

CIAT en Perspectiva 2000-2001

**A Obtener lo Mejor
del Cambio Mundial**



Contenido

1 Perspectiva en la Práctica

2 Hacia un sistema mundial de investigación: *Mensaje del Director General*

4 Fomento de medios de vida en zonas rurales del trópico: Plan estratégico del CIAT para 2001-2010

6 Cosecha del Futuro

9 A Obtener lo Mejor del Cambio Global

10 Agricultura de riesgo en un mundo más caliente

12 La ciencia mundial frente a la mosca blanca

15 Producción pecuaria sostenible para México y más allá

18 El camino para generar impacto

21 Logros Notables de Investigación y Desarrollo

21 A salvar el maní silvestre

22 Fortificación del frijol y de la yuca

24 Bioseguridad: Avances con cautela

25 Biotecnología por y para agricultores

27 Desenmascarando una de las principales enfermedades de la yuca

28 Poder del pueblo en la Amazonía

29 Proyectos integrados para desarrollar agroempresas

30 Edafólogos y agricultores encuentran un lenguaje común

31 Planes locales para el manejo de los recursos naturales

32 El ecosistema amazónico y la salud

33 Métodos participativos prueban su valor

35 Una Visión General del CIAT

**Reverso de
contracarátula** **El Poder de la Perspectiva**



Familia campesina en el Distrito de Mbale en Uganda.

Perspectiva en la Práctica

*L*as explotaciones agrícolas familiares forman la espina dorsal de las economías de la mayoría de los países en desarrollo. Para miles de millones de personas, la agricultura representa la supervivencia diaria y la mejor esperanza para un mañana mejor. Pero mil millones de personas, principalmente agricultores en los países tropicales, viven en condiciones de suma pobreza.

Están en juego fuerzas a escala mundial que tendrán efectos de gran alcance en sus medios de vida. En algunos casos, el cambio global ofrecerá a los campesinos nuevas oportunidades para escapar de la pobreza, mientras que en otras familias, la pobreza apretará más sus vidas.

La visión que tiene el CIAT del futuro —la esencia de su plan estratégico para el próximo decenio— es que estos campesinos lograrán revertir las dificultades en oportunidades en la búsqueda de medios de vida sostenibles. Según ilustra nuestro informe anual para 2000-2001, los científicos del Centro pueden acelerar esta transformación mediante la investigación que contribuye a una agricultura competitiva, a agroecosistemas saludables y a la innovación rural.

Junto con sus hijos, un agricultor de San Dionisio, en el Departamento de Matagalpa, Nicaragua, muestra a visitantes un ensayo de variedades de frijol y maíz establecido por el comité de investigación agrícola local, al cual él pertenece.



Hacia un Sistema Mundial de Investigación

Mensaje del Director General



Agricultura de ladera en el Departamento de Matagalpa, Nicaragua.



Fideos hechos con almidón de yuca en el sur de Vietnam.



Finca experimental comunitaria en San Dionisio, Nicaragua.

En el último año más o menos, en el CIAT hemos armado una nueva estrategia para luchar contra la pobreza en los trópicos mientras protegemos los recursos naturales. En el centro de esta estrategia está una visión de medios de vida sostenibles en zonas rurales, basada en una agricultura en pequeña escala que sea competitiva, en agroecosistemas tropicales saludables y en la innovación por parte de la comunidad.

Nuestra visión estratégica surgió de un análisis tanto de lo que el CIAT ha logrado durante más de 30 años de investigación, como también de los rápidos cambios que arrasan el mundo. Se reconoce que la globalización presenta una mezcla incierta de oportunidades y amenazas. Se asume que la ciencia de alta calidad es una herramienta potente para hacer que los beneficios de la globalización lleguen a los campesinos pobres de los trópicos, al tiempo que minimiza los riesgos.

El vocabulario emergente de la globalización incluye términos como diversidad biológica y biopiratería, seguridad alimentaria y escasez de agua, recalentamiento global y mitigación de desastres, libre comercio y diversidad cultural, organismos genéticamente modificados y bioseguridad. Los esfuerzos de investigación y desarrollo del CIAT son pertinentes a éstas y otras inquietudes del público internacional.

Un buque más equipado navega aguas internacionales

Está bastante adelantada la revaloración que el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI) —que apoya al CIAT y a otros 15 centros de Cosecha del Futuro— está haciendo sobre la forma en que los centros pueden trabajar juntos, más eficientemente, en el futuro. El GCAI está muy atento para abordar temas de alcance

mundial, como los que están enmarcados en las convenciones sobre diversidad biológica, desertificación y cambio climático.

