esta en tre los 150 y 160 kg de semilla/ha. Notese que cuando la densidad de siembra supera los 200 kg de semilla/ha, la severidad de la enfermedad se incrementa y los rendimientos se disminuyen.

Estos resultados se presentaron en la capacitación realizada en Febrero del año 2010, debido a que los agricultores estan llevando su plan de nutrición sin tener en cuenta análisis de suelos previos que le permitan determinar cual es la cantidad real de fertilizante que necesita aplicar al suelo. Esto conlleva a que se presenten problemas por deficiencias o por excesos de ciertos elementos como es el caso del nitrógeno.

El sistema MIE (Manejo Integrado de Enfermedades), lo basamos en los siguientes puntos:

1. Uso de variedades resistentes
2. Uso de semilla certificada
3. Adecuada densidad de siembra
4. Adecuado plan de nutrición apoyado en análisis de suelos
5. Rotación de los fungicidas a los que se encontraron cepas de *Pyricularia grisea* que ya perdieron sensibilidad a ellos en condiciones de invernadero.

6. Uso de control biológico. Para el caso de *Rhizoctonia solani*, existen alternativas de control biológico como *Trichoderma sp*, que aplicado al suelo o a la semilla inhibe el desarrollo del hongo fitopatógeno. Se están explorando otras alternativas y CIAT con lametodología desarrollada en este proyecto, está sesorando un estudiante de doctorado de la universidad Nacional de Colombia, en estudios de control biológico de *Rhizoctonia solani* con cepas de *Rhizoctonias* micorrízicas de orquideas. Los resultados obtenidos en esta tesis serán de gran importancia para la comunidad arrocera de Colombia, puesto que se podría contar con otra alternativa biológica para el control de este patógeno, que a su vez ayudaría a disminuir el número de aplicaciones químicas.

#### **OBJETIVO 4. Divulgación de la información obtenida.**

Manejo Integrado de Enfermedades en el Cultivo de Arroz en Colombia. *In press*

Caracterización Patotípica de 32 Aislamientos de *Pyricularia grisea*, Colectados en Diferentes Zonas Arroceras de Colombia. 2009. Informe Anual. CIAT

Capacitación de 150 productores de arroz en el departamento del Huila. Febrero de 2010. Esta capacitación se hizo con el apoyo de la compañía "Cultivos y semillas el Aceituno"

### **3. ANALISIS PROSPECTIVO**

CIAT y FEDEARROZ han hecho en conjunto un estudio de la problemática fitosanitaria del cultivo del arroz en Colombia, este estudio indica que hay una fuerte demanda por parte de los productores de arroz por capacitación. Las capacitaciones deben empezar por enseñarle a los agricultores las diferencias entre la sintomatología de las distintas enfermedades que se presentan en el arroz en Colombia. El desconocimiento o la confusión en el reconocimiento de las enfermedades puede llevar al agricultor a tomar medidas erróneas en el manejo de las mismas.

El agricultor debe saber que fungicidas han perdido efectividad en el control de *Pyricularia grisea*, para que tomen la decisión de rotarlos. También hay que hacerles ver el impacto negativo que puede generar el seguir utilizando este tipo de productos, puesto que se pueden llegar a sobredosificar y esto ocasionaría problemas de resistencia mayores.

En todos los resultados se menciona sólo los obtenidos por CIAT, puesto por parte de Venezuela no se cumplieron los objetivos planteados.

### **4. PUBLICACIONES Y OTROS PRODUCTOS**

Manejo Integrado de Enfermedades en el Cultivo de Arroz en Colombia. *In press*

Caracterización Patotípica de 32 Aislamientos de *Pyricularia grisea*, Colectados en Diferentes Zonas Arroceras de Colombia. 2009. Informe Anual. Proyecto Arroz-CIAT

Capacitación de 150 productores de arroz en el departamento del Huila. Febrero de 2010. Esta capacitación se hizo con el apoyo de la compañía "Cultivos y semillas el Aceituno" (Fotos 1-4)

Asesoría a un estudiante de doctorado (Ana Teresa Mosquera) de la Universidad Nacional de Colombia en la tesis “Evaluación del Biocontrol de Rhizoctonias Micorrízicas de Orquídeas Sobre *Rhizoctonia solani* como Patógeno de Arroz”

Diagnóstico de problemas fitosanitarios en campos comerciales del departamento del Tolima-Colombia, con investigadores de FEDEARROZ-Fondo Nacional del Arroz (Fotos 5 y 6)

Conformación de un grupo interdisciplinario con FEDEARROZ para la evaluación de la problemática fitosanitaria del cultivo de arroz en Colombia.



Foto 1. Capacitación a productores de arroz en Neiva- Hula



Foto 2. Capacitación a productores de arroz en Neiva-Huila



Foto 3. Capacitación a productores de arroz en Neiva-Huila



Foto 4. Capacitación a productores de arroz en Neiva-Huila



Foto 5. Diagnóstico patológico del cultivo con investigadores de FEDEARROZ-Fondo Nacional del Arroz



Foto 6. Diagnóstico patológico del cultivo con Investigadores de FEDEARROZ-Fondo Nacional del Arroz



## BIBLIOGRAFIA

Koller, W., and Scheinpflug, H. 1987. Fungal Resistance to Sterol Biosynthesis Inhibitors: A New Challenge.

Plant Disease. Vol. 71. No. 12. P 1066-1074.

Rebollar-Alviter, A., Madde, L.V., Jeffers, S.N., Ellis, M.A. 2007. Baseline and Differential Sensitivity to QoI Fungicides Among Isolates of *Phytophthora cactorum* That Cause Leather Rot and Crown Rot on Strawberry. Plant Disease. Vol. 91. No.12. P 1625-1637.

Suzuki, F., Yamaguchi, J., Koba, A., Nakajima, T., Arai, M. 2010. Changes in Fungicide Resistance Frequency and Population Structure of *Pyricularia oryzae* after Discontinuance of MBI-D Fungicides. Plant Disease. Vol. 94. No. 3. P 329-334.

Kim, Y., Dixon, E.W., Vicenlli, P., and Farman, M.L. 2003. Field Resistance to Strobilurin (QoI) Fungicides in *Pyricularia grisea* Caused by Mutations in the Mitochondrial Cytochrome b Gene. Phytopathology. Vol. 93. No. 7. P 891-900.

Cruz, A and Koller, W. 2003. Characterization of spontaneous mutants of *Magnaporthe grisea* expressing stable resistance to the QoI-inhibiting fungicide azoxystrobin. Curr Genet. 42: 332-338.

Brent, K.J., and Hollomon, D. W. 1998. Fungicide resistance: The assessment of risk. Published by the Global Crop Protection Federation. FRAC Monograph No. 2. Brussels, Belgium. 48p.

Diago, M. 2004. El cambio tecnológico en el arroz. Evaluación de resultados. 1990-2003. In: ARROCERO MODERNO. Ed. G. Robayo. ISBN 958-3354-35-X. Bogotá. Colombia. 200p.

Pantoja, A., Fischer, A., Correa-Victoria, F., Sanint, L., y Ramirez, A. 1997. MIP en arroz. Manejo Integrado de Plagas, Artrópodos, Enfermedades y Malezas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Publicación No. 292. 147p.

**Anexo 3.** Grupos conformados por la reacción de los aislamientos de *Pyricularia grisea* frente a cada ingrediente activo utilizado para su control en condiciones de invernadero.

*Indice de control (0.0=0% - 1.0=100%) por Cluster*

**CLUSTER=1**

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
1	3	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00
2	12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00
3	16	0.63	1.00	0.98	1.00	0.63	1.00	0.80	1.00	1.00
4	24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	28	1.00	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00
6	30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**CLUSTER=2**

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
8	9	0.85	1.00	1.00	0.53	0.00	1.00	0.03	1.00	1.00
9	10	0.87	1.00	1.00	0.45	0.05	1.00	0.10	1.00	1.00
10	18	0.68	1.00	1.00	0.53	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
11	19	0.70	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
12	22	0.63	1.00	0.98	0.00	0.00	1.00	0.05	1.00	1.00
13	31	1.00	1.00	1.00	0.10	0.05	1.00	0.00	1.00	1.00

**CLUSTER=3**

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
14	2	1.00	1.00	0.95	0.43	0.20	1.00	0.08	1.00	1.00

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
15	20	1.00	1.00	0.93	0.55	0.05	1.00	0.00	1.00	1.00
16	32	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.05	1.00	1.00

**CLUSTER=4**

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
17	4	0.88	1.00	0.90	0.43	0.00	1.00	0.93	1.00	1.00
18	6	1.00	1.00	1.00	0.90	0.03	1.00	1.00	1.00	1.00
19	7	0.73	1.00	0.95	0.45	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	14	0.73	1.00	0.98	1.00	0.00	1.00	0.80	1.00	1.00
21	21	0.90	1.00	1.00	0.60	0.10	1.00	0.85	1.00	1.00
22	23	1.00	1.00	1.00	0.65	0.00	1.00	0.78	1.00	1.00
23	27	0.68	1.00	1.00	0.08	0.15	1.00	1.00	1.00	1.00
24	35	0.43	1.00	1.00	0.58	0.00	1.00	0.45	1.00	1.00
25	36	0.58	1.00	0.95	0.45	0.18	1.00	0.40	1.00	1.00

**CLUSTER=5**

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
26	8	0.55	1.00	0.93	0.03	0.00	1.00	0.10	1.00	1.00
27	13	1.00	1.00	0.85	0.08	0.05	1.00	0.08	1.00	1.00
28	17	0.81	1.00	0.90	0.10	0.15	1.00	0.18	1.00	1.00

**CLUSTER=6**

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
29	1	0.30	1.00	0.83	0.15	0.25	1.00	0.00	1.00	1.00
30	29	0.15	1.00	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00

**CLUSTER=7**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
31	15	0.58	0.98	1.00	0.40	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
32	34	0.45	0.98	1.00	0.65	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00

---

**CLUSTER=8**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
33	11	0.95	0.98	1.00	0.58	0.83	1.00	0.45	1.00	1.00

---

**CLUSTER=9**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
34	5	0.78	1.00	0.85	0.55	0.45	1.00	0.85	1.00	1.00

---

**CLUSTER=10**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
35	25	0.53	0.98	0.83	0.05	0.08	1.00	0.48	1.00	1.00

---

**CLUSTER=11**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
36	26	0.43	1.00	0.98	0.03	0.00	1.00	0.65	1.00	0.95

---

Reacción por cluster (R=Control; S=No Control)

CLUSTER=1

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>nR</i>	<i>nS</i>
1	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0
2	12	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0
3	16	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0
4	24	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0
5	28	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0
6	30	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0
7	33	R	R	R	R	R	R	R	R	R	9	0

CLUSTER=2

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>nR</i>	<i>nS</i>
8	10	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
9	19	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
10	22	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
11	31	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
12	9	R	R	R	R	S	R	S	R	R	7	2
13	18	R	R	R	R	S	R	S	R	R	7	2

CLUSTER=3

<i>Obs</i>	<i>aislam</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>nR</i>	<i>nS</i>
14	2	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
15	20	R	R	R	R	S	R	S	R	R	7	2
16	32	R	R	R	S	R	R	S	R	R	7	2

**CLUSTER=4**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
17	35	S	R	R	R	S	R	S	R	R	6	3
18	36	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
19	4	R	R	R	S	S	R	R	R	R	7	2
20	7	R	R	R	S	S	R	R	R	R	7	2
21	27	R	R	R	S	S	R	R	R	R	7	2
22	6	R	R	R	R	S	R	R	R	R	8	1
23	14	R	R	R	R	S	R	R	R	R	8	1
24	21	R	R	R	R	S	R	R	R	R	8	1
25	23	R	R	R	R	S	R	R	R	R	8	1

---

**CLUSTER=5**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
26	8	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
27	13	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3
28	17	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3

---

**CLUSTER=6**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
29	1	S	R	R	S	S	R	S	R	R	5	4
30	29	S	R	R	S	S	R	S	R	R	5	4

---

**CLUSTER=7**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
31	15	R	R	R	S	S	R	R	R	R	7	2
32	34	S	R	R	R	S	R	R	R	R	7	2

---

**CLUSTER=8**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
33	11	R	R	R	R	R	R	S	R	R	8	1

---

**CLUSTER=9**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
34	5	R	R	R	R	S	R	R	R	R	8	1

---

**CLUSTER=10**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
35	25	R	R	R	S	S	R	S	R	R	6	3

---

**CLUSTER=11**

---

<b>Obs</b>	<b>aislam</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>nR</b>	<b>nS</b>
36	26	S	R	R	S	S	R	R	R	R	6	3

---

código	Ingrediente activo
a	<i>Azoxystrobin</i>
b	<i>Propineb</i>
c	<i>Triciclazol</i>
d	<i>Carbendazim</i>
e	<i>Kasugamicina</i>
f	<i>Mancozeb</i>
g	<i>Tebuconazole + Triadimenol</i>
h	<i>Trifloxystrobin + Propiconazole</i>
i	<i>Mancozeb</i>

**Reacción de los aislamientos frente a los ingredientes activos**

**R= Control**

**S= No control**



## CULTIVO FRIJOL

### I. Introducción

La producción de alimentos, especialmente hortalizas y granos tendrá que aumentarse significativamente para poder abastecer a una población creciente de personas en los países en vía de desarrollo. Para alcanzar estas metas es necesario, no solo un permanente incremento en los rendimientos, sino una reducción de las pérdidas causadas por las principales plagas y enfermedades que atacan a los cultivos. Las hortalizas tales como tomate, habichuela, berenjena, melón, pimentón y otros (cultivos con un alto valor agregado) están siendo una opción muy importante de exportación. Los ingresos potenciales de estos cultivos, a menudo hacen que los pequeños agricultores apliquen grandes cantidades de insecticidas y fungicidas para asegurar su cosecha, controlando químicamente las diferentes plagas y enfermedades. El uso de plaguicidas sin embargo, es y continuará siendo una herramienta importante para reducir las pérdidas causadas por las diferentes plagas y enfermedades en los años venideros. Se espera que la demanda de plaguicidas aumente a medida que se intensifique la producción de cultivos en los países en desarrollo para suplir la demanda de alimentos. Dependiendo de los niveles de pérdidas y costos involucrados, un mejor manejo de las plagas será una herramienta importante para aumentar los alimentos disponibles en los países en vía de desarrollo. Por lo tanto, es necesario que los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Integrado del Cultivo (MIC) incluyan el uso racional de estos plaguicidas químicos, como prevención del desarrollo de resistencia a los insecticidas y fungicidas por los insectos y patógenos. Además, desarrollen estrategias de manejo para el control de las plagas y enfermedades, encaminadas a disminuir sustancialmente la utilización de productos nocivos para la salud humana, animal y el medio ambiente. Dentro del proyecto, las instituciones responsables de la elaboración de la propuesta para el manejo de las principales plagas en el cultivo de frijol son: El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y sus colaboradores; Ingenieros Sandra Garcés, Luis Lomas, Carlos Sevillano, Jovanny Suquillo, Aura Chacon y Jorge Jaramillo.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE

INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

El Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, donde colaboraron: Juan Miguel Bueno, Isaura Rodríguez, Héctor Morales y César Cardona.



Es de resaltar que todas las áreas sembradas con fríjol y habichuelas en Colombia y Ecuador seleccionadas en el proyecto " Reducción del Uso y Desarrollo de Resistencia a Plaguicidas en el Cultivo del Arroz y Fríjol en Colombia, Venezuela y Ecuador", financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria - FONTAGRO fueron evaluadas.

Patrones del uso de insecticidas para el control de la mosca blanca, los trips y los minadores fueron bien conocidos.

Especies y biotipos de mosca blanca fueron debidamente identificados.

