

América Latina: Desarrollo de capacidad multi-país en cumplimiento del Protocolo de Cartagena en Bioseguridad (COLOMBIA, PERU, COSTA RICA, BRASIL)



• NOMBRE DEL PROYECTO

Desarrollo de la capacidad institucional para evaluar el impacto de algodón Bt en especies no objetivo a través de la implementación de un caso de estudio en el Caribe Colombiano

• NOMBRE DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL

Elizabeth Aguilera Garramuño

• NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN QUE DESARROLLA EL PROYECTO

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-.

• JUSTIFICACIÓN

La propuesta se presenta ante la incertidumbre y controversia sobre los riesgos ambientales asociados a la introducción y rápida expansión de los cultivos genéticamente modificados (GM) (Conner *et al.*, 2003). Una de las inquietudes asociadas al uso de esta tecnología son los posibles efectos sobre las especies para las cuales no fueron desarrollados (no blanco), que incluyen organismos que prestan servicios ecosistémicos importantes tales como biocontroladores, polinizadores y descomponedores (Naranjo, 2005; Marvier *et al.*, 2007; Romeis *et al.* 2008). La gran diversidad de organismos involucrados y la complejidad de los sistemas productivos tropicales dificultan la estandarización de métodos de evaluación de riesgos como requisito previo a la liberación comercial de los materiales y para su posterior monitoreo en campo.

Específicamente para Colombia las evaluaciones de riesgos se enmarcan en un contexto social y ambiental complejo, que se reconoce por contar con alta diversidad geográfica y de regiones productivas, sistemas productivos diversos y dinámicos, y gran diversidad tecnológica. En este escenario se justifica la necesidad de desarrollar y ajustar metodologías de análisis de riesgo que permitan identificar, caracterizar y priorizar los riesgos asociados a los cultivos GM en el ámbito local. Lo anterior para mejorar las bases científicas en la toma de decisiones sobre los cultivos GM en nuestro país y generar herramientas que puedan ser adoptadas por las autoridades competentes.

• DESCRIPCIÓN DEL SUBPROYECTO

El proyecto buscó generar y poner a disposición de autoridades competentes metodologías de análisis de riesgo adaptadas y estandarizadas para evaluar el efecto de los cultivos GM en organismos no blanco y validarlas bajo las condiciones ambientales y socioeconómicas locales. Para ello se utilizó como modelo el sistema maíz-algodón del Caribe Colombiano (CH), donde se recopiló la información de los estudios de bioseguridad llevados a cabo por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y se realizó el levantamiento de una línea base de biodiversidad de artrópodos asociados a estos cultivos.

La información generada y recopilada se utilizó para el desarrollo de un modelo metodológico de análisis de riesgo ecológico que se apoya en principios ecológicos para seleccionar especies y desarrollar protocolos de evaluación. Este modelo facilita la selección de las especies y procesos ecosistémicos más sensibles a la introducción de cultivos con la tecnología Bt en el contexto de los sistemas productivos tropicales.

Adicionalmente, la metodología permite la formulación de hipótesis que puedan ser validadas experimentalmente en laboratorio y campo. De esta manera la metodología se constituye en una herramienta conceptual y técnica para facilitar la toma de decisiones de manera objetiva y oportuna.

Para el planteamiento del modelo metodológico y su desarrollo, se vincularon representantes de las instituciones tomadoras de decisiones (ICA-MinAgricultura, Min. ambiente), investigadores (CIAT, Corpoica, Inst. Humboldt), académicos (Universidad del Nacional, Universidad de Montería) y pares académicos regionales (Embrapa) con el fin de garantizar que el enfoque y la metodología respondiera a las demandas y necesidades de los tomadores de decisiones.

• OBJETIVOS

Objetivo General

Fortalecer la capacidad técnica regional para evaluar el impacto y los riesgos de los OGM en las especies no objetivo a través del desarrollo y validación de metodologías de toma de decisiones en el sistema algodón-maíz en el Caribe Colombiano.

Objetivos específicos

1. Desarrollar una metodología que sirva como herramienta conceptual y técnica para la toma de decisiones sobre los riesgos potenciales de los cultivos GM en especies no objetivo, en el contexto de los sistemas productivos Tropicales.
2. Ajustar las metodologías y protocolos de evaluación del impacto potencial de los cultivos GM en especies no objetivo a través de la implementación de un caso de estudio en el sistema de rotación algodón Bt-maíz Bt en dos paisajes agropecuarios del Caribe colombiano.
3. Fortalecer la capacidad técnica interinstitucional en el manejo y uso de las metodologías de toma de decisiones para evaluar los riesgos de los cultivos GM en especies no objetivo.
4. Identificar vacíos de conocimiento y prioridades de investigación.