Parte del plan del GCAI, aprobado en mayo de 2001 en Durban, Sudáfrica, consiste en armonizar la agenda de investigación a través de los centros y simplificar las estructuras administrativas, lo cual permitirá a los centros de Cosecha del Futuro funcionar como un sistema mundial más integrado —como quien dice, a operar un buque más equipado. Como Director General del CIAT, estoy comprometido para que el Centro contribuya plena y positivamente al plan de reforma del GCAI. Nuestra capacidad a largo plazo de realizar investigación que sea social y ambientalmente progresiva para el desarrollo, depende de la solidez y de la unidad de todos los centros de Cosecha del Futuro.

Elevar el nivel de juego

Como Presidente del GCAI, Ian Johnson dijo recientemente que es hora de “elevar el nivel de juego”. Esto significa que hay que aumentar el impacto y la visibilidad de la investigación que hace el GCAI, vinculándolo con niveles más altos de diálogo, política y acción internacionales.

No se conocerá la trayectoria exacta de los cambios del GCAI por algún tiempo. Sin embargo, considero que el nuevo plan estratégico del CIAT para 2001-2010 es compatible con el compromiso del GCAI respecto a la eficiencia y la pertinencia mundial. La búsqueda de medios de vida sostenibles en zonas rurales toma la investigación más allá de la meta de sólo aumentar el volumen de producción agrícola y el nivel de ingresos monetarios, para incluir el desarrollo de capital social, el mejoramiento del bienestar humano y la protección de los recursos naturales del planeta.

Un paso que el CIAT tomó recientemente, en un esfuerzo para elevar el nivel de juego, fue demandar formalmente una patente estadounidense otorgada a una “nueva” variedad de frijol que tenía un color amarillo distintivo (ver recuadro). Esperamos que nuestro movimiento, la primera vez que uno de los centros de Cosecha del Futuro objeta una patente vegetal, fije un precedente en el mundo. Se necesita de una acción concertada para proteger los derechos y los medios de vida de los agricultores de

los países en desarrollo. Al mismo tiempo, necesitamos mantener la capacidad de los centros de investigación, como el CIAT, para producir y distribuir, en forma gratuita, los bienes públicos para el beneficio de todos.


Joachim Voss
 Director General, CIAT

Frijol amarillo y una patente injusta

Recientemente, el CIAT demandó legalmente una patente estadounidense de 1999 que le otorga a un empresario de Colorado los derechos de propiedad intelectual sobre una variedad de frijol común con semilla amarilla. Esa decisión de objetar la patente recalca nuestra preocupación respecto a la vulnerabilidad de los medios de vida de la población rural en los países en desarrollo y la necesidad de proteger los conocimientos agrícolas tradicionales y el patrimonio biológico.

El material patentado, designado Enola, fue producido a partir de semilla obtenida en México. La patente, concedida al dueño de Pod-ners L.L.C., sostiene que Enola es “una nueva variedad de frijol que produce semilla de un color amarillo distintivo que permanece relativamente inalterado por la estación”. La contrademanda del CIAT, apoyada en documentación rigurosa, es que el material en cuestión se basa en cultivares tradicionales adaptados durante muchos siglos por los agricultores andinos y mexicanos. Se cree que el gene que controla el color de la semilla es de origen peruano.

El número de patente 5.894.079 le otorga al dueño de Pod-ners un monopolio dentro de los Estados Unidos sobre frijol común que presente tono amarillo. Por lo tanto, niega a los productores mexicanos el derecho de comercializar libremente uno de sus más valiosos recursos renovables, conseguido con mucha dificultad —los cultivares de especies tradicionales que también sirven de alimento básico.

El tema de la patente de Enola fue expuesto al público internacional en el año 2000, en gran parte debido a los esfuerzos del Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración (Grupo ETC), hasta hace poco conocido como la Fundación Internacional para el Avance del Sector Rural (RAFI).

En su objeción a la patente de Enola, el CIAT alega que la variedad de frijol protegida es “sustancialmente idéntica” a, por lo menos, seis muestras de frijol amarillo encontradas en el banco de semilla del Centro. Bajo un convenio con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el contenido de esta colección se considera como bien público internacional y no puede ser patentado por nadie.