Considerable avance en la medición de los niveles de resistencia a insecticidas de poblaciones de moscas blancas, trips, y minadores en Colombia y Ecuador fue logrado.

Una propuesta de manejo de las tres plagas encontradas como relevantes en el cultivo fue desarrollada y capacitaciones a través de talleres y escuelas de campo fue realizada.

## **DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

**1. OBJETIVO 1.** Caracterizar el uso actual de plaguicidas en Colombia y Ecuador en cultivos y áreas determinadas. Diagnóstico sobre el uso de insecticidas en fríjol en Colombia y Ecuador. Identificación de las principales plagas en los cultivos de fríjol y habichuela en Colombia y Ecuador que son objeto de excesivo uso de plaguicidas. Medición de los costos de protección vegetal en los cultivos objetivos del estudio. Medición de los niveles de resistencia a insecticidas y fungicidas potencialmente presentes en las principales plagas del fríjol.

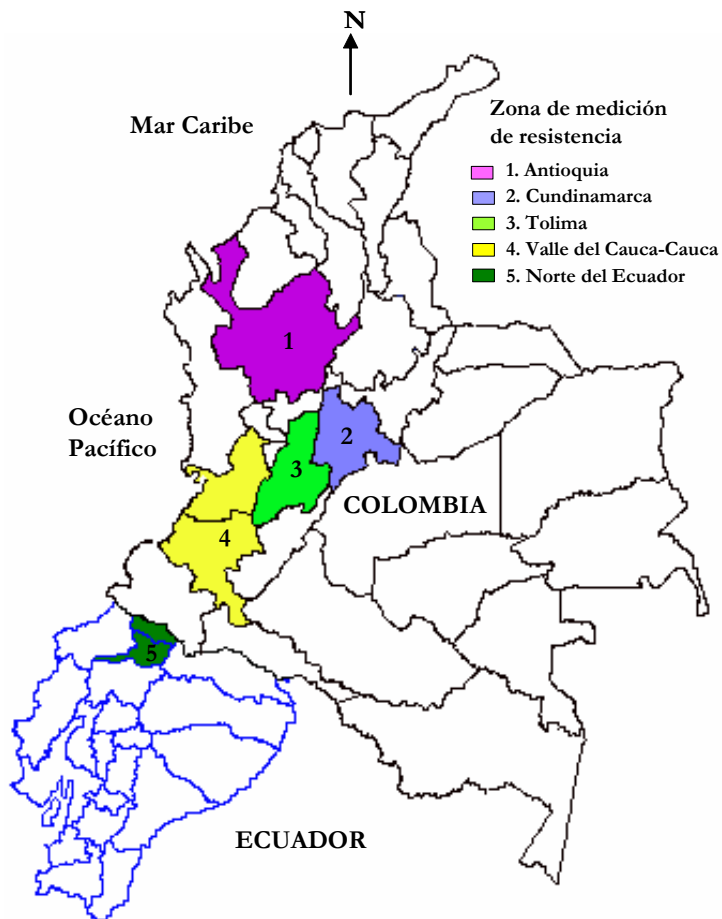
**Desarrollo:** Para obtener un diagnóstico en fríjol y habichuela sobre el uso de insecticidas, se identificaron las principales plagas y se calcularon los costos de protección en que incurre el agricultor para proteger sus cultivos en Colombia y Ecuador. Esto se logro procesando 299 conjuntos de datos (encuestas). El 69% de las encuestas se hizo en seis zonas de Colombia. Estas zonas abarcaron ocho departamentos y 44 municipios. El 31% restante de las encuestas se hizo en la zona norte de Ecuador, que abarcó dos departamentos (provincias) y cuatro municipios (cantones). Las áreas seleccionadas en los dos países son más o menos similares y son representativas de las zonas de ladera productoras de fríjol del sur-occidente, centro y nor-oriente de Colombia y norte de Ecuador (Figura 1). Para el análisis de los datos la región se dividió en tres grandes zonas:

Trópico bajo: se refiere a las tierras de zona baja de Colombia y Ecuador, que están en alturas menores de 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) y comprendidas entre los 3°30'4" latitud norte y 76°0'76.3" longitud oeste.

Valles interandinos: Están ubicados en tierras cuyas alturas oscilan entre 1000 y 1400 msnm. Estos valles están comprendidos entre los 2° 30'3" latitud norte y los 76° 0'76.3" longitud oeste.

Trópico alto: Son las tierras que están en alturas por encima de los 1400 msnm. Se refiere a la zona andina de Colombia y Ecuador: 0° 0'30" latitud norte y 74° 74'30" longitud oeste.

El monitoreo de la medición de resistencia si hizo en las zonas del Cauca, Valle del Cauca, Tolima, Antioquia, Cundinamarca en Colombia y el Valle del Chota y la Cuenca del Río Mira en Ecuador. Las evaluaciones fueron hechas en alturas comprendidas entre los 900 a 2500 metros sobre el nivel del mar (msnm).



**Figura 1.** Zonas de estudio seleccionadas por su área sembrada en habichuela y fríjol, la producción y el uso de insecticidas. Las áreas no coloreadas no están incluidas en el estudio.

### 1.1. Identificación zonas afectadas dentro de cada área seleccionada

Se visitaron las siguientes zonas en Colombia: en el nororiente de Colombia, en el departamento de Santander, se hicieron 33 encuestas cubriendo seis municipios. Al noroccidente del país, en el departamento de Antioquia, se muestrearon 5 municipios con 27 encuestas. En el centro, la zona con los departamentos de Tolima y Huila fueron muestreados con 30 y 20 encuestas, respectivamente, y la zona del departamento de Cundinamarca fue muestreada con 30 encuestas distribuidas en 7 municipios. En el sur-occidente, en los departamentos del Cauca y Valle del Cauca se hicieron 10 y 20 encuestas en 5 y 11 municipios, respectivamente. En el departamento de Nariño al sur de Colombia, se hicieron 30 encuestas en 9 municipios. En Ecuador se encuestaron 71 agricultores de la provincia de El Carchi y 28 de la provincia de Imbabura.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis estadísticos de frecuencias por medio del programa SAS (2001). El análisis hecho de las diferentes zonas, muestra que la mosca blanca es la plaga más importante que ataca los cultivos de fríjol y habichuela. El 62.3% del área en Colombia y el 37.7% del área muestreada en Ecuador es afectada por mosca blanca. En los departamentos de Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca y Nariño en Colombia, las provincias de El Carchi e Imbabura en Ecuador, el 78.1% de los agricultores encuestados mencionó que esta plaga ocurre en fríjol y habichuela. El 85% del trópico alto ubicado en alturas por encima de los 1400 msnm está afectado por *T. vaporariorum*. En los valles interandinos se encontró un complejo de *T. vaporariorum* y *B. tabaci*.

Otra plaga de igual importancia es el minador, presente en el 66.7% del área encuestada en Colombia y en el 33.3% del área encuestada en Ecuador. Las zonas en donde este insecto es más común, son el departamento de Santander (33,0%) en Colombia y la provincia de El Carchi en Ecuador (33.6%). Otros departamentos atacados en menor proporción por estos insectos son los departamentos del Huila y del Valle del Cauca, con 16.7% cada uno. En el 50% del trópico alto está presente *L. huidobresis*, mientras que en alturas menores, comprendidas entre los 800 y 1400 msnm existe un complejo de *L. huidobrensis* y *L. sativae*, predominando este último por debajo de los 1000 msnm.

El cultivo del fríjol con un 85.5% y en menor grado el cultivo de la habichuela, con un 15.1%, se ven afectados por el trips. Este insecto ocurre en el 75.8% del área en Colombia y el 24.2% del área en Ecuador. Antioquia, es el departamento donde mas se evidencia la presencia de este insecto, con un 42.4%; seguido de la provincia de El Carchi (Ecuador) con un 24.2% y el departamento del Tolima en Colombia con un 18.2%. Otros departamentos con menor grado de menciones son los departamentos del Cauca, Santander y Cundinamarca. El 87.9% de las menciones ubica esta plaga en alturas comprendidas entre los 1600 y los 2400 msnm.

En Colombia, el 100% de los agricultores mencionaron que sus cultivos de fríjol son dañados por *E. kraemeri*. El 83.3% de las encuestas ubican este insecto entre los 1600 y los 2000 msnm, siendo más común en el departamento del Huila con un 83.3% de menciones, seguido del departamento de Nariño con un 25% de menciones.

## 1.2. Características de los agricultores en Colombia y Ecuador en cultivos y áreas determinadas

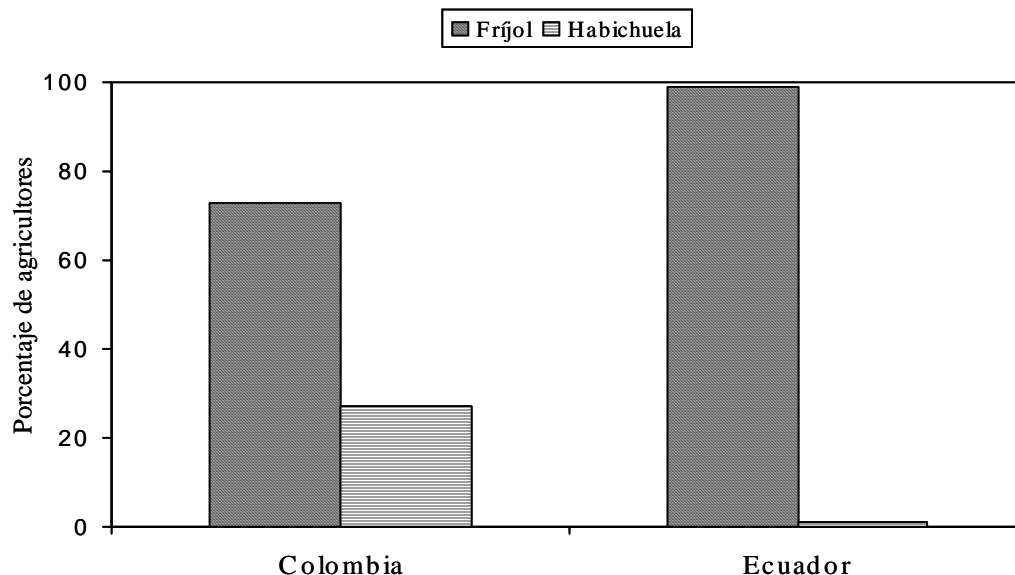
La mayoría de los agricultores encuestados en la zona andina de Colombia y Ecuador son hombres (Tabla 1). Un porcentaje significativo de ellos es propietario de menos de una hectárea de tierra, principalmente en los valles interandinos y el trópico alto. En el trópico bajo y los valles interandinos, predomina el cultivo de habichuela, mientras que el fríjol es más importante en el trópico alto. Son comunes las siembras escalonadas de tres o más cultivos hospederos de las plagas mencionadas, lo cual favorece el incremento en las poblaciones de insectos plaga. Esta práctica es difícil de cambiar debido a razones socioeconómicas (necesitan flujo de dinero permanente, precios bajos de sus productos cuando se siembra y se cosecha al mismo tiempo). Por no recibir asistencia técnica calificada, la mayoría no hacen las prácticas culturales adecuadas. Tampoco hacen rotación de cultivos por razones económicas.

El 73% de los agricultores en Colombia siembran fríjol y solo el 27% siembra habichuela. En Ecuador este rango es más amplio, porque el 99% de los agricultores siembran fríjol y solo el 1% siembra habichuela (Figura 2).

**Tabla 1.** Principales características de los agricultores entrevistados en la zona andina de Colombia y Ecuador (porcentaje)

Tema	Trópico bajo (<1000 msnm)	Valles Interandinos	Trópico alto (>1400 msnm)
Hombres	75	97	93
Propietarios de tierra	25	41	66
Siembran menos de 1 ha	75	68	40
Mas importante el fríjol	25	4	80
Mas importante la habichuela	75	79	10
Siembran 3 o más cultivos a la vez	-	45	57
Rotan cultivos <sup>1</sup>	75	86	70
Ha recibido asistencia técnica	0	51	46

<sup>1</sup> La rotación en este caso, a veces se entiende como el cambio de sitio del mismo cultivo dentro de la granja.



**Figura 2.** Porcentaje de agricultores que siembran fríjol y habichuela en Colombia y Ecuador

### 1.3. Percepción de los agricultores sobre el problema de mosca blanca, minadores, trips y empoasca como plagas en los cultivos de fríjol y la habichuela en Colombia y Ecuador.

La incidencia de las moscas blancas, minadores, trips y empoasca es tal, que un porcentaje significativo de agricultores (12-76%) conoce estas plagas; además el 49% menciona a la mosca blanca como el principal problema, mientras que en menor proporción, el 21%, 37% y 12% de los agricultores nombra a los minadores, los trips y el empoasca, respectivamente como plaga importante del cultivo (Tabla 2). En términos generales estos insectos son considerados como endémicos (12-73%) en las diferentes regiones en que fueron divididas las áreas de muestreo. Muchos de los agricultores (hasta un 63%) relacionan la incidencia de estas plagas con condiciones climáticas, generalmente con lluvias y temperatura. No muchos se atreven a decir que pueden predecir la incidencia de estas plagas por razones de cambios en los patrones climáticos. Un 24% de los agricultores ha perdido la mitad de su producción por causa de la mosca blanca y un 10% de los agricultores la han perdido por empoasca.

**Tabla 2.** Percepción de los agricultores sobre el problema de las plagas en fríjol y habichuela en la zona andina de Colombia y Ecuador

Porcentaje de agricultores que:	Mosca blanca	Minador	Trips	Empoasca
Conoce	76	21	37	12
Reconoce como problema a la	49	3	12	2
Reconoce como endémica a la	73	21	36	12
Asocia con condiciones climáticas la	63	16	31	7

incidencia de

Considera que puede predecir la incidencia de	12	3	6	2
Ha tenido pérdidas de rendimiento del 50% o más por	24	-	4	10

En la Tabla 3 observamos cómo la mosca blanca es identificada como el principal limitante para el cultivo en el trópico bajo, valles interandinos y el trópico alto. Los minadores afectan los cultivos localizados en el trópico bajo, mientras que los trips y el empoasca afectan en menor proporción los valles interandinos y el trópico alto.

**Tabla 3.** Porcentaje de agricultores que identifican la mosca blanca, los minadores, el trips y el empoasca como la plaga mas importante en el cultivo de fríjol y habichuela en la zona andina de Colombia y Ecuador

Plaga	Trópico bajo (<1000 msnm)	Valles Interandinos	Trópico alto (>1400 msnm)
Mosca Blanca	50	52	36
Minador	25	7	2
Trips	-	14	11
Empoasca	-	5	4

#### 1.4. Diagnóstico sobre el uso de insecticidas en fríjol (Colombia y Ecuador)

El análisis de 299 conjuntos de datos indicó que alrededor del 75% de los agricultores encuestados en las tres zonas ecológicas de Colombia y Ecuador usan insecticidas como único método de control contra la mosca blanca (Tabla 4). Para el minador, el 100% de los agricultores que están en el trópico bajo utilizan el control químico como única medida de control; el porcentaje de agricultores de los valles interandinos que utiliza insecticidas es un poco menor (68.9%) pero igualmente significativo a los anteriores.

Para el control de trips un porcentaje similar de agricultores encuestados en el trópico bajo y los valles interandinos (50% y 62% respectivamente) utilizan insecticidas para el control de este insecto. Para el caso de empoasca pocos agricultores dirigen insecticidas específicos para esta plaga, sin embargo todas las aplicaciones dirigidas a las otras plagas lo afectan de manera indirecta. No obstante, el uso de

insecticidas contra otras plagas posiblemente favorece el desarrollo de altos niveles de resistencia de las diferentes plagas que pueden ser monitoreadas en la zona andina. Esto se evidencia porque el 46.2% de los agricultores hace aplicaciones calendario (preventivo), el 47.2% aplica cuando ve al menos un insecto plaga (curativo) y sólo un 5% de los agricultores utiliza los umbrales de acción respectivos para ejercer control.