• MÉTODOS

El proyecto tuvo dos etapas desde el punto de vista metodológico. La primera etapa buscó desarrollar y estandarizar una metodología que permitiera identificar los procesos ecológicos y las especies de artrópodos más sensibles y con mayor riesgo de ser afectadas por los cultivos Bt. La segunda etapa se orientó a capturar información de campo para validar y ajustar la metodología a través de la implementación de un estudio de caso en el sistema de rotación maíz-algodón en el Caribe Colombiano. En paralelo a las dos etapas metodológicas, se socializó el enfoque de evaluación de riesgos generado en el proyecto a un grupo representativo de tomadores de decisiones que incluían catedráticos, investigadores, asistentes técnicos y productores.

• RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS CULTIVOS Bt SOBRE ESPECIES NO OBJETIVO

Para la construcción de la metodología se utilizaron los resultados de los estudios de bioseguridad en campo que ha realizado el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA- como requisito previo a la liberación comercial de cultivos transgénicos en Colombia. Se cuenta con los listados de artrópodos y sus respectivas abundancias en materiales transgénicos y convencionales de maíz y algodón de seis estudios realizados en el Caribe Colombiano. Además, se han generado tres bases de datos a partir de fuentes secundarias de información: a) base de datos de la expresión y persistencia de las proteínas Cry, b) base de datos de la caracterización del

sistema de producción maíz-algodón en el Caribe Colombiano y, c) base de datos de relaciones tróficas en la comunidad de artrópodos asociada a los agroecosistemas bajo estudio. A partir de esta información se desarrolló el proceso metodológico para evaluar el efecto de los cultivos Bt en especies no objetivo con base en el modelo inicialmente propuesto por Embrapa (Hilbeck *et al.*, 2006). En la figura 1 se sintetiza la secuencia metodológica que se implementó y que ha sido discutida y validada a nivel nacional e internacional con medios académicos y de investigación.

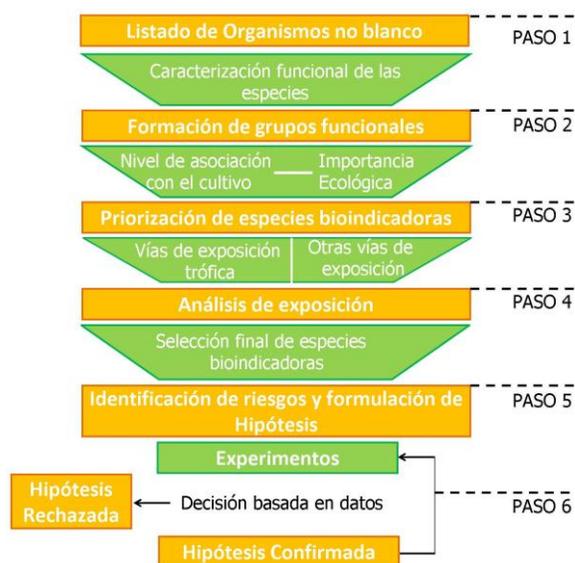


Figura 1. Secuencia metodológica para la evaluación del efecto de los CGM sobre especies no objetivo

3.1.1. Alcances en el desarrollo de la metodología

Se ajustó la metodología de evaluación de riesgos utilizando las bases de datos de los cuatro estudios de bioseguridad del maíz genéticamente modificado realizados por el ICA (TC1507, BT11, MON-810, MON-810). Debido a que las bases de datos proporcionadas por el ICA corresponden a la totalidad de capturas registradas a lo largo del ciclo fenológico, fue necesario hacer ajustes metodológicos e intensificar el trabajo de campo para establecer una nueva línea base de biodiversidad de artrópodos (proceso descrito en detalle en la sección estudio de caso del presente documento). Sin embargo, la información del ICA se utilizó para ajustar el proceso metodológico presentado a continuación, con la claridad de las limitantes que puedan tener los resultados del proceso.

En los cultivos de maíz y sus áreas aledañas existen cientos o miles de especies y resulta inviable realizar la evaluación del riesgo sobre cada una de ellas. Por lo tanto, es esencial evaluar, priorizar y seleccionar un conjunto reducido de especies y procesos ecológicos sobre las cuales se puedan realizar la evaluación del riesgo. La metodología empleada en el proyecto adaptó el enfoque propuesto por Hilbeck *et al.* (2006) que se apoya en principios ecológicos para seleccionar especies y desarrollar protocolos de evaluación. Este enfoque metodológico está compuesto de seis pasos descritos a continuación.