Últimamente, el caso se ha complicado más, puesto que el tenedor de la patente presentó reclamaciones adicionales con base en la información contenida en su solicitud original. Ahora, la Oficina de Patentes de los Estados Unidos realizará una revisión conjunta de la objeción del CIAT y los reclamos adicionales del tenedor de la patente. Si la patente se sostiene, el asunto podría terminar en una apelación ante un tribunal estadounidense. Según el director del CIAT, esa batalla legal sería costosa y se manejaría mejor como un esfuerzo conjunto de los centros de Cosecha del Futuro. “Si nos toca, cruzaremos ese puente”.



Fomento de Medios de Vida en Zonas Rurales del Trópico

Plan Estratégico del CIAT para 2001-2010

Durante el último siglo, el desarrollo económico, impulsado en gran parte por la ciencia y la tecnología, ha reducido significativamente la proporción de la población mundial que vive en condiciones de pobreza. Sin embargo, una quinta parte de esta población es aún radicalmente pobre, subsistiendo con un dólar americano al día o menos. Entre los efectos más destructores de esta pobreza persistente está el hambre, que lo padecen unas 800 millones de personas, principalmente mujeres y niños.

Los sitios más pobres en el mundo son —y seguirán siendo— los países tropicales, especialmente en África y Asia. Las comunidades rurales que dependen de la agricultura en pequeña escala y del procesamiento de alimentos para sobrevivir son las que se encuentran en mayor desventaja. Y, por falta de poder político y económico, estas comunidades enfrentan el riesgo de ser aún más marginadas por las fuerzas crecientes de la globalización.

El CIAT cree que el mejoramiento de los medios de vida de los pequeños agricultores, mediante la ciencia de alta calidad, es una manera eficaz y directa de abordar las necesidades de la población rural del mundo tropical, mientras ofrece alimentos menos costosos para el consumidor urbano de escasos recursos. La noción de medios de vida sostenibles en zonas rurales forma parte central de la visión estratégica del CIAT para 2001-2010.

Como centro que se especializa en soluciones para la agricultura tropical que están enfocadas en las personas, el CIAT usará la investigación basada en asociaciones colaborativas para ayudar a sus clientes en zonas rurales a que lleguen a tres destinos intermedios, en su recorrido para lograr medios de vida sostenibles en zonas rurales: (1) una agricultura competitiva, (2) agroecosistemas saludables y (3) innovación rural colectiva basada en la acumulación del capital social.

Nuestro portafolio científico

Para promover estas condiciones, el CIAT integrará sus experiencias pasadas de investigación a los recientes adelantos científicos en genómica, agroecología e informática. La competencia científica se cultivará en cinco áreas centrales:

- Agrobiodiversidad y genética

- Ecología y manejo de plagas y enfermedades
- Ecología del suelo y mejoramiento del suelo
- Análisis espacial
- Análisis socioeconómico

Juntas, estas áreas de investigación formarán un marco institucional duradero, que conducirá a la investigación interdisciplinaria sobre la productividad agrícola, la protección del medio ambiente y la capacidad de la comunidad de planificar, ejecutar y hacer seguimiento a las innovaciones.

Ejecución de la agenda de investigación

El CIAT pondrá en práctica su estrategia de 10 años mediante planes de mediano plazo. Cada plan cubrirá un período de 3 años y responderá a las tendencias, los problemas y las oportunidades emergentes. Diversas políticas y diferentes principios darán las pautas para ajustar nuestras agendas de investigación:

- Las prioridades de investigación para cada región deben armonizarse con las de los grupos colaboradores; por ejemplo, los programas nacionales de investigación, las asociaciones de agricultores y las organizaciones de desarrollo comunitarias.
- Los científicos del Centro deben mantener estrecho contacto con institutos avanzados para identificar y adquirir herramientas, métodos y conocimientos científicos nuevos que sean pertinentes.
- Los temas de investigación propuestos deben ser directamente pertinentes a la visión del Centro respecto a medios de vida sostenibles en zonas rurales y a su misión general de mitigar la pobreza y el hambre y proteger los recursos naturales.
- Cuando las actividades caen por fuera de las competencias científicas básicas del Centro, deben formarse asociaciones colaborativas de investigación para asegurar los conocimientos y la experiencia necesarios.
- El compromiso de los grupos interesados en invertir en la investigación o contribuir, de otro modo, con recursos, debe servir de indicador clave de la factibilidad del trabajo propuesto.

Los coordinadores regionales ayudarán a asegurar que las agendas de investigación mundiales y regionales se armonicen y que los resultados científicos complementen los esfuerzos de desarrollo regional. La investigación real será llevada a cabo por equipos multidisciplinarios basados en los proyectos.