**Tabla 4.** Porcentaje de agricultores que usan insecticidas para el control de las plagas del fríjol y la habichuela en la zona andina de Colombia y Ecuador

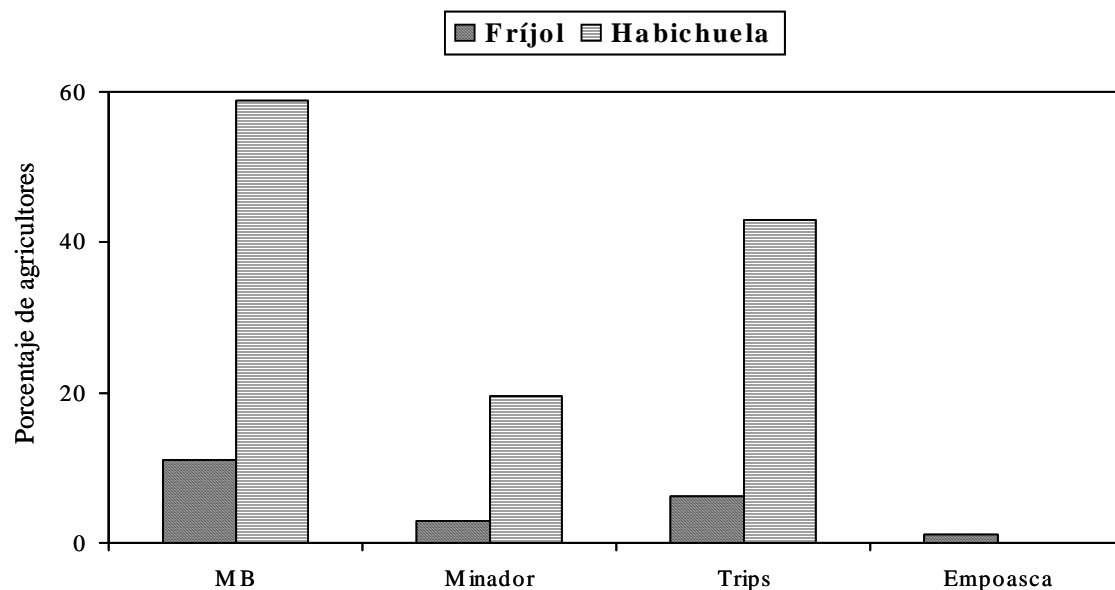
Zona ecológica	Aplicación contra			
	Mosca blanca	Minador	Trips	Empoasca
Trópico bajo	75.0	100.0	50.0	25.0
Valles interandinos	75.6	68.9	62.1	6.9
Trópico alto	70.3	16.2	33.1	10.5

Los agricultores no tienen quien los oriente con un tratamiento efectivo para el manejo de las plagas. El 72.6% se autoformulan o reciben sugerencias de los otros agricultores. La programación para las aplicaciones que utiliza el agricultor aumenta los costos de control para cada una de las plagas monitoreadas en la zona andina.

En el cultivo de fríjol, el 11.1% de los agricultores gastan más de 250 dólares por ha para el control de mosca blanca (el 4.3 de los agricultores gasta entre 500 y 750 dólares). El 3% de los agricultores gastan alrededor de 300 dólares por ha para controlar minador, el 6.2% gastan alrededor de 500 dólares por ha para controlar trips y solo el 1% invierte más de 250 dólares para controlar empoasca (Figura 3).

En el caso de habichuela es diferente, por ser un cultivo de alto valor los costos para controlar plagas son mayores, para controlar mosca blanca el 58.9% de los agricultores invierte más de 500 dólares por ha para el control de este insecto. El 19.6% de los agricultores gasta entre 250 y 500 dólares por ha para el control de minador. Para controlar trips el 43.5% de los agricultores invierten entre 250 y 750 dólares por ha para el control de este insecto (Figura 3).





**Figura 3.** Porcentaje de agricultores que gastan mas de 250 dólares por ha para el control de las diferentes plagas que atacan el cultivo de fríjol y habichuela en la zona andina de Colombia y Ecuador

En el caso específico de la mosca blanca más de un 30% de las aplicaciones hechas en Colombia y un 45.5% de las aplicaciones hechas en Ecuador, son con insecticidas organofosforados (OPs) (Tabla 5). Otro grupo frecuentemente utilizado para el control de esta plaga son los carbamatos (C) con una participación en Colombia del 15.4% y en el Ecuador del 18.2% de las aplicaciones. En Colombia los neonicotinoides tiene un porcentaje de participación del 23.1% en las aplicaciones. Los otros grupos utilizados en menor proporción son los piretroides (P), los reguladores de crecimiento (RC), las avamectinas y nereistoxinas (como misceláneos), los organoclorados (Ocl) o mezclas (OPs + P ó Ocl + C).

**Tabla 5.** Porcentaje de agricultores que utilizan diferentes grupos de insecticidas solos o en mezcla para el control de mosca blanca en la zona andina de Colombia y Ecuador

Grupo de insecticidas	Colombia	Ecuador
Organofosforados	30.8	45.5
Carbamatos	15.4	18.2
Piretroides	7.7	9.1
Neonicotinoides	23.1	-
Reguladores de crecimiento	7.7	4.5
Misceláneos	11.5	9.1
Mezclas	-	9.1

Aceites	3.8	-
Organo clorados	-	4.5

El 35% de los agricultores en Colombia y el 36.4% de los agricultores de Ecuador utilizan OPs para el control de los minadores como se muestra en la tabla 6. Los C y los piretroides tiene entre 15% y 20% de participación en Colombia y un 9.1% en Ecuador. Los misceláneos y las mezclas tiene una participación del 20% y el 18.2% en Colombia y Ecuador respectivamente.

**Tabla 6.** Porcentaje de agricultores que utilizan diferentes grupos de insecticidas solos o en mezcla para el control de minador en la zona andina de Colombia y Ecuador

Grupo de insecticidas	Colombia	Ecuador
Organofosforados	35.0	36.4
Carbamatos	20.0	9.1
Piretroides	15.0	9.1
Neonicotinoides	5.0	-
Reguladores de crecimiento	5.0	9.1
Misceláneos	20.0	9.1
Mezclas	-	18.2
Aceites	-	9.1

En la tabla 7, se muestra que cuando se controla trips, los OPs con más del 33% de participación en las aplicaciones de Colombia y Ecuador, siguen siendo los más utilizados para el control de plagas. Los misceláneos siguen en orden de utilización (20.8%) en Colombia, mientras que los carbamatos, piretroides y neonicotinoides son aplicados por alrededor del 14% de los agricultores.

**Tabla 7.** Porcentaje de agricultores que utilizan diferentes grupos de insecticidas solos o en mezcla para el control de trips en la zona andina de Colombia y Ecuador

Grupo de insecticidas	Colombia	Ecuador
Organofosforados	33.3	41.2
Carbamatos	16.7	17.6

Piretroides	12.5	11.8
Neonicotinoides	16.7	5.9
Misceláneos	20.8	17.6
Mezclas	-	5.9

Para empoasca el grupo mas usado en Colombia son los OPs (53.1%), los carbamatos, piretroides, neonicotinoides, reguladores de crecimiento y misceláneos, son usados en menor porcentaje de agricultores. Para Ecuador el 100% de los agricultores usa piretroides para el control de este insecto (Tabla 8).

**Tabla 8.** Porcentaje de agricultores que utilizan diferentes grupos de insecticidas solos o en mezcla para el control de empoasca en la zona andina de Colombia y Ecuador

Grupo de insecticidas	Colombia	Ecuador
Organofosforados	53.1	-
Carbamatos	14.3	-
Piretroides	16.3	100
Neonicotinoides	2.0	-
Reguladores de crecimiento	4.1	-
Misceláneos	10.2	-

Los agricultores tienen fácil acceso a 46 diferentes ingredientes activos y 70 productos comerciales. La mayoría de los insecticidas utilizados son altamente tóxicos (30% categoría I, 30 % categoría II). La frecuencia de aplicación de insecticidas en frijol es en promedio una por semana, mientras que en habichuela la frecuencia se duplica y muchas veces pasan a 3 semanales. El número de aplicaciones por plaga dentro de cada ciclo de cultivo puede variar en cada región, sin embargo es interesante anotar que el 28.1% de los agricultores hacen mas de 10 aplicaciones por ciclo de cultivo para controlar mosca blanca (Tabla 9). Para el control del minador arriba del 79% de los agricultores hacen más de 10 aplicaciones. Para controlar trips y empoasca un alto porcentaje de agricultores (67.2% y 88.6% respectivamente) hacen mas de 10 aplicaciones por ciclo de cultivo.

Como se mencionó anteriormente, los agricultores no reciben indicaciones de técnicos calificados, por lo que estos, utilizan subdosis ó sobredosis de cada producto. Se observó que no utilizan medidas de protección (mascaras, guantes) cuando se utilizan insecticidas altamente tóxicos. Esta es una situación muy difícil porque se ha creado una cultura química en Colombia y Ecuador a través de los últimos 10 años, la cual ha empeorado por el aumento de las principales plagas en el cultivo debido al manejo inadecuado de este.

**Tabla 9.** Patrones de uso de insecticidas para el control de plagas en la zona andina de Colombia y Ecuador

No. de aplicaciones por ciclo de cultivo <sup>a</sup>	% de agricultores que aplican por ciclo de cultivo para:			
	Mosca blanca	Minador	Trips	Empoasca
1 – 3	29.8	9.0	11.4	6.0
4 – 6	25.1	4.7	11.7	2.0
7 – 9	14.4	5.4	8.7	2.0
10	0.7	0.3	0.3	0.3
> 10	28.1	79.9	67.2	88.6

<sup>a</sup>El número promedio de aplicación de los agricultores de Colombia y Ecuador por ciclo de cultivo en el trópico bajo es 9.7. El promedio de aplicación en los valles interandinos y el trópico alto es 6.6 y 9.5, respectivamente.

## 2. OBJETIVO 2. Monitorear el desarrollo de resistencia a los plaguicidas en insectos seleccionados.

Implementación y estandarización de métodos para probar sensibilidad a plaguicidas que puedan ser usados para el monitoreo del desarrollo de resistencia. Establecimiento de niveles de sensibilidad base (líneas base) de diferentes plagas del frijol a diferentes insecticidas usados para su control. Identificación de los riesgos de resistencia para los diferentes insecticidas estudiados. Monitoreo periódico del desarrollo de resistencia a los insecticidas seleccionados para corroborar resultados obtenidos.

**Desarrollo:** Para hacer estas evaluaciones en campo, primero en los laboratorios del CIAT en Palmira (Valle, Colombia), se establecieron las líneas base para cada producto (reportadas en el informe de Diciembre de 2007 y Junio de 2008). Cada línea base se estableció usando los adultos e inmaduros de primer ínstar provenientes de crías masales de razas susceptibles de *T. vaporariorum*, *B. tabaci*, *L. sativae*, *L. huidobrensis* y *T. palmi* mantenidas en cuartos de cría en el CIAT durante muchos años en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

A partir de las líneas base, se escogió un juego de tres dosis empíricas de cada producto (en el caso de inmaduros) y de cuatro (en el caso de adultos), que causaran mortalidades entre 5 y 95% de la población susceptible. Estas dosis se evaluaron de nuevo con adultos e inmaduros de las diferentes crías mantenidas en el CIAT con las metodologías ya descritas para cada insecticida, con el fin de estimar las dosis que mata por lo menos el 95% de una raza susceptible ó dosis diagnóstico para cada producto (informe progreso junio 2008). Las dosis diagnóstico así estimadas de los insecticidas identificados como los de mayor y mas frecuente uso, se utilizaron para medir los niveles de resistencia que han adquirido las poblaciones de campo de adultos e inmaduros al estar expuestos al uso continuo de estos ingredientes activos en las zonas identificadas como de mayor utilización de plaguicidas en Colombia y Ecuador.

Los grupos de insecticidas utilizados en las dosis diagnóstico para medir los niveles de resistencia en campo de las plagas seleccionadas como claves en el cultivo de fríjol y habichuela fueron: Para adultos de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* se evaluó un organofosforado (metamidofos), un carbamato (metomil) y un piretroide (cipermetrina) utilizando ingrediente activo puro en  $\mu\text{g}$  disuelto en 250  $\mu\text{l}$  de acetona. Como insecticida de nueva generación se evaluó un neonicotinoide (imidacloprid) y una neristoxina (tioxclam hidrogen oxalato) dosificados en ppm de producto commercial disuelto en agua destilada. De igual forma a lo anterior se dosificaron (ppm) los grupos de insecticidas evaluados para ninfas de *T. vaporariorum* y *B. tabaci*, estos fueron dos reguladores de crecimiento (buprofezin y diafentiuron) y el neonicotinoide imidacloprid.

La dosis diagnóstico dosificada en ppm y disuelta en agua destilada de un carbamato (carbosulfan), una lactona macrocíclica (spinosad), un neonicotinoide (imidacloprid) y un fenil-pirazoles (fipronil) fue utilizada para medir los niveles de resistencia a estos insecticidas de adultos de *T. palmi* colectados en campo, y compararlos con la respuesta de la raza susceptible de este insecto mantenida en CIAT.

Para adultos de *L. huidobrensis* fueron evaluados un organofosforado (clorpirifos) un carbamato (metomil) y un piretroide (cipermetrina), utilizando dosis en  $\mu\text{g}$  de ingrediente activo puro disuelto en acetona. Para larvas se utilizó un regulador de crecimiento (ciromacina) y una avermectina (abamectina) diluidas en ppm de producto comercial.

Las evaluaciones de resistencia se hicieron en 43 sitios diferentes de las cinco zonas (que abarcan cinco departamentos en Colombia y dos provincias de Ecuador) seleccionadas por su cantidad de área sembrada, y caracterizadas por el alto consumo de insecticidas que son utilizados para el control de plagas en los cultivos en mención.

En todas las evaluaciones de adultos se usó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones por insecticida evaluado, cada repetición con 20 adultos colectados en el mismo hospedero. Para ninfas y larvas, después de obtener poblaciones de la misma edad, se procedió a evaluar los niveles de resistencia según las metodologías descritas (ver informe de junio 2008). En todas las mediciones de resistencia la mortalidad se corrigió con la fórmula de Abbott (Busvine 1971). Las pruebas en las cuales la mortalidad del testigo fue superior al 10% fueron descartadas. Todas las respuestas de mortalidad obtenidas con la dosis diagnóstico estimada para cada producto, fue

comparada con las mortalidades en la raza susceptible mantenida en CIAT, mediante un análisis de varianza y separación de medias por diferencia mínimas significativa (SAS 2001).

## **2.1. Monitoreo para la identificación de los riesgos y medición de los niveles de resistencia a insecticidas seleccionados como los de mayor uso en el control de las plagas clave de frijol y habichuela en Colombia y Ecuador.**

El principal objetivo de un seguimiento continuo de la resistencia a los insecticidas, es el desarrollo de estrategias alternativas de ordenación que contribuyan a superar la resistencia o retrasar la aparición de este fenómeno.

Para comparar ambientes similares, las áreas muestreadas se agruparon en regiones. Cada región agrupo los siguientes departamentos: Valle del Cauca y Antioquia, Cundinamarca y Tolima en Colombia y la región de Ecuador que comprende el Valle del Chota y la Cuenca del Río Mira. Las pruebas de mediciones de resistencia a los insecticidas se realizaron en 43 sitios diferentes: 30 en Colombia y 13 en Ecuador, en altitudes comprendidas entre los 940 y 2465 msnm. Con cada dosis diagnóstico establecida de los insecticidas seleccionados, se probaron en las zonas seleccionadas sobre las poblaciones de inmaduros y adultos de las plagas clave del frijol y la habichuela. Los niveles de resistencia en adultos monitoreados en condiciones de campo fueron evaluados con la técnica de viales. La resistencia de las fases inmaduras fue evaluada utilizando la técnica de inmersión follaje. Los nuevos insecticidas sistémicos (principalmente neonicotinoides) fueron evaluados utilizando la técnica de cajas de Petri.