Paso 1: Listado de organismos no blanco. En general, las evaluaciones del ICA en el cultivo de maíz reportan una comunidad de artrópodos y anélidos conformada por 132 taxones agrupados en 12 clases, 20 órdenes y 77 familias. Las taxones de artrópodos encontradas y su representación según ordenes taxonómicos pertenecen a Acari (0,3%), Araneae (0,4%), Coleoptera (26,7%), Diptera (11,1%), Hemiptera (13,3%), Hymenoptera (16,3%), Lepidoptera (0,15%), Orthoptera (0,22%) y otros (21,5%); los coleópteros con 35 taxones es el grupo que más contribuye a la riqueza global. En términos de abundancia, los grupos más importantes fueron los colémbolos, himenópteros, hemípteros, dípteros y coleópteros.

Paso 2: Formación de Grupos funcionales. Cada uno de los taxones registrados en las evaluaciones del ICA se clasificaron por grupos funcionales, definidos a partir de características que reflejan las estrategias de adquisición de recursos y los procesos ecosistémicos a los que se encuentran asociados (e.g. depredación, polinización, descomposición, entre otros)

Cada taxón se caracterizó con base en cinco características funcionales: rol funcional, comportamiento alimenticio, distribución vertical en la planta, tamaño corporal y patrones de actividad. Una vez caracterizados los diferentes taxones, estos fueron asignados al correspondiente grupo funcional utilizando un análisis de conglomerados.

Paso 3: Priorización de especies bioindicadoras. Se realizó un proceso de priorización de las especies dentro de cada grupo funcional a partir de criterios relacionados con el nivel de asociación al cultivo y su importancia ecológica. En el nivel de asociación al cultivo se tuvo en cuenta la prevalencia geográfica de las especies, su especificidad al hábitat del cultivo, su coincidencia temporal con el cultivo y la incidencia en otros cultivos de importancia económica a nivel regional. Para la estimación de la importancia ecológica de las especies se tuvo en cuenta la abundancia, el criterio de expertos temáticos y se realizaron análisis de redes tróficas. Como producto de este ejercicio se generó un listado de taxones priorizados que fueron evaluados en los pasos sucesivos del análisis de riesgo.

Paso 4: Análisis de rutas de exposición. Con los taxones priorizados en el paso previo, se hizo un análisis de rutas de exposición de éstos grupos a la planta GM. Esta evaluación es caso-específica y requiere de información detallada sobre la expresión y persistencia de las proteínas Cry en las diferentes estructuras de la planta y en el destino directo (herbívoros) e indirecto (relaciones tritróficas y multitróficas) de las proteínas Cry a través de las cadenas tróficas. Al igual que en la etapa de priorización, el objetivo de este paso es seleccionar los taxones que presenten una mayor probabilidad de estar expuestos a las proteínas Cry o los productos del transgen.

Los primeros cuatro pasos permiten seleccionar un número manejable de especies y procesos ecológicos con mayores posibilidades de riesgo (Tabla 1). Estas especies seleccionadas son el producto del análisis y síntesis de la información existente y la experticia local sobre las especies. Además este enfoque metodológico permite la identificación de vacíos de conocimiento y prioridades de investigación que deben desarrollarse a futuro en los programas de evaluación y seguimiento de las nuevas tecnologías.

Tabla 1. Taxones priorizados en los diferentes grupos funcionales de artrópodos registrados en el cultivo de maíz

GRUPO FUNCIONAL	TAXONES PRIORIZADOS
Herbívoros masticadores	Curculiónidos (e.g. <i>Centrinaspis</i> sp., <i>Lynogeraeus capillatus</i> .), crisómelidos (<i>Diabrotica balteata</i> , <i>Epirix</i> sp.)
Herbívoros chupadores	trípodos, áfidos y fulgóridos
Entomófagos especialistas	<i>Coleomegilla</i> sp. (Coccinellidae), <i>Archytas</i> sp. (Tachinidae) y avispa de la familia Braconidae
Entomófagos generalistas	<i>Polybia</i> sp. (Vespidae) <i>Camponatus</i> sp. (Formicidae)
Omnívoros	<i>Pheidole</i> sp. y <i>Solenopsis</i> sp. (Formicidae)
Descomponedores	Colémbolos, diplópodos y lombrices de tierra (oligoquetos).

Paso 5: Identificación de riesgos y formulación de hipótesis.

En este paso se identifican los riesgos ecológicos potenciales que podrían derivarse de la implementación a gran escala de los cultivos transgénicos en los paisajes agropecuarios y se generan las hipótesis de riesgo a ser validadas durante la fase experimental.

Paso 6. Desarrollo de metodologías para validar experimentalmente y en campo las hipótesis generadas.

En esta etapa se deben proponer los experimentos para validar las hipótesis generadas (laboratorio,

semicampo y campo). Estos experimentos deben ser apropiados para la bioecología de las especies priorizadas y la complejidad y dinámica que caracterizan los sistemas productivos tropicales. Las guías operacionales que se generaron en el proyecto contienen algunas recomendaciones generales para las evaluaciones de campo dado que los cultivos biotecnológicos bajo estudio (i.e. maíz y algodón) ya se siembran comercialmente en el país.