Orientación de la investigación futura

El programa de investigación del CIAT encaja dentro de un contexto mundial, a saber, el trabajo de los centros de Cosecha del Futuro apoyados por el GCIAT. Algunos de los resultados del CIAT, por ejemplo la conservación de la agrobiodiversidad, son bienes públicos mundiales.

Varios temas de investigación son sumamente pertinentes a los medios de vida sostenibles en zonas rurales en las tres regiones en que opera el CIAT, a saber América Latina y el Caribe, África y Asia. Estos temas incluyen la conservación y el mejoramiento genético de la yuca y de especies forrajeras tropicales, así como el manejo de recursos naturales, métodos de investigación participativa con los agricultores y desarrollo de agroempresas.

En el caso de la investigación en recursos naturales, el manejo del suelo y los métodos de mejoramiento del mismo, recibirán atención especial. Además, el CIAT seguirá participando en los esfuerzos mundiales para combatir la mosca blanca y para desarrollar sistemas de información geográfica para el manejo y la planificación del uso de la tierra a diversas escalas físicas.

También se continuará la investigación en frijol común, una fuente importante de proteína diaria para millones de pequeños agricultores en América Latina y África. Como en el pasado, la estrategia del CIAT para la investigación en arroz se centrará exclusivamente en América Latina. Buscará hacer que los productores sean más competitivos, se mejorará la resistencia a enfermedades que lo afectan y se ampliará el acervo de genes del arroz.

Los agroecosistemas de ladera recibirán atención especial. Este trabajo aprovechará la orientación del anterior plan estratégico del CIAT.

En América Latina se dará cierto énfasis a la investigación en frutas tropicales y en cultivos, en el manejo de los recursos naturales y en el uso de la tierra en los agroecosistemas de la Amazonía y de sabana.



Entrega de raíces de yuca a una planta de secado en la Provincia Sra Kaew de Tailandia oriental.



Camino a casa después de cosechar yuca, cerca de Mitú, departamento de Vaupés, en la Amazonía colombiana.



Ensayo de un nuevo implemento agrícola en la aldea de Worka en la región de Oromo, Etiopía.

Harvest for Peace Harvest for Earth Harvest for Growth FUTURE Harvest for Health HARVEST Harvest for People

Cosecha del Futuro es una organización internacional sin fines de lucro dedicada a difundir entre el público los estrechos vínculos que existen entre la agricultura y temas mundiales como la paz, el crecimiento económico, la renovación ambiental, la salud humana y el aumento de la población. Es patrocinado por los 16 centros que investigan sobre alimentos y temas ambientales, incluyendo el CIAT, que son auspiciados por el GCIAT.

Cosecha del Futuro se considera como un “llamado de alerta” respecto a una crisis mundial que se avecina. Los conflictos armados, la escasez de agua y de tierra, la pérdida de la biodiversidad y de la fertilidad de suelo, la propagación de enfermedades que afectan a la gente, el cambio climático, la pobreza y el estancamiento del rendimiento de los cultivos tienen en jaque al planeta, que no tendrá la capacidad para alimentar a sus habitantes en forma adecuada y equitativa. Además, se calcula que anualmente la población aumentará en unos 73 millones de personas, durante los próximos 50 años. Esos 3.6 mil millones de personas intensificarán la presión sobre los ecosistemas que producen alimentos —que ya están bajo estrés— y también ejercerán presión sobre las estructuras sociales y políticas, especialmente en los países en desarrollo.

Cosecha del Futuro considera que la agricultura misma, basada en una ciencia productiva, tiene las soluciones a varios de estos problemas. La investigación y desarrollo internacional proporcionan tecnología e información vital para ayudar a los agricultores de escasos recursos a intensificar la producción de alimentos, mientras se protegen los recursos naturales. A su vez, estas mejoras conducen a una mejor salud y nutrición humana, mitigan la pobreza, mejoran el medio ambiente y estimulan el progreso económico en zonas rurales. Igualmente importante, generan un medio social y político conducente a la paz y, por consiguiente, al mejoramiento adicional en la calidad de vida.

La organización se apoya en expertos reconocidos, muchos de ellos altamente calificados, que sirven como defensores públicos del gran esfuerzo de investigación internacional que se necesita para

asegurar que el mundo pueda alimentarse de manera sostenible en el futuro. Sus embajadores incluyen al Arzobispo Desmond Tutu, de Sudáfrica; Oscar Arias, ex presidente de Costa Rica y laureado con el Premio Nóbel de la Paz; la Reina Noor de Jordania, y Jimmy Carter, ex presidente de los Estados Unidos. En sus tareas informativas, educativas y de defensa, Cosecha del Futuro comisiona estudios que exploran la relación entre la agricultura y temas mundiales clave.