## **RESULTADOS**

### **2.1.1 *Trialeurodes vaporariorum***

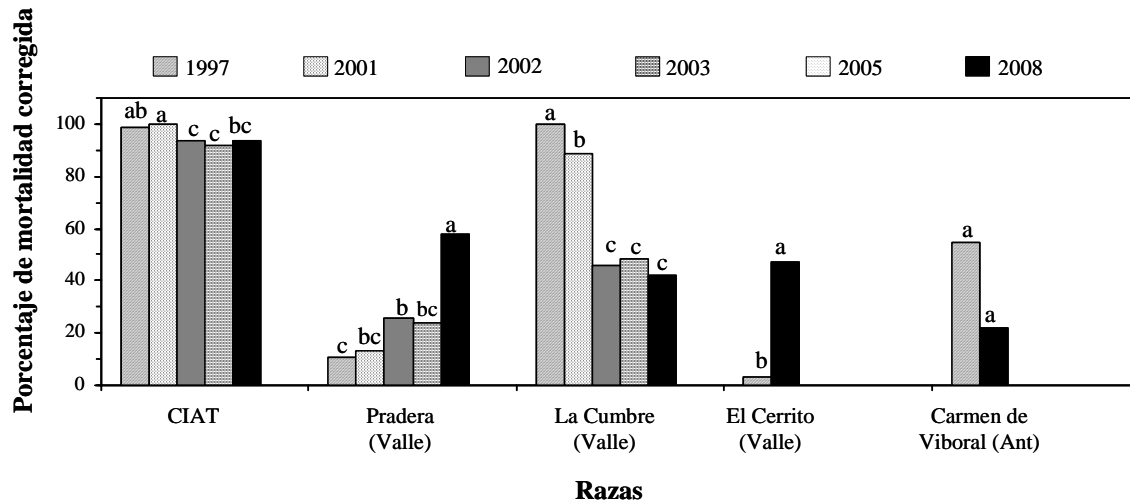
**Región del Valle del Cauca - Antioquia:** Se encontraron cambios importantes en los adultos de *T. vaporariorum*. En la mayoría de los sitios evaluados, se detectaron altos niveles de resistencia a organofosforados (metamidofos), y niveles intermedios de resistencia a los piretroides (cipermetrina) fueron registrados en los sitios evaluados en Antioquia. Todas las razas mostraron susceptibilidad a la dosis diagnóstico de carbamatos (metomil), neonicotinoides (imidacloprid) y la neristoxina (tioxiclam hidrogen oxalato) (Tabla 10).

**Tabla 10.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos de *Trialeurodes vaporariorum* a cinco insecticidas en 10 áreas de la región Valle del Cauca – Antioquia de Colombia. Las dosis diagnóstico se probaron en condiciones de campo usando la técnica de viales ( $\mu\text{g}/\text{vial}$ ) impregnados con los respectivos insecticidas<sup>a</sup>, La dosis diagnóstico en ppm fue evaluada utilizando la técnica de Cahill *et al* (1996)<sup>b</sup>.

Sitio (Departamento) <sup>c</sup>	metomil (2.5 $\mu\text{g}/\text{vial}$ )	metamidofos (32 $\mu\text{g}/\text{vial}$ )	cipermetrina (500 $\mu\text{g}/\text{vial}$ )	imidacloprid (40 ppm)	thioxiclám hydrogen oxalate (1500 ppm)
CIAT	100.0 a <sup>d</sup>	93.8 a	89.7 ab	88.2 bcd	87.2 cde
Pradera 2 (V)	100.0 a	8.5 f	75.7 abcde	89.1 bcd	94.6 abcd
La Cumbre (V)	100.0 a	42.1 cd	86.3 abc	84.2 cd	97.0 ab
C.Viboral 1 (A)	100.0 a	21.7 de	66.3 bcde	91.8 bc	91.8 bcde
C.Viboral 2 (A)	100.0 a	22.0 ef	62.6 de	92.9 bc	85.9 de
Santuario 1 (A)	100.0 a	53.0 bc	53.7 e	98.0 a	89.0 cde
Marinilla (A)	100.0 a	36.8 cde	63.2 cde	99.0 a	91.0 cde
Santuario 2 (A)	100.0 a	58.1 bc	79.9 abcd	95.9 ab	97.9 a
El Cerrito (V)	97.9 b	46.9 bc	88.8 a	91.6 bcd	81.1 e
Pradera1 (V)	94.9 c	63.8 b	85.1 abc	84.9 cd	93.7 abc
Tulua (V)	93.8 c	38.1 cde	93.8 a	82.3 d	92.6 abc

<sup>a</sup> Plapp, F. W.; Jackman, J. A.; Campanhola, C.; Frisbie, R. E.; Graves, J. B.; Lutrell, R. G.; Kitten, W. F.; Wall, M. 1990. Monitoring and management of pyrethroid resistance in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Texas, Mississippi, Louisiana, Arkansas and Oklahoma. *J. Econ. Entomol.* 78: 748-752; <sup>b</sup> Cahill, M., K. Gorman, S. Day & I. Denholm. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull. Entol. Res.* 86: 343-349; <sup>c</sup> Departamento (A)=Antioquia, (V)= Valle del Cauca; <sup>d</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

La Figura 4 muestra los resultados de la resistencia en adultos de *T. vaporariorum* a metamidofos, obtenidos de mediciones periódicas entre 1997 y 2008 en tres zonas del Valle del Cauca y una en Antioquia. Una disminución significativa en los niveles de resistencia se detectó en Pradera y El Cerrito en el Valle del Cauca. Los aumentos en los niveles de resistencia se encontraron en La Cumbre (Valle) y en Carmen de Viboral (Antioquia).



**Figura 4.** Cambios en la respuesta toxicológica a metamidofos (32 µg/vial) de poblaciones de adultos de *Trialeurodes vaporariorum*. Columnas con la misma letra no difieren significativamente ( $P = 0.05$ ), DMS fue usado para la separación de medias. Cada sitio fue analizado por separado. CIAT = raza susceptible.

En ninfas de primer instar de *T. vaporariorum*, recogidas en El Cerrito y Pradera en el Valle de Cauca, fue detectada una reducida respuesta al regulador de crecimiento buprofezin. La raza Pradera exhibió niveles intermedios de resistencia al neonicotinoide imidacloprid (Tabla 11).

**Tabla 11.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* a tres insecticidas en la región Valle de Cauca - Antioquia en Colombia. Usando dosis diagnóstico en ppm. Las evaluaciones fueron hechas siguiendo la metodología sugerida por Prabhaker *et al.* (1985)<sup>a</sup>.

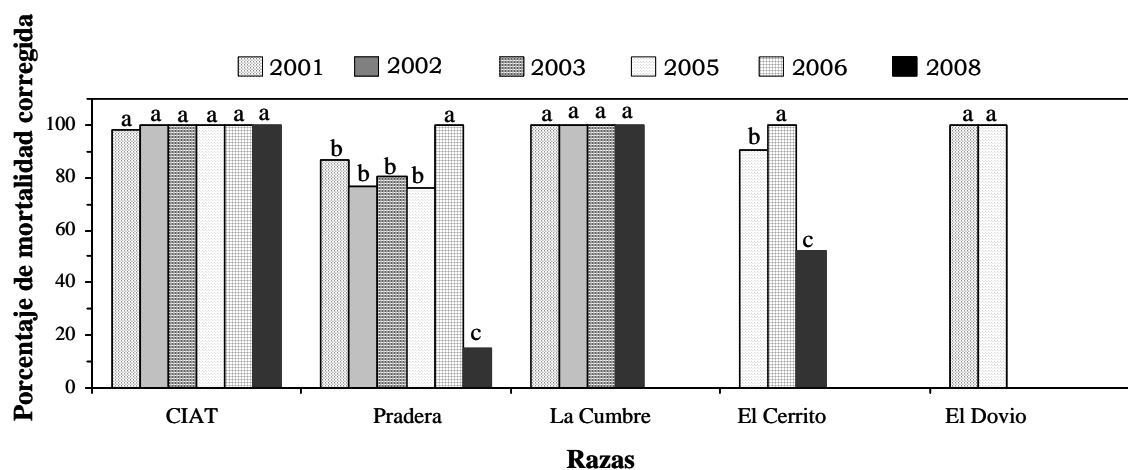
Sitio (Departamento) <sup>b</sup>	buprofezin	diafentiuiron	imidacloprid
	(16 ppm)	(300 ppm)	(300 ppm)
C.Viboral 1 (A)	100.0 a <sup>c</sup>	100.0 a	99.5 a
Santuario 2 (A)	100.0 a	100.0 a	99.4 ab
CIAT	100.0 a	100.0 a	100.0 a
C.Viboral 2 (A)	100.0 a	97.6 b	82.3 cd



La Cumbre (V)	100.0 a	100.0 a	97.9 ab
Santuario 1 (A)	100.0 a	100.0 a	90.3 cd
Marinilla (A)	100.0 a	100.0 a	97.6 ab
Tulua (V)	98.4 a	100.0 a	88.9 c
El Cerrito (V)	52.2 b	100.0 a	100.0 a
Pradera 2 (V)	35.0 c	100.0 a	76.4 d
Pradera 1 (V)	29.0 c	100.0 a	91.8 bc

<sup>a</sup> Prabhaker, N.; Coudriet, D.; Meyerdirk, D. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 78: 748-752; <sup>c</sup> Departamento (A)=Antioquia, (V)= Valle del Cauca; <sup>d</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

Mediciones periódicas de resistencia fueron hechas entre el 2001 y el 2008, sobre poblaciones de ninfas de *T. vaporariorum* colectadas en cuatro municipios del Valle del Cauca. Un incremento significativo en los niveles de resistencia se detecto a buprofezin en Pradera y El Cerrito, posiblemente debido al uso excesivo de este insecticida utilizado para en control de inmaduros de mosca blanca (Figure 5).



**Figura 5.** Cambios en la respuesta toxicológica a buprofezin (16 ppm) de poblaciones de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum*. Columnas con la misma letra no difieren significativamente ( $P = 0.05$ ), DMS fue usado para la separación de medias. Cada sitio fue analizado por separado. CIAT = raza susceptible.

**Región de Cundinamarca y Tolima:** En esta región se detectaron cambios significativos. En general, todas las respuestas de los adultos de *T. vaporariorum* a metamidofos fue baja, además, en Fómeque, se registraron niveles intermedios de resistencia a cipermetrina (Tabla 6). Las ninfas mostraron altos niveles de susceptibilidad a los insecticidas probados en las regiones evaluadas, con excepción de Fomeque y Pasca, sitios que presentaron una respuesta intermedia a a imidacloprid y buprofezin respectivamente (Tabla 7).

**Tabla 6.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos de *Trialeurodes vaporariorum* a cinco insecticidas en Cundinamarca y Tolima de Colombia. Las dosis diagnóstico se probaron en condiciones de campo usando la técnica de viales ( $\mu\text{g}/\text{vial}$ ) impregnados con los respectivos insecticidas<sup>a</sup>, La dosis diagnóstico en ppm fue evaluada utilizando la técnica de Cahill *et al* (1996)<sup>b</sup>.

Sitio (Departamento) <sup>c</sup>	metomil (2.5 $\mu\text{g}/\text{vial}$ )	metamidofos (32 $\mu\text{g}/\text{vial}$ )	cipermetrina (500 $\mu\text{g}/\text{vial}$ )	imidacloprid (40 ppm)	thioxiclám hydrogen oxalate (1500 ppm)
CIAT	100.0 a <sup>d</sup>	93.8 a	89.7 a	88.2 bc	87.2 b
Cajamarca 1 (T)	100.0 a	43.2 b	82.1 ab	89.7 ab	77.3 b
Cajamarca 2 (T)	100.0 a	12.9 b	83.9 ab	95.7 a	78.5 b
Pasca (C)	100.0 a	31.2 b	81.7 a	85.4 bc	99.0 a
Fómeque 2 (C)	100.0 a	27.0 b	57.9 c	86.2 bc	95.7 a
Fómeque1 (C)	97.9 a	26.6 b	69.1 bc	81.7 c	95.7 a

<sup>a</sup> Plapp, F. W.; Jackman, J. A.; Campanhola, C.; Frisbie, R. E.; Graves, J. B.; Lutrell, R. G.; Kitten, W. F.; Wall, M. 1990. Monitoring and management of pyrethroid resistance in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Texas, Mississippi, Louisiana, Arkansas and Oklahoma. J. Econ. Entomol. 78: 748-752; <sup>b</sup> Cahill, M., K. Gorman, S. Day & I. Denholm. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bull. Entol. Res. 86: 343-349; <sup>c</sup> Departamento (C)= Cundinamarca , (T)= Tolima; <sup>d</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

**Tabla 7.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* a tres insecticidas en los departamentos de Cundinamarca y Tolima en Colombia. Usando Dosis diagnostico en ppm. Las evaluaciones fueron hechas siguiendo la metodología sugerida por Prabhaker *et al.* (1985)<sup>a</sup>.

Sitio (Departamento) <sup>b</sup>	buprofezin	diafentiuron	imidacloprid
	(16 ppm)	(300 ppm)	(300 ppm)
Cajamarca 1 (T)	100.0 a <sup>c</sup>	100.0 a	100.0 a
CIAT	100.0 a	100.0 a	100.0 a
Fómeque 2 (C)	94.4 ab	88.3 b	83.5 b
Cajamarca 2 (T)	94.3 b	100.0 a	100.0 a
Fómeque1 (C)	92.7 b	81.1 b	74.0 b
Pasca (C)	50.8 c	85.0 b	91.3 b

<sup>a</sup> Prabhaker, N.; Coudriet, D.; Meyerdirk, D. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 78: 748-752; <sup>b</sup> Departamento (C) = Cundinamarca, (T) = Tolima; <sup>c</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

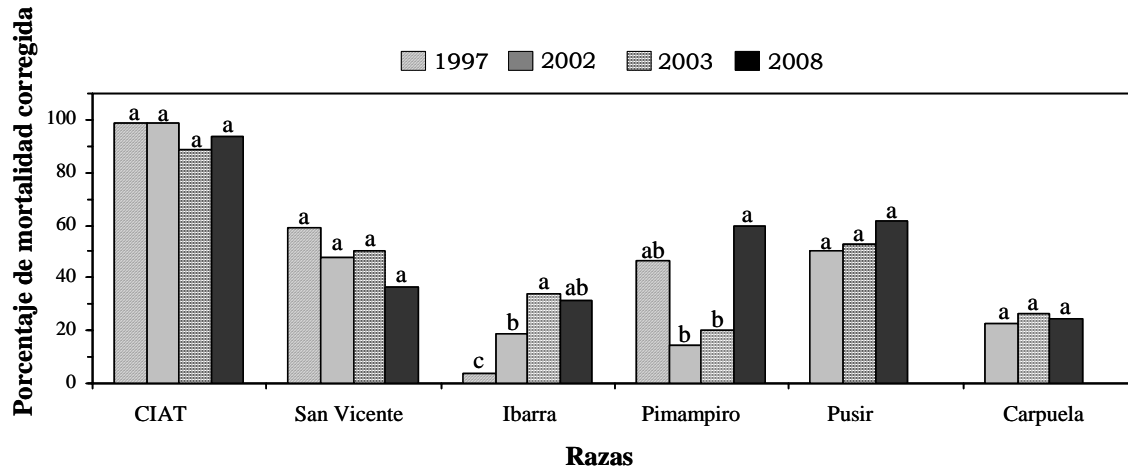
**Región de Ecuador:** La respuesta de mortalidad de *T. vaporariorum* a metamidofos fue baja en el 80% de los sitios muestreados en el Ecuador. Aunque los neonicotinoides (imidacloprid) no se utilizan ampliamente en la región norte del Ecuador, una ligera disminución en la eficiencia de este insecticida se encontró en Chalguayacu (Tabla 8).