El proceso metodológico se implementó con base en la información de los cuatro estudios de bioseguridad de maíz biotecnológico realizados por el ICA en el Caribe Colombiano avanzando hasta el paso cuatro del proceso de análisis de riesgo, en donde se seleccionaron las especies de artrópodos no objetivo de mayor importancia ecológica y con la más alta probabilidad de exposición en campo a los cultivos Bt. Este ejercicio también se implementó utilizando la línea base de biodiversidad de artrópodos en maíz generada en éste proyecto, lo que permitió hacer los ajustes respectivos al proceso metodológico.

3.2. ESTUDIO DE CASO EN EL CARIBE COLOMBIANO

Debido a que las bases de datos proporcionadas por ICA no cumplieron los requisitos para los análisis requeridos, el comité técnico del proyecto propuso cambiar parcialmente la metodología original. Inicialmente se había planteado utilizar la información del ICA para generar modelos ecológicos que nos permitieran seleccionar las especies no objetivo clave y posteriormente monitorearlas en campo. En razón a los limitantes de la información del ICA, se decidió generar una nueva línea base de diversidad de artrópodos asociadas al sistema maíz-algodón en el Caribe Colombiano, de disponibilidad abierta a futuros estudios. Adicionalmente, como parte del objetivo de fortalecimiento de la capacidad técnica nacional, se hizo un convenio con la Universidad de Córdoba en Colombia para el procesamiento y clasificación taxonómica de las muestras entomológicas, trabajo realizado bajo la coordinación del profesor Claudio Fernández y la participación de un grupo de estudiantes de entomología pertenecientes al semillero de investigadores de dicha universidad.

3.2.1. Metodología

Se seleccionaron dos ventanas (paisajes) de trabajo, una en el municipio de Cereté y la otra en el municipio de San Pelayo (departamento de Córdoba) con base en el análisis integrado de la siguiente cartografía a escala 1:100.000: mapa de zonas agroecológicas, mapa de ecosistemas y mapa de cobertura y uso de la tierra. Sobre esta cartografía se sobrepuso la información de las áreas sembradas en algodón durante la campaña 2009-2010. A partir de esta información se seleccionaron dos paisajes agropecuarios contrastantes según el nivel de presión de los cultivos transgénicos: paisajes de alta y baja densidad de cultivos transgénicos. En cada paisaje se realizó el registro de la arthropofauna asociada al sistema maíz-algodón, información que constituye el insumo base para validar la metodología de evaluación de riesgo que en principio se ajustó a partir de información secundaria (estudios de evaluación del ICA). El trabajo de campo se llevó a cabo a largo de un año productivo, que incluyó el monitoreo de la arthropofauna durante un ciclo de maíz y un ciclo de algodón.

Por resolución sanitaria en el Caribe Colombiano las siembras de algodón se limitan al segundo semestre de cada año mientras que el maíz se siembra en el primer semestre. Los trabajos de campo se iniciaron en mayo del 2011 en cultivos de maíz y su rotación con algodón a partir de octubre del mismo año. En cada uno de los paisajes y para cada cultivo se escogieron cuatro lotes, dos de cultivos transgénicos (maíz: Herculex® P30F32 WHR, algodón: Fiber Max® 9162 B2F) y dos de cultivos convencionales (maíz: isolínea convencional de Herculex® P30F32, algodón: isolínea convencional de Fiber Max® 9162). A su vez en cada lote se seleccionó un área de 5000m² en la cual se instalaron los sistemas de muestreo descritos en la tabla 2 (Figura 2).

Tabla 2. Métodos de muestreo empleados para la captura de artrópodos

COMPONENTE FAUNÍSTICO	MUESTRA	UNIDAD MUESTRAL	FRECUENCIA DE MUESTREO	TÉCNICA
Artrópodos errantes sobre el suelo	Diez vasos	Un vaso	Quincenal	Trampa de caída
Artrópodos de suelo	Cada muestra de Suelo (1500 g) tomadas con barreno	Una muestra	Mensual	Embudos Berlese
Insectos y arácnidos de vegetación herbácea	Diez repeticiones de 10 pases dobles	10 pases dobles	Semanal	Barrido con red entomológica
Insectos voladores de vegetación herbácea	Diez trampas	Una trampa	Semanal	Trampas adhesivas
Biomasa de insectos herbívoros	Dos trampas	Una trampa por paisaje	Mensual	Trampa de luz

3.2.2. Alcances en la implementación de los trabajos de campo

Se culminó el trabajo de campo (captura de artrópodos en el cultivo de maíz y algodón) y la identificación del material entomológico colectado en maíz que actualmente se encuentra depositada en una colección biológica en la Universidad de Córdoba (Figura 3). Las colectas del cultivo de algodón no alcanzaron a ser procesadas y están preservadas y almacenadas en la universidad de Córdoba para su posterior identificación taxonómica y montaje.