Cosecha del Futuro promueve una visión optimista sobre el futuro —“un planeta verde y próspero que brinde abundancia, salud y paz a sus pueblos”. Advierte, sin embargo, que esto “sólo puede lograrse si dedicamos atención y recursos a la investigación científica sobre alimentos, al medio ambiente y a la población mundial de escasos recursos”.

www.futureharvest.org



Recolección de semilla de frijol mejorado en el Distrito de Mbale, Uganda.

IFPRI
Instituto
Internacional de
Investigaciones
sobre Políticas
Alimentarias,
Washington, DC,
E.U.

IPGRI
Instituto
Internacional
de Recursos
Fitogenéticos,
Roma, Italia

ISNAR
Servicio
Internacional
para la
Investigación
Agronómica
Nacional, La
Haya, Holanda

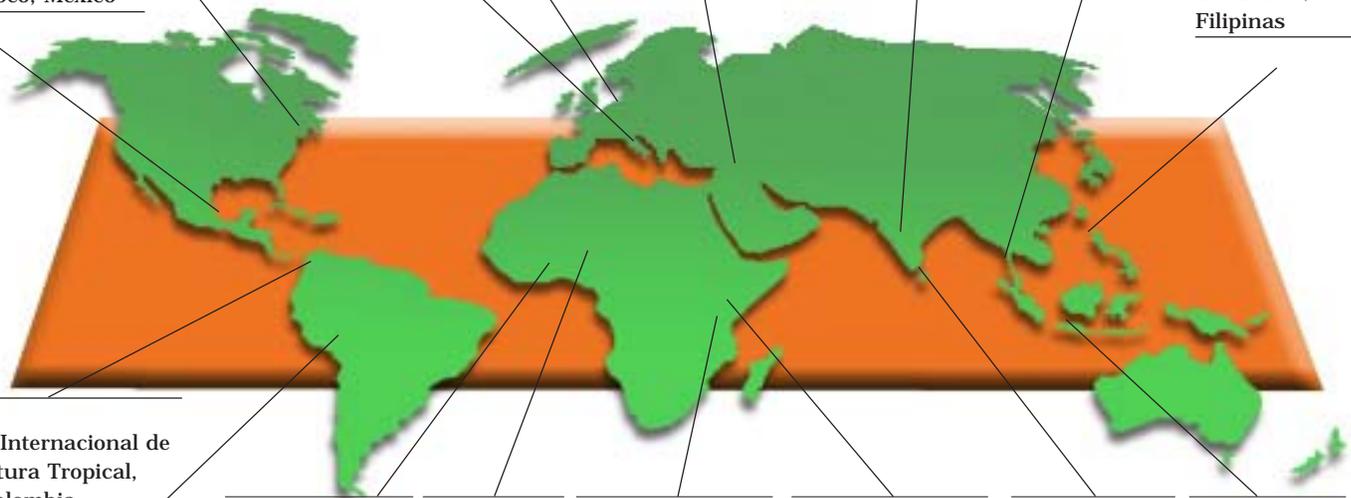
ICARDA
Centro
Internacional de
Investigaciones
Agrícolas en
Zonas Áridas,
Aleppo, Siria

ICRISAT
Instituto
Internacional de
Investigaciones
sobre Cultivos en
los Trópicos
Semiáridos,
Patancheru,
India

ICLARM
Centro
Internacional
para la
Ordenación de
los Recursos
Acuáticos Vivos,
Penang, Malasia

IRRI
Instituto
Internacional de
Investigaciones
sobre el Arroz,
Los Baños,
Filipinas

CIMMYT
Centro Internacional de
Mejoramiento de Maíz y
Trigo, Texcoco, México



CIAT
Centro Internacional de
Agricultura Tropical,
Cali, Colombia

CIP
Centro
Internacional
de la Papa,
Lima, Perú

WARDA
Asociación del
África Occidental
para el Fomento
del Arroz,
Bouaké, Costa de
Marfil

IITA
Instituto
Internacional
de
Agricultura
Tropical,
Ibadán,
Nigeria

ICRAF
Centro
Internacional para
la Investigación en
Agrosilvicultura,
Nairobi, Kenia

ILRI
Instituto
Internacional de
Investigaciones
Pecuarias, Addis
Ababa, Etiopía/
Nairobi, Kenia

IWMI
Instituto
Internacional
de Manejo de
Agua,
Colombo, Sri
Lanka

CIFOR
Centro de
Investigación
Forestal
Internacional,
Bogor,
Indonesia

Los centros de Cosecha del Futuro apoyados por el GCIAl

La fitopatóloga Valérie Verdier, del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia.