**Tabla 8.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos de *Trialeurodes vaporariorum* a cinco insecticidas en diferentes provincias de Ecuador. Las dosis diagnóstico se probaron en condiciones de campo usando la técnica de viales ( $\mu\text{g}$  /vial) impregnados con los respectivos insecticidas<sup>a</sup>, La dosis diagnóstico en ppm fue evaluada utilizando la técnica de Cahill *et al* (1996)<sup>b</sup>.

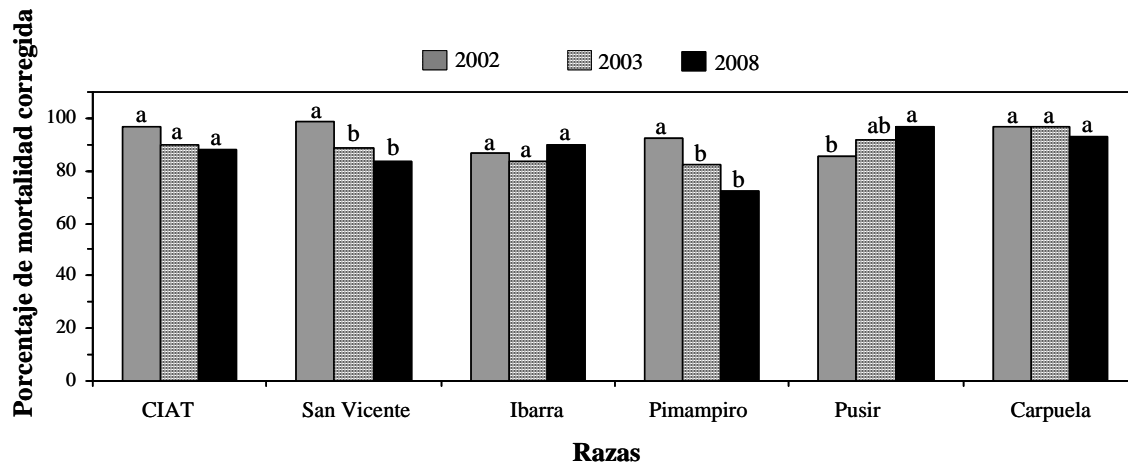
Sitio	metomil	metamidofos	cipermetrina	imidacloprid	thioxclam hydrogen oxalate
	(2.5 $\mu\text{g}$ /vial)	(32 $\mu\text{g}$ / vial)	(500 $\mu\text{g}$ / vial)	(40 ppm)	(1500 ppm)
CIAT	100.0 a <sup>c</sup>	93.8 a	89.7 b	88.2 bc	87.2 c
San Vicente	100.0 a	36.5 bc	96.9 a	83.7 cd	100.0 a
Chalguayacu	100.0 a	59.6 ab	100.0 a	72.0 d	100.0 a
Carpuela	100.0 a	24.7 c	100.0 a	92.9 ab	98.0 ab
Pusir	100.0 a	61.6 bc	83.8 b	97.0 a	95.7 b
Ibarra	100.0 a	31.3 bc	86.9 b	89.6 bc	100.0 a
Concepción	93.3 b	64.6 b	98.1 a	81.5 cd	100.0 a

<sup>a</sup> Plapp, F. W.; Jackman, J. A.; Campanhola, C.; Frisbie, R. E.; Graves, J. B.; Lutrell, R. G.; Kitten, W. F.; Wall, M. 1990. Monitoring and management of pyrethroid resistance in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Texas, Mississippi, Louisiana, Arkansas and Oklahoma. J. Econ. Entomol. 78: 748-752; <sup>b</sup> Cahill, M., K. Gorman, S. Day & I. Denholm. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bull. Entol. Res. 86: 343-349; <sup>c</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

El uso excesivo de insecticidas organofosforados en el Ecuador es responsable de los aumentos significativos en los niveles de resistencia a través del tiempo (Figura 6). Es posible que el uso de los neonicotinoides en dosis por debajo de los niveles recomendados, haya conducido al desarrollo de la resistencia al imidacloprid (Figura 7). En las poblaciones de ninfas de primer instar, no se detectaron cambios importantes a través del tiempo en la medición de resistencia a los diferentes insecticidas evaluados.



**Figura 6.** Cambios en la respuesta toxicológica a metamidofos (32 µg/vial) de poblaciones de adultos de *Trialeurodes vaporariorum* en Ecuador. Columnas con la misma letra no difieren significativamente ( $P = 0.05$ ), DMS fue usado para la separación de medias. Cada sitio fue analizado por separado. CIAT = raza susceptible.



**Figura 7.** Cambios en la respuesta toxicológica a imidacloprid (40 ppm) de poblaciones de adultos de *Trialeurodes vaporariorum*. Columnas con la misma letra no difieren significativamente ( $P = 0.05$ ), DMS fue usado para la separación de medias. Cada sitio fue analizado por separado. CIAT = raza susceptible.

### 2.1.2 *Bemisia tabaci* biotype B

El biotipo B de *B. tabaci* es un excelente vector de virus, ha demostrado ser más agresivos y tiene una gran capacidad para desarrollar resistencia a los insecticidas, lo que dificulta el diseño de sistemas de manejo encaminados a controlar este insecto. Como puede verse en el Tabla 9, el biotipo B de *B. tabaci* presenta altos niveles de resistencia a organofosforados, y niveles intermedios de resistencia a los piretroides y los neonicotinoides en Roldanillo y Palmira (Valle del Cauca de Colombia) respectivamente.

**Tabla 9.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos de *Bemisia tabaci* biotipo B a cinco insecticidas en Colombia y Ecuador. Las dosis diagnóstico se probaron en condiciones de campo usando la técnica de viales ( $\mu\text{g}$  /vial) impregnados con los respectivos insecticidas<sup>a</sup>, La dosis diagnóstico en ppm fue evaluada utilizando la técnica de Cahill *et al* (1996)<sup>b</sup>.

Sitio (País) <sup>c</sup>	metomil	metamidofos	cipermetrina	imidacloprid	thioxclam
	(2.5 $\mu\text{g}$ /vial)	(32 $\mu\text{g}$ / vial)	(500 $\mu\text{g}$ / vial)	(40 ppm)	hydrogen oxalate (1500 ppm)
Palmira (C)	100.0 a <sup>d</sup>	7.3 c	79.2 b	67.7 c	62.6 b
Cuambo(E)	99.0 a	47.9 b	96.9 a	94.8 a	100.0 a
CIAT	95.1 b	95.9 a	95.1 a	88.7 ab	94.0 a
Roldanillo (C)	89.9 b	25.0 bc	62.5 c	79.6 bc	94.7 a

<sup>a</sup> Plapp, F. W.; Jackman, J. A.; Campanhola, C.; Frisbie, R. E.; Graves, J. B.; Lutrell, R. G.; Kitten, W. F.; Wall, M. 1990. Monitoring and management of pyrethroid resistance in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Texas, Mississippi, Louisiana, Arkansas, and Oklahoma. J. Econ. Entomol. 78: 748-752; <sup>b</sup> Cahill, M., K. Gorman, S. Day & I. Denholm. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bull. Entol. Res. 86: 343-349; <sup>c</sup> País (C) = Colombia, (E) = Ecuador; <sup>d</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

La evaluación de las ninfas se hizo con tres insecticidas. No se detectaron cambios significativos. La raza de Roldanillo en Colombia mostró resistencia intermedia a imidacloprid. En general, las ninfas de *B. tabaci* (Tabla 10) siguen mostrando una respuesta de alta susceptibilidad a los insecticidas probados.

**Tabla 10.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en ninfas de *Bemisia tabaci* biotipo B a tres insecticidas en Colombia y Ecuador. Usando Dosis diagnostico en ppm. Las evaluaciones fueron hechas siguiendo la metodología sugerida por Prabhaker *et al.* (1985)<sup>a</sup>.

Sitio (País) <sup>b</sup>	buprofezin	diafenthiuron	imidacloprid
	(16 ppm)	(100 ppm)	(1000 ppm)
Cuambo(E)	100.0 a <sup>c</sup>	100.0 a	100.0 a
Palmira (C)	99.0 a	94.9 b	100.0 a
Roldanillo (C)	98.3 a	100.0 a	75.0 c
CIAT	93.4 a	100.0 a	91.6 b

<sup>a</sup> Prabhaker, N.; Coudriet, D.; Meyerdirk, D. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 78: 748-752; <sup>b</sup> País (C)= Colombia, (E)= Ecuador; <sup>c</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

### 2.1.3 *Thrips palmi* Karny

*T. palmi* se ha convertido en una de las principales plagas del fríjol y las hortalizas de mayor representación en Colombia y Ecuador. Una encuesta reciente mostró que hortalizas como la habichuela, el pimentón, el melón, la calabaza y el pepino entre otras, y leguminosas de primera necesidad en la dieta de los agricultores como el fríjol, son los cultivos más afectados por este insecto plaga en el departamento de Antioquia de Colombia y en El Carchi, provincia del Ecuador. Cerca del 60% de los agricultores entrevistados en estos países mencionan el uso de insecticidas como el único método de control de poblaciones de trips (ver informe de avance de junio de 2008). La Tabla 11 muestra que en Colombia este insecto ha desarrollado altos niveles de resistencia a insecticidas organofosforados (metamidofos) y piretroides (cipermetrina). En el departamento de Antioquia, productos nuevos como pirazoles (fipronil) y, en menor medida, los neonicotinoides (imidacloprid), han perdido eficacia para el control de este insecto, posiblemente por su uso continuo y la no rotación con otros productos.

**Tabla 11.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos de *Thrips palmi* a seis insecticidas en Colombia. Usando Dosis diagnostico en ppm. Las evaluaciones fueron hechas siguiendo la metodología sugerida por Cahill *et al.* (1996)<sup>a</sup>.

Sitio (Departamento) <sup>b</sup>	imidacloprid (1000 ppm)	spinosad (2000 ppm)	fipronil (100 ppm)	carbosulfan (1000 ppm)	cipermetrina (16 ppm)	metamidofos (16 ppm)
CIAT	100.0 a <sup>c</sup>	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
Pradera (V)	100.0 a	100.0 a	60.0 c	100.0 a	3.0 d	1.0 e
Cajamarca1 (T)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	13.3 c	8.9 de
Cajamarca2 (T)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	15.2 c	5.1 de
C.Viboral1 (A)	83.5 b	95.1 c	78.6 b	86.4 c	12.6 bc	22.3 bc
C.Viboral2 (A)	83.2 b	95.0 c	25.7 d	26.7 d	5.5 cd	9.9 cd
C.Viboral3 (A)	83.0 b	92.0 c	64.0 c	82.0 c	10.0 c	24.0 b
El Cerrito (V)	56.0 c	97.0 b	85.0 b	95.0 b	29.0 b	7.0 de
Ubaque (C)	----	100.0 a	100.0 a	100.0 a	14.4 c	11.2 bcd

<sup>a</sup> Cahill, M., K. Gorman, S. Day & I. Denholm. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bull. Entol. Res. 86: 343-349; <sup>b</sup> Departamento: (A)= Antioquia, (C)=Cundinamarca, (T)= Tolima, (V)= Valle de Cauca; <sup>c</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

En el Ecuador, *T. palmi* mostró una alta incidencia en la provincia de El Carchi. Los niveles de resistencia evaluados con seis productos, muestran el desarrollo de la resistencia a los insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides (Tabla 12). Como ocurrió en Colombia, la resistencia a los productos recientemente introducidos en el mercado, resulto ser alta (imidacloprid y fipronil), posiblemente, por su continua aplicación para controlar este insecto.



**Tabla 12.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos de *Thrips palmi* a seis insecticidas en Ecuador. Usando Dosis diagnostico en ppm. Las evaluaciones fueron hechas siguiendo la metodología sugerida por Cahill *et al.* (1996)<sup>a</sup>.

Sitio	imidacloprid (1000 ppm)	spinosad (2000 ppm)	fipronil (100 ppm)	carbosulfan (1000 ppm)	cipermetrina (16 ppm)	metamidofos (16 ppm)
CIAT	100.0 a <sup>b</sup>	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
Chagualyacu	71.1 b	100.0 a	89.9 a	63.6 b	6.3 d	38.4 c
Carpuela	67.3 b	100.0 a	63.3 b	41.8 c	37.8 b	61.2 b
San Rafael	66.0 b	100.0 a	72.4 b	72.4 b	23.5 c	45.9 c
San Vicente	55.6 c	100.0 a	39.4 c	69.7 b	16.2 c	20.2 d

<sup>a</sup> Cahill, M., K. Gorman, S. Day & I. Denholm. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bull. Entol. Res. 86: 343-349; <sup>b</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

#### 2.1.4 Minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*)

Encuestas realizadas mostraron que el 79% de los agricultores hacen más de 10 aplicaciones por ciclo de cultivo para el control de minadores (ver informe de progreso junio de 2008), esto explica el por qué, este insecto es la causa de numerosas aplicaciones en regiones situadas por encima de 1400 msnm. A pesar que este insecto tiene muy buen control biológico, la gran cantidad de insecticidas utilizados en la zona, afecta a las poblaciones de insectos benéficos. Esto puede ser una de las razones de los brotes periódicos de esta plaga en las tierras secas en los cultivos de frijol y habichuela. El uso continuo de los carbamatos, los piretroides y abamectinas que en años anteriores fueron eficaces para controlar esta plaga, ha llevado al desarrollo de niveles intermedios de resistencia a estos insecticidas (Tabla 13).

**Tabla 13.** Respuesta (porcentaje de mortalidad corregida) en adultos y larvas de *Liriomyza huidobrensis* a cinco insecticidas en Colombia y Ecuador. Las dosis diagnóstico se probaron en condiciones de campo sobre adultos usando la técnica de viales ( $\mu\text{g}$  /vial) impregnados con los respectivos insecticidas<sup>a</sup>, La dosis diagnóstico en ppm fue evaluada sobre larvas utilizando la técnica de Ferguson (2004)<sup>b</sup>.

Sitio (País) <sup>c</sup>	Adultos			Larvas	
	cipermetrina	clorpirifos	metomil	abamectina	ciromacina
	(2000 $\mu\text{g}$ /vial)	(1000 $\mu\text{g}$ /vial)	(3000 $\mu\text{g}$ /vial)	(1000 ppm)	(50 ppm)
Concepción (E)	99.0 a <sup>d</sup>	97.9 a	57.7 bc	100.0 a	85.9 a
CIAT	98.9 a	98.9 a	95.7 a	96.3 ab	97.9 a
C.Viboral (C)	97.8 a	96.8 a	90.3 a	---	---
San Vicente (C)	95.8 a	100.0 a	74.7 b	100.0 a	100.0 a
Pradera (C)	58.7 b	85.9 a	45.7 c	67.9 c	98.5 a
La Cumbre (C)	---	---	---	73.5 bc	100.0 a

<sup>a</sup> Mason, G. A., Johnson, M. W., Tabashnik, B. E. 1987. Susceptibility of *Liriomyza sativae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to permethrin and fenvalerate. J. Econ. Entomol. 80 (6):1262-1266;

<sup>b</sup>Ferguson, J. S. 2004. Development and stability of insecticide resistance in the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to cyromazine, abamectin, and spinosad. J. Econ. Entomol. 97 (1):112-119; <sup>c</sup> País (C) = Colombia, (E) = Ecuador; <sup>d</sup> Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al  $P = 0.05$ , DMS fue usado para la separación de medias.