La colección taxonómica de artrópodos obtenida como producto del trabajo de campo de este proyecto, constituye un referente regional importante de la biodiversidad de artrópodos asociados a los sistemas productivos del Neotrópico y se debe garantizar su procesamiento y preservación.

Como compromiso al fortalecimiento de la capacidad académica nacional se realizaron cuatro talleres de capacitación para el procesamiento y clasificación taxonómica de los especímenes de artrópodos colectados en campo:

- 1) Técnicas de monitoreo de artrópodos en campo y procesamiento y análisis de muestras entomológicas realizado en el laboratorio de Manejo Integrado de Plagas del CIAT entre el 2 y el 6 de mayo de 2011. A partir del curso se realizaron los ajustes respectivos a la fase de campo del proyecto y se generaron los protocolos de captura de información.
- 2) Curso en taxonomía, diversidad y análisis faunístico del orden heteróptera dictado por el Dr. Paulo Sergio Fiuza de la Universidad Federal de Viçosa en Brasil realizada entre el 15 y el 16 de agosto en la universidad de Córdoba.
- 3) Curso en taxonomía de ácaros y colémbolos con la colaboración del Proyecto Agrodiversidad (artrópodos del suelo) del CIAT realizado entre el 18 al 21 de Octubre en la universidad de Córdoba.
- 4) Curso en taxonomía de himenópteros parasitoides con el apoyo del Dr. Paul Hanson de la Universidad de Costa Rica. En todos los cursos descritos participaron los integrantes del proyecto y el equipo de estudiantes y profesores de la Universidad de Córdoba adscritos al proyecto.



Figura 2. Métodos de muestreo empleados para la captura de artrópodos. **a.** Barreno para muestras de suelo. **b.** Embudos Berlesse. **c.** Trampas adhesivas. **d.** Trampas de caída. **e.** Red entomológica. **f.** Trampa de luz.

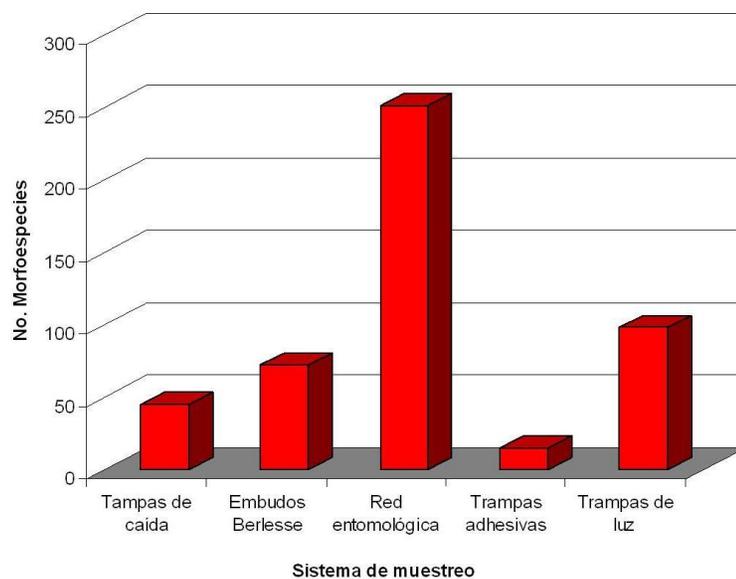


Figura 3. Número de morfoespecies identificadas por sistema de muestreo durante el trabajo de campo en los cultivos de maíz del Caribe Colombiano.

3.3. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS Y FORTALECIMIENTO DE LA INTERACCIÓN CON LOS PARES REGIONALES

Se realizaron seis eventos de socialización nacional y tres internacionales de los avances técnicos del proyecto y de la propuesta metodológica de evaluación de riesgos sobre especies no objetivo. En la tabla 3 se sintetizan estas acciones.

La primera socialización se realizó en la misión del Banco Mundial en donde se interactuó con los líderes de los proyectos de evaluación sobre organismos no blanco (San José, Costa Rica, 24-30 abril 2011). La segunda en una reunión realizada en el ministerio del Medio Ambiente de Colombia que permitió interactuar con representantes del Instituto Alexander von Humboldt, del Ministerio del Medio Ambiente, ICA y Federaciones Nacionales de productores (Bogotá, Colombia, 25 de mayo). La tercera en el marco del Congreso Nacional de Entomología en Colombia, en el cual se realizó una presentación oral de la propuesta metodológica del proyecto (Manizales, Colombia, 28 de Julio). Una cuarta presentación del enfoque metodológico del proyecto tuvo lugar ante el grupo de investigación de control biológico de Embrapa (Brasilia, Brasil, 11 agosto). La quinta reunión de interacción académica se realizó con el grupo de investigadores de la Corporación de Investigaciones biológicas (Medellín, Colombia, 29 de Septiembre). La sexta socialización fue un seminario organizado a estudiantes de microbiología de la UDES y técnicos agropecuarios del SENA en la universidad de Santander-UNDES- (Valledupar, Colombia, 28 de Octubre). Y por último, se realizó una presentación del enfoque de evaluación de riesgos en el marco de un taller de evaluación de riesgo ambiental de OGM organizado por Agro-Bio Colombia (Bogotá, 17 de Noviembre).