## 2.2 Caracterización y monitoreo de poblaciones de mosca blanca en algunos sitios seleccionadas de la Zona Andina

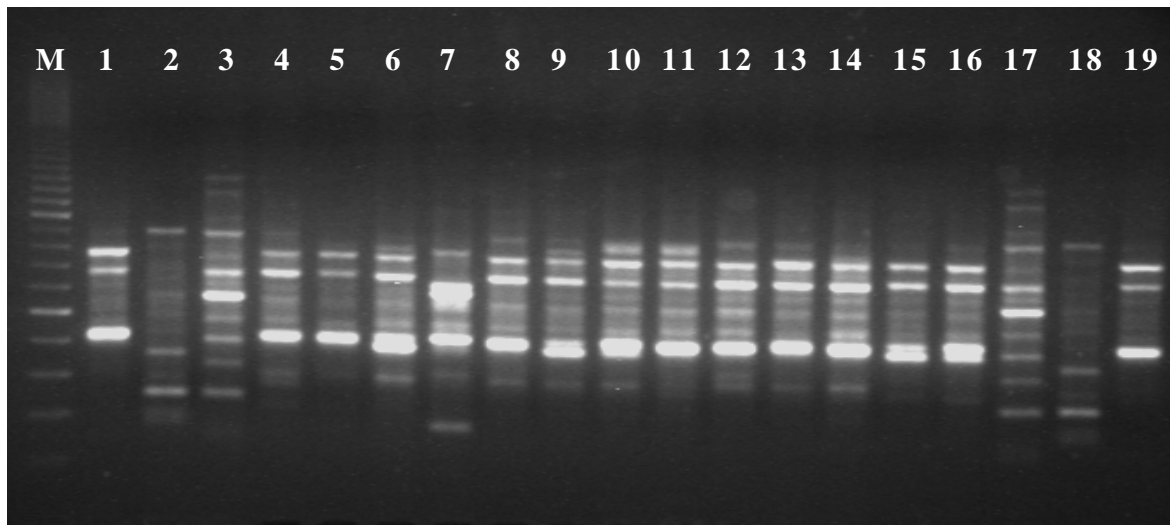
Es necesario conocer los cambios en la composición de especies y presencia de biotipos de mosca blanca, para poder determinar los productos que se deben utilizar para implementar las estrategias de manejo. Para este fin se utilizó la técnica de RAPD's-PCR. En 12 sitios fueron recolectadas 46 muestras de material biológico (adultos y pupas) de mosca blanca. Para determinar especies y biotipos por métodos taxonómicos donde fuera posible, para luego confirmarlos con métodos bioquímicos. Dando así cobertura a una gran cantidad de agricultores potenciales donde la producción de frijol y habichuela es una de la más representativa del país. Los muestreo fueron hechos en alturas que oscilaron entre los 1730 y los 2465 metros sobre el nivel del mar (msnm).

El Monitoreo en las poblaciones de mosca blanca y los cambios que pueden ocurrir en la composición de especies en la Zona Andina, donde el frijol y la habichuela son los cultivos más importantes, es un objetivo importante del proyecto financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), con el fin de medir la resistencia a los insecticidas. Esta información es necesaria para modificar los actuales sistemas de manejo y estar preparado para las nuevas situaciones en el futuro.

En 12 localidades de Antioquia, Cundinamarca y Tolima, departamentos de Colombia, entre altitudes que estuvieron entre 1730 y 2465 metros sobre el nivel del mar (msnm), se tomaron muestras de poblaciones de adultos e inmaduros que estaban sobre los cultivos de frijol y habichuela. Las identificaciones de las pupas se hicieron con ayuda de claves taxonómicas y comparaciones con individuos de las colonias mantenidas en el CIAT. Cuando se identificaron biotipos se confirmó con métodos moleculares con la ayuda de la técnica de RAPD's-PCR (cebador OPA-04).

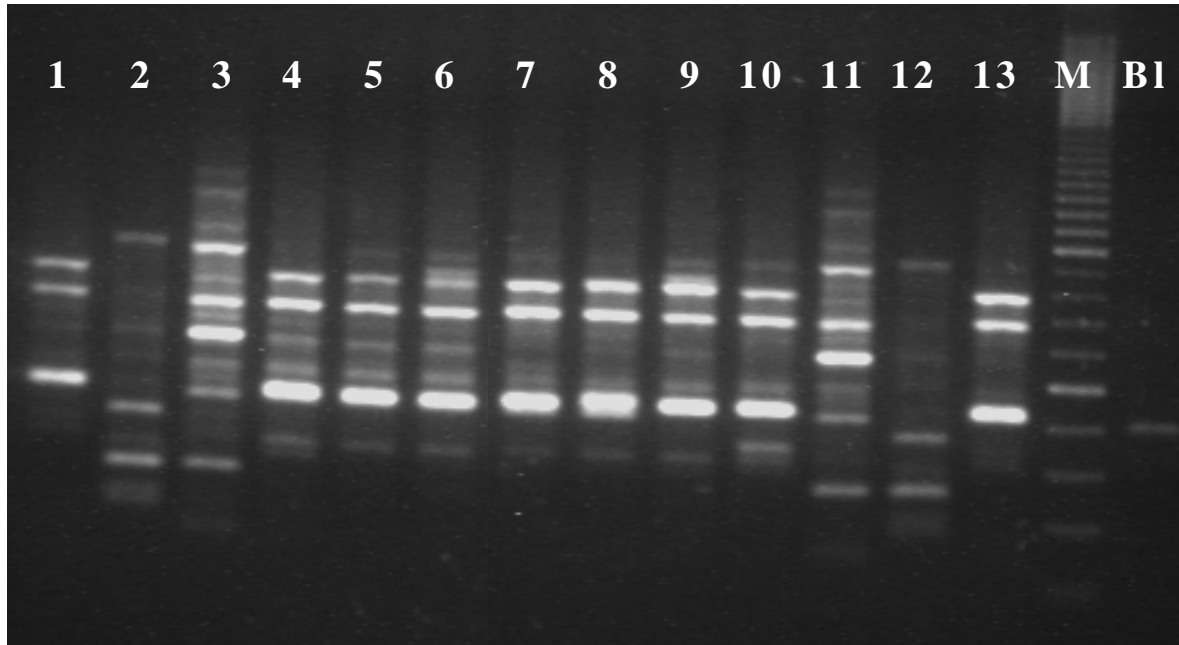
## RESULTADOS

El análisis de las muestras tomadas en localidades de Antioquia y Cundinamarca (Figura 8) y Cundinamarca y Tolima (Figura 9) departamentos de Colombia, muestran que el 100% de las muestras recogidas corresponden a *Trialeurodes vaporariorum*, identificada como la más importante especie de las moscas blancas de frijol y habichuela en las zonas de ladera de los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Tolima. Esto confirma que este insecto es el predominante en zonas con alturas sobre el nivel del mar por encima de los 1500 metros.



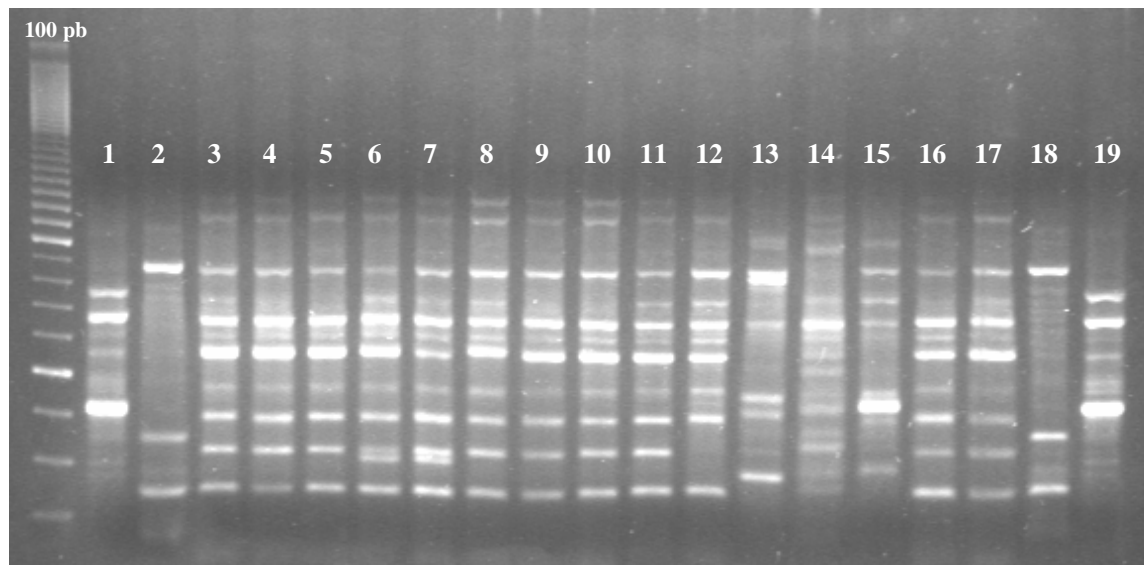
**Figura 8. RAPD's de moscas blancas colectadas en Antioquia y Cundinamarca (Colombia) en frijol y habichuela.** Amplificador del cebador OPA-04: M, Marcador 100 pb; 1, *T. vaporariorum* CIAT; 2, *B. tabaci* biotipo A CIAT; 3, *B. tabaci* biotipo B CIAT; 4-5, adultos de *T. vaporariorum* colectados Aguasclaras (Carmen de Viboral, Antioquia, 2165 msnm); 6, pupa (no determinada) colectada en La Aurora (C. de Viboral, Ant. 2189 msnm); 7, pupa de *T. vaporariorum* colectada en La Aurora (C. de Viboral, Ant. 2189 msnm); 8-9, adultos de *T. vaporariorum* colectados en La Aldana (C. de Viboral, Ant. 2169 msnm); 10-

11, adultos de *T. vaporariorum* colectados en San Juan Bosco (Marinilla, Ant., 2200 msnm); 12-13, adultos de *T. vaporariorum* colectados en La Floresta (Santuario, Ant. 2134 msnm), 14-15, adultos de *T. vaporariorum* colectados en Laderas (Fómeque, Cundinamarca, 1982 msnm); 16, adultos de *T. vaporariorum* colectados en La Unión (Fómeque, Cund. 1730 msnm); 17, *B. tabaci* biotipo B CIAT; 18, *B. tabaci* biotipo A CIAT; 19, *T. vaporariorum* CIAT.



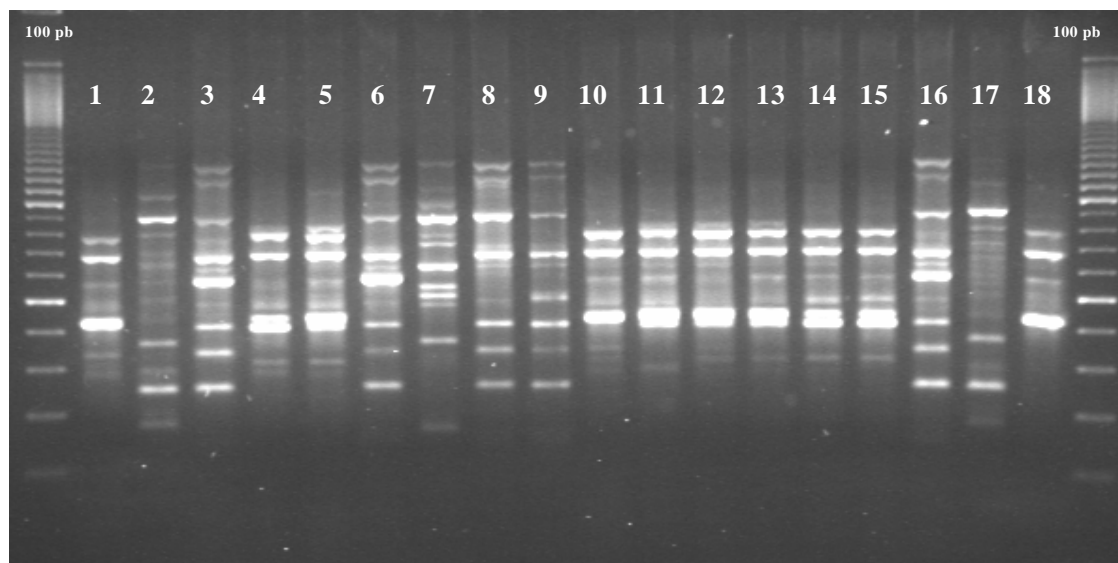
**Figura 9 . RAPD's de moscas blancas colectadas en Cundinamarca y Tolima (Colombia).** Amplificación del cebador OPA-04: 1, *T. vaporariorum* CIAT; 2, *B. tabaci* biotipo A CIAT; 3, *B. tabaci* biotipo B CIAT; 4, adulto de *T. vaporariorum* colectados sobre habichuela en La Unión (Fómeque, Cundinamarca. 1730 msnm); 5-6, adultos de *T. vaporariorum* colectados sobre fríjol en Boca de Monte (Pasca, Cund. 2269msnm); 7-8, adultos de *T. vaporariorum* colectados sobre fríjol en El Aguila (Cajamarca, Tolima. 2465 msnm); 9-10, adultos de *T. vaporariorum* colectados sobre fríjol en La Paloma (Caj. Tol. 2312 msnm); 11, *B. tabaci* biotipo B CIAT; 12, *B. tabaci* biotipo A CIAT; 13, *T. vaporariorum* CIAT; M, Marcador 100 pb; Bl, Blanco de la reacción.

Continuando con el reconocimiento de la distribución de la mosca blanca, en Colombia, donde se considera que es una plaga importante, se muestrearon diferentes lugares en Florida en el departamento del Valle del Cauca y tres poblaciones del norte del departamento del Cauca, como lo son Caloto, Corinto y Miranda., estos sitios se localizan en la zona central de Colombia, con alturas que oscilan entre los 1027 y 1211 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se halló que el 100% de las muestras recogidas eran de *Bemisia tabaci* biotipo B. Este biotipo se encontró colonizando áreas que son muy importantes para la siembra de habichuela, que se da por debajo de los 1215 msnm (Figura 10).



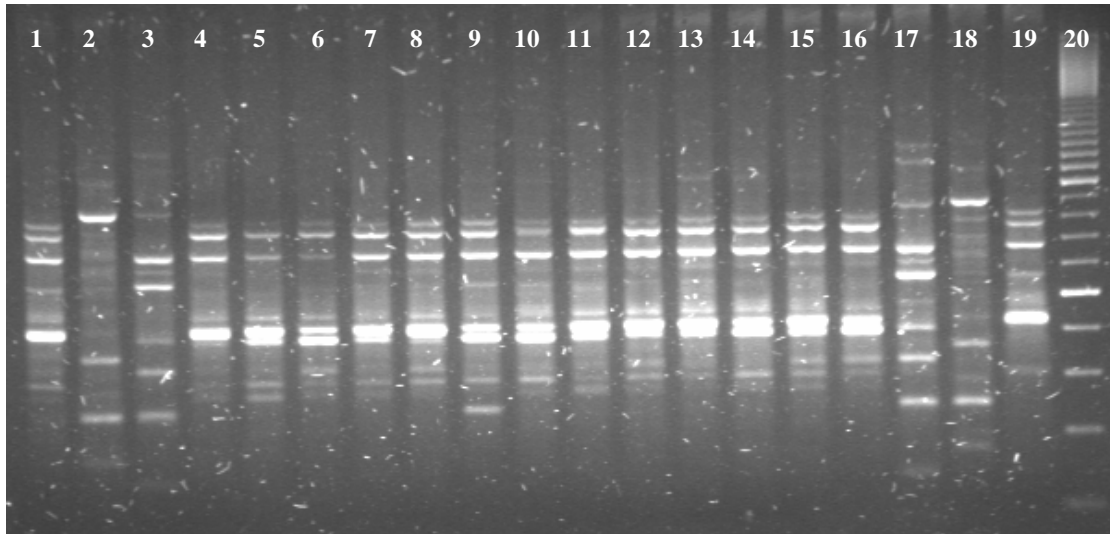
**Figura 10.** RAPD de moscas blancas muestreadas en el Cauca (Colombia) utilizó el primer OPA-04: 1, 2, 3, adultos de *T. vaporariorum*, *B. tabaci* biotipo A y *B. tabaci* biotipo B, respectivamente, de las crías susceptibles mantenidas en CIAT; 4 y 5, adultos de *B. tabaci* biotipo B muestreados en Florida, Valle (1084 msnm), 6 y 7, pupas de *B. tabaci* biotipo B muestreadas en Florida, Valle (1084 msnm); 8 y 9, adultos de *B. tabaci* biotipo B muestreados en Miranda (1184 msnm); 10 y 11, adultos de *B. tabaci* biotipo B muestreados en Miranda (1088 msnm); 12, adultos de *B. tabaci* muestreados en Corinto (1027 msnm); 13 y 15, adultos de *B. tabaci* biotipo B muestreados en Caloto (1078 msnm); 16, adultos de *B. tabaci* biotipo B muestreados en Caloto (1211 msnm); 17, 18, 19, adultos de *B. tabaci* biotipo B, *B. tabaci* biotipo A y *T. vaporariorum*, respectivamente, de crías susceptibles mantenidas en CIAT.