Tabla 3. Relación de eventos de socialización y de presentación del enfoque metodológico del proyecto*

LUGAR	FECHA	OBJETIVO DEL EVENTO
San Jose, Costa Rica	24-30 Abril de 2011	Misión del Banco Mundial y reunión de área temática
Bogotá, Colombia	25 de mayo de 2011	Socialización del proyecto ante tomadores de decisiones, investigadores y académicos
Manizales, Colombia	28 de julio de 2011	Presentación del enfoque metodológico del proyecto en el marco del Congreso nacional de Entomología
Brasilia, Brasil	11 de Agosto de 2011	Presentación del enfoque metodológico ante el grupo de investigación en Control biológico y biotecnología de Embrapa
Medellín, Colombia	29 de Septiembre de 2011	Socialización del proyecto ante la Unidad de Biotecnología Vegetal de la Corporación para Investigaciones Biológicas
Puno y Arequipa, Perú	10-14 de Octubre 2011	Visita de apoyo técnico al proyecto Lac Biosafety en Perú y socialización del proyecto ante entidades académicas y de investigación de ese país.
Valledupar, Colombia	28 de Octubre 2011	Socialización del proyecto ante estudiantes y la academia.
Bogotá Colombia	17 de Noviembre 2011	Presentación del enfoque metodológico del proyecto en el “ Taller sobre criterios de evaluación ambiental de riesgo ambiental de cultivos genéticamente modificados y su contexto en el Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la Biotecnología ”, evento organizado por Agrobio Colombia.
México D.F, México	29 Noviembre- 2 de Diciembre 2011	Presentación del proyecto durante la Pasantía de entrenamiento en evaluación de riesgos ambientales de OGM, organizada por el Instituto Alexander von Humboldt de Colombia y las instituciones Conabio, INE y Semarnat de México
Cali, Colombia	20-23 de marzo de 2012	Organización del Curso-Taller Internacional Organismos Genéticamente Modificados y Bioseguridad en coordinación con la Universidad del Valle, el Instituto Alexander von Humboldt y Embrapa.

* Los eventos internacionales se han resaltado en color gris

En la semana del 10 al 14 de Octubre de 2011, el proyecto participó en una visita de apoyo técnico a los pares académicos del proyecto en Perú, que permitió intercambiar experiencias y socializar el proyecto ante un grupo de investigadores del INIA, CIP y SENASA, así como estudiantes y profesores de la Escuela Profesional de Agronomía de la universidad Nacional de San Agustín. También se destaca la participación del proyecto en la pasantía de entrenamiento en evaluación de riesgos ambientales de OGM que tuvo lugar entre el 29 de Noviembre y el 2 de diciembre de 2011 en la ciudad de México. La pasantía fue organizada por el Instituto Alexander von Humboldt de Colombia y las instituciones Conabio, INE y Semarnat de México. El evento permitió el intercambio de experiencias en el uso OGM de uso agrícola y abrió las puertas para la búsqueda de escenarios colaborativos entre los dos países.

Finalmente del 20 al 23 de marzo de 2012, el proyecto organizó el **Curso-Taller Organismos Genéticamente Modificados y Bioseguridad** en coordinación con la Universidad del Valle, el Instituto Alexander von Humboldt y Embrapa. Este curso internacional contó con la participación de más de 100 asistentes de Perú, Brasil, Costa Rica, México y representantes de varias instituciones y universidades en Colombia. Este evento constituyó el escenario ideal para discutir sobre los enfoques metodológicos generados en el proyecto y para el intercambio de experiencias entre los líderes de los subproyectos del componente temático de impacto en organismos no blanco (Figura 4).

De esta manera, a través del desarrollo del proyecto se actualizó temáticamente y sensibilizó a los diferentes grupos objetivo, a saber: académicos, tomadores de decisiones, investigadores y productores.



Figura 4. Asistentes al Curso-Taller Organismos genéticamente modificados y bioseguridad, organizado en la Universidad del Valle en Cali, Colombia.

• CONCLUSIONES

1. Se generó una metodología de análisis de riesgo susceptible de ser ajustada y adaptada para la evaluación de nuevos eventos de transformación genética y otras tecnologías agrícolas.
2. Se generó una línea base de la artropofauna del sistema maíz-algodón en el Caribe Colombiano que constituye un referente regional importante de la biodiversidad asociada a los sistemas productivos del Neotrópico.
3. Formación de jóvenes investigadores y fortalecimiento de capacidades regionales y nacionales en

bioseguridad.

4. Se conformó una red de investigación regional en análisis de riesgo aplicado al sector agropecuario.

• BIBLIOGRAFÍA

Conner, A.J.; Glare, T.R.; Nap, J.P. 2003. The release of genetically modified crops into the environment - Part II. Overview of ecological risk assessment. *The Plant Journal* 33: 19–46.

Hilbeck, A.; Andow, D.A.; Arpaia, S.; Birch, A.N.E.; Fontes, E.M.G.; Lövei, G.L.; Sujii, E. R.; Wheatley, R.E, Underwood, E. 2006. Methodology to Support Non-Target and Biodiversity Risk Assessment. En: Hilbeck, A.; Andow, D.A.; Fontes, E.M.G (eds.). *Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms. Volume 2: Methodologies for Assessing Bt Cotton in Brazil.* CABI Publishing, UK. p. 108-132.

Marvier, M.; McCreedy, C.; Regetz, J.; Kareiva, P. 2007. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science* 316: 1475–1477.

Naranjo S.E. 2005. Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the function of the natural enemy community. *Environmental Entomology* 34: 1211–1223.

Romeis, J.; Bartsch, D.; Bigler, F.; Candolfi, M.P.; Gielkens, M.M.C.; Hartley, S.E; Hellmich, R.L.; Huesing, J.E.; Jepson, P.C.; Layton, R.; Quemada, H.; Raybould, A.; Rose, R.I.; Schiemann, J.; Sears, M.K.; Shelton, A.M; Sweet, J.; Vaituzis, Z.; Wolt, J.D. 2008. Assessment of risk of insect-resistant transgenic crops to nontarget arthropods. *Nature Biotechnology* 26(2):203-208.

2. Cuadro resumen de cumplimiento de objetivos comprometidos en el subproyecto y productos obtenidos

Área Temática: Evaluación y monitoreo de los efectos potenciales en organismos no blanco

Investigador Principal: Elizabeth Aguilera G.

Institución: Corpoica

Título Subproyecto: Desarrollo de la capacidad institucional para evaluar el impacto de algodón Bt en especies no objetivo a través de la implementación de un caso de estudio en el caribe Colombiano						
	Fecha de inicio		Fecha de finalización		Indicadores de resultados por actividad	
	Programada	Efectiva	Programada	Efectiva	Comprometidos	Obtenidos a la fecha
Objetivo 1						
Conformación de un grupo técnico científico	Septiembre 2010	Septiembre 2010	Octubre 2010	Octubre 2010	Taller de socialización proyecto y definición de participantes por entidad	Tres talleres de socialización inicial del proyecto y definición de participantes por entidad
Captura de información y desarrollo de los modelos	Septiembre 2010	Septiembre 2010	Diciembre 2011	Diciembre 2011	Grupo técnico científico consolidado del que hacen parte expertos temáticos clave Programa de trabajo definido Documentos guía de trabajo en modelos Aporte de información y conocimientos temáticos/tema	Grupo técnico científico consolidado del que hacen parte expertos temáticos clave (ocho miembros) Plan de trabajo/actividad Dos bases de datos sobre la caracterización del sistema de producción maíz-algodón y base de datos sobre bioecología y relaciones tróficas de la comunidad de artrópodos asociada al sistema de producción de maíz.
Resultados preliminares desarrollo de los modelos	Enero 2011	Diciembre 2010	Enero 2012	Febrero 2012	Número de talleres y listado de participantes e instituciones por taller	Cuatro talleres de trabajo en el 2010 y listado de participantes e instituciones por taller. Dos talleres de trabajo en el

						2011 con el comité técnico del proyecto para concertar la estructura de los modelos de la expresión de las proteínas Cry y del sistema de producción maíz-algodón en el Caribe Colombiano.
Objetivo 2						
Conformación grupo de trabajo en el Caribe y socialización del proyecto	Noviembre 2010	Noviembre 2010	Marzo 2011	Febrero 2011	Taller regional de trabajo con pares regionales	Dos talleres de trabajo con pares regionales. El primero en Noviembre del 2010 y el segundo en Febrero del 2011.
Determinar las ventanas regionales de trabajo en campo a partir de cartografía actualizada de cobertura y uso de la tierra a (1:100.000)	Octubre 2010	Noviembre 2010	Febrero 2011	Abril 2011	Grupo de trabajo regional conformado. Metodologías y protocolos de campo definidos Definición de ventanas de trabajo	Grupo de trabajo regional conformado. Cartografía regional de cobertura, uso de la tierra y mapas ecosistemas Documento con protocolos de campo.
Selección lotes comerciales/paisaje	Diciembre 2010	Noviembre 2010	Abril 2011	Mayo 2011	Listados de productores programa de siembras	Estadísticas de materiales genéticos por municipio en el departamento de Córdoba Listado de productores por municipio priorizado. Mapa de ubicación de cultivos semestrales. Mapa de ubicación de los lotes