Otras áreas muestreadas fueron Rosas, en la región sur del departamento del Cauca, Pasto ubicado al norte del departamento de Nariño en Colombia y en el canto de Mira provincia de el Carchi en Ecuador. Las muestras de las moscas blancas fueron tomadas de diferentes cosechas, en altitudes que oscilan entre los 1160 y 2750 msnm, donde se considera que las zonas son altamente agrícolas. En la Figura 11 se muestra que el 72.7 % de las muestras tomadas eran de *T. vaporariorum* y el restante 27.3 %, hallado por debajo de los 1166 msnm, corresponde a *B. tabaci* biotipo B. La presencia del biotipo B de *B. tabaci* se evidenció en el campo por medio de pruebas de desórdenes fisiológicos (maduración irregular de tomates) y por diferenciaciones morfológicas con *T. vaporariorum*. Estas identificaciones fueron confirmadas por medio de los ensayos de tipo molecular RAPD (Figura 11).

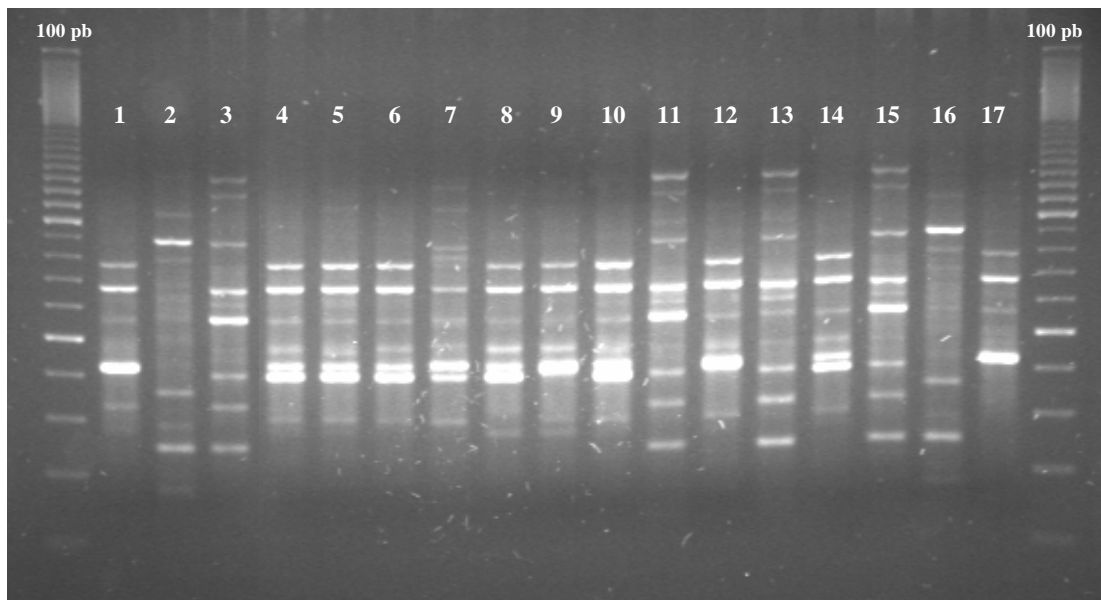


**Figure 11.** RAPD de moscas blancas muestreadas en Nariño (Colombia). Amplificación utilizó el primer OPA-04: 1, 2, 3, adultos de *T. vaporariorum*, *B. tabaci* biotipo A y *B. tabaci* biotipo B, respectivamente, de las crías susceptibles mantenidas en CIAT; 4 y 5, adultos de *T. vaporariorum* muestreados en Pasto (2749 msnm), 6 y 7, adultos de *B. tabaci* biotipo B muestreados en Pasto (1166 msnm); 8 y 9, pupas de *B. tabaci* biotipo B muestreadas en Pasto (1166 msnm); 10 y 11, adultos de *T. vaporariorum* muestreadas en Rosas, Cauca (1690 msnm); 12 y 13, pupas de *T. vaporariorum* muestreadas en Rosas (1690 msnm); 14 y 15, adultos de *T. vaporariorum* muestreados en Mira, Provincia de Carchi en el Ecuador (1620 msnm); 16, 17, 18, adultos de *B. tabaci* biotipo B, *B. tabaci* biotipo A y *T. vaporariorum*, respectivamente, de crías susceptibles mantenidas en CIAT; marcador molecular DNA (100 pb).

A medida que se continuaba el muestreo hacia el sur del departamento de Nariño, tres poblaciones más fueron tenidas en cuenta para el muestreo (Jenoy, Túquerres y Guaitarilla), donde 13 muestras fueron tomadas en distintos cultivos. Las altitudes de estas poblaciones oscilaban entre los 2500 y 2900 msnm. El 100% de las muestras tomadas correspondieron a *T. vaporariorum* (Figura 12). Otra área donde se consideran las moscas blancas como una muy importante plaga, es la zona noroccidental del Ecuador en las provincias de Carchi e Imbabura. La Figura 13 muestra que un 63.6 % de las muestras obtenidas corresponden a *T. vaporariorum* y el restante 36.4%, al complejo *T. vaporariorum* y *B. tabaci* biotipo B. Los desórdenes fisiológicos en los tomates (maduración irregular), evidencio la presencia del biotipo B.



**Figura 12.** RAPD de moscas blancas muestreadas en Nariño (Colombia). 1, 2, 3, adultos de *T. vaporariorum*, *B. tabaci* biotipo A y *B. tabaci* biotipo B, respectivamente, de la de las crías susceptibles mantenidas en CIAT CIAT; 4, adultos de *T. vaporariorum* muestreadas en Jenoy (2576 msnm), 5 y 6, pupas de *T. vaporariorum* muestreadas en Jenoy (2576 msnm); 7 y 8, adultos de *T. vaporariorum* muestreadas en Túquerres (2861 msnm), 9 y 10, pupas de *T. vaporariorum* muestreadas en Túquerres (2861 msnm); 11 y 12, adultos de *T. vaporariorum* muestreadas en Túquerres (2861 msnm); 13 y 14, adultos de *T. vaporariorum* muestreadas en Guaitarilla (2505 msnm); 15 y 16, pupas de *T. vaporariorum* muestreadas en Guaitarilla (2505 msnm); 17, control del biotipo B de *B. tabaci* biotipo del CIAT; 18, control de biotipo A de *B. tabaci*; 19, control de *T. vaporariorum* del CIAT; 20, marcador molecular DNA (100 pb).



**Figura 13.** RAPD de moscas blancas muestreadas en el Valle de la Chota en el Ecuador. Amplificación utilizando el primer OPA-04 primer: 1, 2, 3, adultos de *T. vaporariorum*, *B. tabaci* biotipo A y *B. tabaci* biotipo B, respectivamente, de las crías susceptibles mantenidas en CIAT; 4 y 5, adultos de *T. vaporariorum* muestreadas en Cuambo, Imbabura (1436 msnm), 6 y 7, pupas de *T. vaporariorum* muestreadas en Cuambo, Imbabura (1436 msnm); 8 y 9, adultos de *T. vaporariorum* muestreados en Ibarra, Imbabura (910 msnm), 10 y 11, pupas de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* biotipo B muestreadas en Ibarra, Imbabura (910 msnm); 12 y 13, pupas de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* biotipo B muestreadas en El Ángel (1441 msnm); 14, pupas de *T. vaporariorum* muestreadas en El Ángel (1441 msnm); 15,16, 17, adultos de *B. tabaci* biotipo B, *B. tabaci* biotipo A y *T. vaporariorum*, respectivamente, de crías susceptibles mantenidas en CIAT; marcador molecular DNA (100 pb).

**3. OBJETIVO 3.** Desarrollo de sistemas de manejo integrado de plagas con un manejo adecuado de insecticidas probados e implementados en frijol para minimizar el uso de plaguicidas. Prueba en campo de de la tecnología MIP, basada en insecticidas sin problemas de resistencia.

Las moscas blancas, los trips y la mosca minadora son objeto de un excesivo uso de insecticidas por los agricultores de la zona Andina de Colombia y Ecuador. Con la experiencia que a adquirido CIAT en años anteriores, un sistema de manejo de tres plagas *T. vaporariorum*, *Thrips palmi* y *Liriomyza huidobrensis* (Figura 14) que contribuyan a reducir el uso de plaguicidas se ha desarrollado y probado con los agricultores en Colombia y Ecuador.

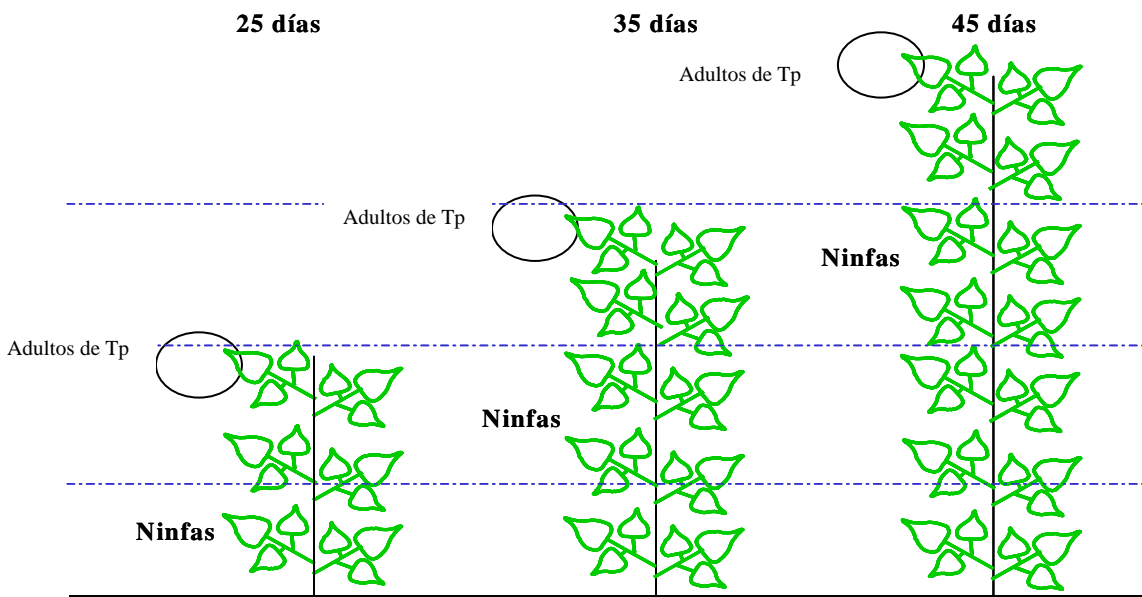




**Figura 14.** Plagas objetivo para del control de la estrategia de manejo desarrollada por CIAT.

Para desarrollar estas estrategias se realizaron varios ensayos en sitios donde predominaban la mosca blanca, el trips y el minador (Antioquia en Colombia, El Carchi e Imbabura en Ecuador). Se compararon la tecnología propuesta por CIAT y el manejo que tradicionalmente hace el agricultor al cultivo de frijol. El manejo de la parcela manejada por CIAT el cual consistió en tratar la semilla con un insecticida sistémico y aplicaciones foliares con base en el nivel de población de ninfas de primer instar de la mosca blanca que justifiquen control químico (umbrales de acción), se comparo con el ritmo de aplicaciones foliares que hace el agricultor con productos convencionales (menos costosos) donde se hacen aplicaciones calendarios sin hacer ningún monitoreo de las poblaciones.

En cada ensayo, los tratamientos (CIAT y Agricultor) se sembraron en parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, las labores culturales y el manejo de enfermedades se hizo igual para cada una. En la parcela de la propuesta CIAT la semilla se trato con un insecticida sistémico (imidacloprid) que brindara protección al menos 25 días después de la siembra (dds). La parcela se recorre en X, Z o zig-zag 20 dds, se toman al azar 50 folíolos centrales en los sitios preestablecidos según la plaga y la edad del cultivo (Figura 15), con el fin de hacer recuentos de la población de ninfas de mosca blanca y adultos de *Thrips palmi*.



**Figura 15.** Sitios donde se debe tomar el foliolo central dependiendo de la plaga y de la edad del cultivo. Ninfas= ninfas de primer instar de mosca blanca, Adultos Tp= Adultos de *Thrips Palmi*.

Cuando los recuentos de cada plaga lleguen al umbral se hace un control con un producto eficiente. El umbral de mosca blanca se determina cuando 25 folíolos o mas tienen ninfas de primer instar que cubran mas de un tercio (30%) de cada folíolo. El umbral de *Thrips palmi* se determina cuando, en promedio de los 50 conteos, se encuentren 7 adultos de trips por foliolo.

Se llevaron registro y se analizaron, los niveles de daño, de poblaciones de insectos, la calidad del producto, los rendimientos y el beneficio / costo de cada metodología evaluada. Estas pruebas se usaron como parcelas demostrativas para los agricultores de la zona.

## **RESULTADOS**

Las parcelas implementadas en cada región han proporcionado la información necesaria para asegurar que la mosca blanca, minadores de la hoja y trips pueden ser manejados con una reducción significativa en el uso de plaguicidas.

Las diferentes pruebas nos permitieron comparar las practicas de los agricultores con la propuesta CIAT (Tratamiento a la semilla y la aplicación foliar basada en umbrales de acción), donde se evidenció que los rendimientos obtenidos con la propuesta CIAT no son inferiores a los obtenidos por el agricultor quien utiliza las practicas tradicionales con aplicaciones tipo calendario (Tabla 14. Ecuador: 2 ensayos. Tabla 15. Colombia: 2 ensayos). Hemos podido demostrar que con el uso de un insecticida sistémico eficaz como un tratamiento a la semilla y aplicaciones foliares en el momento adecuado (umbral de acción) en combinación con practicas culturales adecuadas, los agricultores pueden obtener un mayor beneficio/ costo con la reducción significativa del número de aplicaciones por ciclo de cultivo.

**Tabla 14.** Rendimientos (Ton/ha) de frijol arbustivo retornos económicos obtenidos en dos sistemas de manejo propuestos para el control de *Trialeurodes vaporariorum*, *Thrips palmi* y *Liriomyza huidobrensis* en Chagualyacu y San Vicente de Pusir en Ecuador. Ensayo demostrativo sin replicaciones. No se hicieron análisis estadísticos.

Tratamiento	No. de aplicaciones	Rendimiento (Ton/ha)	Costos (US\$/ha)		Beneficios (US\$/ha)		Relación Beneficio/costo
			Variables	Total	Total	Neto	
<b>Chagualyacu 2009A</b>							
Manejo agricultor <sup>a</sup>	12	0.6	903	1690.0	703.8	-986.2	0.42
Propuesta CIAT <sup>b</sup>	7	1.3	686	1473.6	1650.7	177.1	1.12
<b>San Vicente del Pusir 2009A</b>							
Manejo agricultor	12	1.1	684.5	1767.6	1330.5	-437.1	0.75
Propuesta CIAT	6	1.4	418.6	1501.7	1774.2	272.5	1.18
<b>Pusir Grande 2009B</b>							
Manejo agricultor	4	1.4	285.8	862.70	2232.90	1370.20	1.58
Propuesta CIAT	2	1.5	318.7	871.4	2333.02	1461.67	1.69
<b>San Vicente del Pusir 2009B</b>							
Manejo agricultor	5	1.27	313.2	814.58	1256.22	441.41	1.54
Propuesta CIAT	2	1.28	324.1	776.1	1268.91	492.81	1.63

<sup>a</sup> 12 aplicaciones foliares de insecticidas convencionales; <sup>b</sup> Semilla tratada con imidacloprid seguida por 6-7 aplicaciones foliares de insecticidas convencionales a un umbral de acción preestablecido para mosca blanca, *Thrips palmi* y minador.

**Tabla 15.** Rendimientos (Ton/ha) de frijol voluble y retornos económicos obtenidos en dos sistemas de manejo propuestos para el control de *Trialeurodes vaporariorum*, *Thrips palmi* y *Liriomyza huidobrensis* en Carmen de Viboral y La Aurora en Colombia. Ensayo demostrativo sin replicaciones. No se hicieron análisis estadísticos

Tratamiento	No. de aplicaciones	Rendimiento (Ton/ha)	Costos (US\$/ha)		Beneficios (US\$/ha)		Relación Beneficio/costo
			Variables	Total	Total	Neto	
<b>Carmen de Viboral 2009B</b>							
Manejo agricultor <sup>a</sup>	7	4.0	617.7	2778.0	6800.0	4022.0	2.45
Propuesta CIAT <sup>b</sup>	4	5.1	430.7	2591.0	8568.0	5977.0	3.31
<b>La Aurora 2010A</b>							
Manejo agricultor	8	4.1	667.7	2828.0	6630.0	3802.0	2.34
Propuesta CIAT	4	3.9	435.2	2595.5	6868.0	4272.5	2.65

<sup>a</sup> 12 aplicaciones foliares de insecticidas convencionales; <sup>b</sup> Semilla tratada con imidacloprid seguida por 6-7 aplicaciones foliares de insecticidas convencionales a un umbral de acción preestablecido para mosca blanca, *Thrips palmi* y minador.

**4. OBJETIVO 4.** Divulgación de información obtenida. Capacitación de investigadores nacionales sobre el MIP y el manejo de resistencia a plaguicidas. Publicación de manuales y realización de días de campo que orienten a los agricultores y asistentes técnicos sobre el MIP y el manejo adecuado de plaguicidas. Preparación de publicaciones técnicas sobre manejo de la resistencia a agroquímicos.

Cuando se obtuvieron los primeros resultados sobre la distribución de especies y el desarrollo de resistencia a algunos insecticidas de uso continuo, se inició la difusión técnica a través de charlas informativas a los agricultores y técnicos agrícolas (Figura 15).



**Figure 15.** Entrenamiento a un grupo de técnicos, estudiantes y agricultores acerca del manejo de la mosca Blanca en Corpoica en Palmira, Colombia.

Una cantidad significativa de tiempo y esfuerzo se invirtió en la preparación del material didáctico que fue utilizado para la formación agricultores, esta se hizo por medio de talleres de capacitación, dictados en las regiones donde se propusieron las escuelas de campo en Ecuador (Figura 16). De este material se desarrollara un boletín técnico que pueda ser utilizado por los agricultores y técnicos agrícolas de los países de la zona andina.



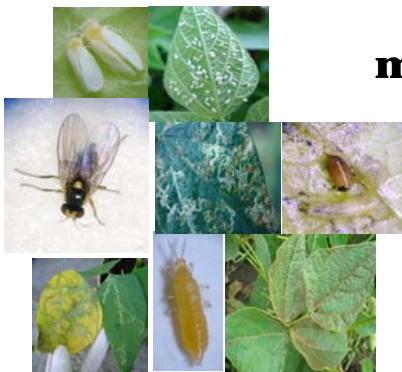
## Guía para el aprendizaje del manejo de plagas en el cultivo de fréjol

**Sandra Garcés -INIAP**

**Luis Lomas -INIAP**

**Juan Miguel Bueno -CIAT**

**Isaura Rodríguez -CIAT**



Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)  
 Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)  
 Fondo Regional de Tecnologías Agropecuarias (FONTAGRO)

**Figura 16.** Portada de la guía diseñada para dictar los talleres de capacitación desarrollados por el INIAP en Ecuador.

Las pruebas hechas en las escuelas de campo se utilizaron para la difusión de las actividades técnicas en la zona del Ecuador. La Figura 17 muestra un día de campo organizado por el INIAP con el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, además de talleres sobre los aspectos técnicos de las plagas. La asistencia fue buena (76 personas, 15 de ellas eran mujeres).



**Figura 17.** Técnicos y agricultores en un día de campo, recibiendo capacitación sobre manejo de la mosca blanca, minadores de hojas y biología de trips en la región de El Carchi de Ecuador.

Los agricultores recibieron información sobre la biología de la mosca blanca, trips y minadores de hojas, los daños causados por estas plagas en las parcelas demostrativas y recibieron capacitación sobre el uso seguro de plaguicidas (Figura 18).



**Figura 18.** Agricultores recibiendo capacitación sobre la biología y manejo de mosca blanca, minadores, trips y el uso seguro de los plaguicidas en la región de El Carchi, Ecuador.

Las Escuelas de campo han demostrado ser una manera efectiva de capacitar los agricultores. Estas iniciaron con 15 agricultores que recibieron entrenamiento en el manejo de mosca Blanca, minador y trips (Figura 19). Adicionalmente los agricultores fueron llevados al laboratorio para que observaran el trabajo detrás de la propuesta.



**Figura 19.** Grupo de agricultores participando en una escuela de campo en San Vicente de Pusir y Chaguayacu, Ecuador, complementando con visitas al laboratorio.

Como complemento a las escuelas de campo implementadas, el personal de CIAT viajó a Ecuador para reforzar las actividades de formación sobre el uso del umbral de acción para el control de la mosca blanca y el trips (Figura 20)







**Figura 20.** Personal de CIAT entrenando agricultores en el uso de umbrales de acción para el control de mosca blanca y trips

Las escuelas de campo con agricultores y técnicos son un medio eficaz que permite capacitarlos, participando con ellos en el proceso de la difusión de la tecnología ofrecida por el CIAT. Con este programa, los agricultores son llevados al campo semanalmente para enseñarles la tecnología propuesta por el CIAT y compararla con la tecnología tradicional, que basa su control en aplicaciones de calendario (1 - 2 por semana) de insecticidas tradicionales, para el control de mosca blanca, trips y minador, sin tener en cuenta el nivel de infestación de la mosca blanca o el daño que pueden ocasionar a la cosecha.

La Figura 21 muestra instructores del CIAT capacitando los agricultores sobre el manejo de las plagas relevantes en el cultivo de frijol y sus enemigos naturales en la región de El Carmen de Viboral municipio de Antioquia departamento de Colombia. Aprovechando estas escuelas de campo se capacito a los agricultores acerca de los métodos de muestreo, el sitio donde debe tomar la muestra, el numero de muestras que debe tomar y si encuentra el umbral como debe tratar para protegerla por 25 días (Figura 22). En la misma región se capacitaron los agricultores sobre el uso de los implementos de aplicación y la forma de hacer estas en el campo (Figura 23)



**Figura 21.** Agricultores recibiendo capacitación sobre plagas relevantes y sus enemigos naturales, en el cultivo de fríjol, en la región de Antioquia. Colombia.



**Figura 22.** Agricultores recibiendo capacitación sobre métodos de muestreo, donde deben muestrear y el tratamiento de la semilla con un insecticida sistémico para protegerla al menos 25 días después de la siembra.



**Figura 23.** Los agricultores reciben capacitación sobre el manejo de los implementos para aplicar insecticidas y la forma como deben ser hechas las aplicaciones en campo.

En todas las zona seleccionadas para implementar las parcelas educativas, se capacito a los agricultores sobre la identificación de los diferentes umbrales de acción utilizados para mantener controladas las plagas sin perdida en la producción, adicionando una disminución notable en el uso de insecticidas y una menor probabilidad de intoxicación por los tóxicos usados (Figura 24).



**Figura 24.** Agricultores recibiendo capacitación sobre la identificación del umbral de acción de la mosca blanca y el trips.

#### Talleres capacitación y cursos realizados

En Colombia a sido muy activa en la difusión de los resultados através de de presentaciones y capacitaciones a estudiantes, agricultores, técnicos agrícolas y científicos, en Ecuador también se han desarrollado talleres y capacitaciones a agricultores, estudiantes y científicos de instituciones ubicadas en las zonas de inferencia del proyecto (Tabla 16, 17,18).

**Tabla 16.** Cursos, talleres y presentaciones desarrolladas para difundir la totalidad de resultados obtenidos en el proyecto durante los periodos 2007 en Colombia y Ecuador.

Fecha	Título	Duración (días)	Total No. participantes	No. de mujeres	No. de instructores CIAT
<b>Colombia</b>					
Ene. 24/07	Situación de la mosca blanca	3	300	16	1
Feb. 15/07	Entrenamiento sobre como muestrear mosca blanca	2	15	3	1
Abril. 17 /07	Entrenamiento sobre muestreo de mosca Blanca y trips	1	20	-	1
Abril. 18/07	Entrenamiento en métodos de muestreo de mosca Blanca, trips y minador	1	7	-	1
Abril. 18/07	Las moscas blancas como plagas en Colombia	1	150	5	1
May. 7/07	Entrenamiento en plagas del frijol y su situación en Colombia	1	33	7	2
May. 24/07	Identificación morfológica de insectos e implementación de colonias	2	2	1	1
Jun. 6/07	Entrenamiento sobre el manejo de plagas del fríjol a estudiantes de la Universidad del Tolima	1	30	15	1

Jul. 20/07	Resistencia a insecticidas de mosca Blanca trips y minadores	3	400	200	1
Oct. 30/07	Manejo de la mosca Blanca en frijol y habichuela	1	20	5	1
Nov. 22/07	Entrenamiento en manejo de mosca blanca, como vector de virus	1	13	2	2
Nov. 6/07	Identificación y muestreo de mosca blanca t trips	2	120	10	1
Nov. 7/07	Plagas del frijol y su control	1	38	10	1
<b>Ecuador</b>					
Feb. 26/07	Entrenamiento a técnicos del INIAP Ecuador Santa Catalina, sobre como medir resistencia a insecticidas de mosca Blanca, trips y minador de parte de técnicos del CIAT	12	1	-	2

---

**Tabla 17.** Cursos, talleres y presentaciones desarrolladas para difundir la totalidad de resultados obtenidos en el proyecto durante los periodos 2008 en Colombia.

Fecha	Titulo	Duración (días)	Total		
			No. participante s	No. de mujeres	No. de instructores CIAT
<b>Colombia</b>					
May. 8/08	Muestreo e identificación de moscas blancas	5	2	0	3
May. 16/08	Capacitación sobre resistencia a insecticidas	1	15	12	1
May. 23/08	Resistencia varietal a insectos	1	15	12	1
May. 23/08	Métodos de muestreo para plagas de fríjol	1	15	12	1
Jun. 12/08	Capacitación para implementar colonias masales	1	1	0	2
Jul. 14/08	Plagas del fríjol y su control	1	20	5	1
Jul. 16/08	Capacitación para implementar colonias masales	2	1	1	3
Agost. 20/08	Resistencia a insecticidas en mosca blanca, trips y minadores	3	1	1	3
Sept. 2/08	Control de insectos plaga en fríjol	1	15	5	1

**Tabla 18.** Cursos, talleres y presentaciones desarrolladas para difundir la totalidad de resultados obtenidos en el proyecto durante los periodos 2009 en Colombia y Ecuador.

Fecha	Título	Duración (días)	Total No. participantes	No. de mujeres	No. de instructores CIAT /INIAP
<b>Colombia</b>					
Abril 22/09	Métodos de crías masales de las plagas objetivo	1	15	2	1
May. 12/09	Resistencia a insecticidas de mosca Blanca, trips y minador	1	15	12	1
May. 20/09	Resistencia varietal a insectos	1	15	4	1
Jun. 25/09	Métodos de muestreo a plagas de frijol	1	15	12	1
Jul. 16/09	Plagas del frijol y su control	1	20	5	1
Sept. 9/09	Control de mosca blanca, trips y minador en frijol	1	15	5	1
<b>Ecuador</b>					
Abril 15/09	Problemática de la mosca Blanca en Ecuador	1	12	1	1
Abril 18/09	Reconocimiento de los estados de desarrollo de la mosca blanca	1	8	-	1
Abril 21/09	Métodos de muestreo para <i>Trips palmi</i>	2	12	2	1
Abril 22/09	Estrategias de manejo para el control de <i>Trips palmi</i>	2	7	-	1
Abril 25/09	Reconocimiento de los estados de desarrollo de <i>Trips palmi</i>	1	8	1	1
Abril 28/09	Estrategias de manejo para el	2	6	-	1

	control de mosca blanca				
Abril 29/09	Estrategias de manejo para el control de mosca minadora	2	8	3	1
May. 2/09	Reconocimiento de los estados de desarrollo de mosca minadora	1	7	2	2
May. 5/09	Estrategias de manejo para el control de la mosca minadora	2	9	1	1
May. 9/09	Manejo integrado de plagas	2	10	2	2
May. 13/09	Capacitación sobre el manejo de plaguicidas	1	8	2	2
May. 19	Practica sobre el correcto uso y calibración para aplicación de plaguicidas	2	20	5	3
May.27/09	Intercambio experiencias con los agricultores	1	15	8	2
Junio 6/09	Taller sobre manejo de insectos en fríjol	2	11	4	1
Jun. 11/09	Taller fertilidad de suelo como componente de tolerancia a insectos	2	10	4	1

## PUBLICACIONES

### Revistas indexadas

Rodríguez, I.; Bueno, J.M.; Cardona, C.; Morales, H.; Garcés, S. 2010. Resistencia a insecticidas de las principales plagas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona Andina de Colombia y Ecuador. Revista Colombiana de Entomología (En impresión).

### Talleres y Conferencias

Bueno, J.M.; Rodríguez, I.; Cardona, C.; Morales, H.; Garcés, S. 2009. Problemáticas de plagas claves en cultivos de fríjol y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona Andina de Colombia y Ecuador. En: Resúmenes XXXVI Congreso SOCOLEN en Medellín, 29-31 Julio de 2009. p. 176.



Rodríguez, I.; Bueno, J.M.; Cardona, C.; Morales, H.; Garcés, S. 2009. Resistencia a insecticidas de las principales plagas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona Andina de Colombia y Ecuador. En: Resúmenes XXXVI Congreso SOCOLEN en Medellín, 29-31 Julio de 2009. p. 196.

CIAT (Centro internacional de Agricultura Tropical). 2007. Improved Beans for the Developing World. Annual report, project SBA – 1. Cali, Co. 315 p.

CIAT (Centro internacional de Agricultura Tropical). 2008. Improved Beans for the Developing World. Annual report, Project SBA – 1. Cali, Co. 297 p.

CIAT (Centro internacional de Agricultura Tropical). 2009. Improved Beans for the Developing World. Annual report, project SBA – 1. Cali, Co. 200 p.