						seleccionados durante las dos fases de campo (maíz y algodón).
Implementación de trabajos de campo	Marzo-abril 2011	Mayo de 2011	Abril del 2012	Actividad en proceso	Implementación de trabajo de campo	Listado de productores y lotes donde se implementó el sistema de muestreo de artrópodos.
Procesamiento de muestras e identificación taxonómica de materiales	Abril 2011	Mayo 2011	Mayo 2012	Actividad en proceso	Bases de datos	Bases de datos con los registros de capturas de artrópodos obtenidas de la fase de campo. Colección de referencia de los artrópodos capturados depositada en la Universidad de Córdoba
Análisis de datos y preparación de informe	Enero 2012	Marzo 2012	Mayo 2012	Mayo 2012	Bases de datos Análisis estadísticos Resultados de los trabajos de campo analizados	Bases de datos con los registros de capturas de artrópodos obtenidas de la fase de campo. Un documento preliminar de la propuesta metodológica para las evaluaciones de riesgo sobre especies no objetivo realizado a partir de la información del estudio de caso del maíz Bt en el Caribe Colombiano. Este documento compendia los procedimientos y análisis de datos sugeridos para las evaluaciones de riesgo.
Objetivo 3						
Capacitación interactiva de	Septiembre 2010		Diciembre 2010		Consolidación del grupo técnico-científico	Consolidación del grupo técnico-científico

tomadores de decisiones durante el desarrollo de modelos					Información bio-ecológica para construir redes tróficas	Base de datos con información sobre bioecología de las especies presentes en el cultivo de maíz y de sus interacciones tróficas.
Talleres de capacitación a tomadores de decisiones e investigadores sobre el manejo y uso de los modelos	Febrero 2011	Diciembre 2010	Diciembre 2011	Marzo 2012	Modelos ajustados en campo	<p>Listados de asistencia talleres de capacitación.</p> <p>Seis reuniones nacionales en el 2011 de presentación de los avances técnicos del proyecto y el enfoque metodológico para la evaluación de riesgos.</p> <p>Asistencia de los investigadores adscritos al proyecto a cuatro capacitaciones que han permitido ajustar el enfoque metodológico del proyecto.</p> <p>Tres cursos de capacitación en taxonomía de artrópodos, dirigidos al grupo técnico local de apoyo al proyecto, que permitieron ajustar la información taxonómica base para el desarrollo de las metodologías.</p> <p>Dos reuniones de socialización del proyecto en conjunto con el grupo técnico del Perú.</p> <p>Presentación del enfoque metodológico del proyecto en una pasantía de entrenamiento</p>

						en evaluación de riesgos ambientales en ciudad de México (México).
Presentación de resultados en congresos nacionales y/o internacional	No definida		No definida	Actividad en proceso	Resumen en memorias del congreso	<p>Dos trabajos registrados en las memorias del congreso Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología en las versiones de los años 2011 y 2012.</p> <p>Certificación de presentación de una ponencia oral en el ciclo de seminarios del grupo de Control biológico de Embrapa.</p> <p>Realización y coordinación del Curso-Taller: organismos genéticamente modificados y Bioseguridad, desarrollado en conjunto con la Universidad del valle, Inst. Humboldt de Colombia y Embrapa de Brasil.</p>
Participación en curso temáticos	No definida		No definida	Actividad en proceso	Certificado de asistencia	<p>Certificado de participación en curso de evaluación del impactos de cultivos genéticamente modificados: bioseguridad ambiental y flujo genético que se realizó entre el 25 de julio y 5 de Agosto de 2011 en la universidad de Sao Pablo en Brasil.</p> <p>Certificado de participación en el curso de Entrenamiento en Evaluación de Riesgos Ambientales de OGM, organizado por Conabio, INE y Semarnat de México.</p>
Objetivo 4						

Resultado del desarrollo de los modelos	Enero 2012	Marzo 2012	Mayo 2012	Junio 2012	Desarrollo exitosos del proyecto	El proyecto logró generar una nueva línea base de biodiversidad de artrópodos para la zona de estudio y proponer metodologías para las evaluaciones de riesgo que se adecuen al ámbito local. Así mismo, se contribuyó al fortalecimiento de la capacidad técnica nacional en bioseguridad.
Observaciones	El desfase de actividades responde a las fechas de siembra de cultivos en las zonas de trabajo.					