Evaluación de un pasto *Brachiaria* híbrido en la Estación Experimental Papaloapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México.

A Obtener lo Mejor del Cambio Global

Las fuerzas globales del cambio, ya sean diseñadas deliberadamente por el hombre o solamente efectos inesperados de comportamientos pasados, representan desafíos difíciles. Por ejemplo, tanto la economía mundial emergente como el recalentamiento atmosférico tendrán un fuerte impacto en la agricultura mundial. Necesitamos enfrentar estas amenazas y oportunidades con intervenciones visionarias, que se basen tanto en políticas como en tecnologías y que permitan a la población rural obtener lo mejor.

En las siguientes páginas, *CIAT en Perspectiva* presenta tres áreas de investigación que responden a los desafíos mundiales. La primera se centra en un modelo para predecir los efectos del cambio climático en la agricultura en los años venideros. La segunda incluye una campaña mundial para luchar contra otra creciente amenaza mundial para la agricultura y la salud de los agroecosistemas —la propagación de la mosca blanca. Finalmente, perfeccionamos la “germinación” comercial de un pasto híbrido, mejorado por el CIAT. Se espera que ese híbrido aumente la capacidad de los productores del trópico de competir en la economía mundial, al tiempo que desacelere la acumulación de gases de invernadero.

Los agricultores que han adoptado un nuevo pasto *Brachiaria* híbrido en el Estado de Veracruz, México, han visto un notable aumento en la producción de leche.



Agricultura de Riesgo en un Mundo más Caliente

Científicos crean nuevo método para predecir efectos del cambio climático mundial

Los científicos del CIAT y el Instituto Internacional de Investigaciones Pecuarias (ILRI) han creado un nuevo método para predecir la manera en que el cambio climático mundial afectará la agricultura tropical de aquí a 50 años o más. El análisis preliminar de un área grande de estudio en el sudeste de África indica una reducción general en los rendimientos del maíz y en la producción de pasturas para 2055. También predice mayor riesgo para los agricultores, de los cuales muchos son personas de escasos recursos que cultivan pequeñas parcelas de tierra en zonas marginales. Sin embargo, ciertas áreas pequeñas pueden realmente beneficiarse del cambio climático.

Una ventaja clave de esta innovación en el análisis agrícola, que combina tres tipos de modelación por computador, es que se puede simular el futuro crecimiento de los cultivos y el riesgo de producción para cualquier sitio de África, América Latina y Asia tropical. Los datos geográficos mínimos necesarios para que funcione el modelo integrado en un escenario específico de cultivo son la latitud y la longitud de la localidad. El método llena un gran vacío entre dos niveles geográficos de información: la

escala de paisaje en la cual los meteorólogos predicen el cambio climático y la escala agrícola en la que los agrónomos y fisiólogos especializados en cultivos examinan el desempeño de la planta.

“El estudio ha logrado una integración de los modelos de crecimiento de las plantas a nivel de procesos con modelos climáticos mundiales: la gama total de problema de escalas”, escriben Peter Jones del CIAT y Philip Thornton del ILRI, en un trabajo científico que recientemente publicaron.

Elecciones difíciles

La siembra de cultivos nunca es una apuesta segura para ningún agricultor. El recalentamiento del planeta hará que los riesgos de producción sean aun más difíciles de evaluar y de reaccionar oportunamente. La nueva técnica de modelación integrada de CIAT-ILRI brinda a los encargados de tomar decisiones relacionadas con la agricultura, una base racional para diseñar medidas que se deben adoptar para enfrentar los complejos cambios en los ambientes de cultivo.

El cambio climático plantea muchas preguntas

Según las predicciones de CIAT/ILRI, los agricultores del sudeste africano pueden esperar una reducción general de los rendimientos del maíz como resultado del cambio climático mundial. Los mapas, a la derecha, muestran una brusca disminución en la probabilidad de que el maíz produzca más de 1.5 toneladas por hectárea. Las áreas blancas indican las de mayor probabilidad y las más oscuras, menor probabilidad.



para el sector agrícola. Los gobiernos y los organismos de desarrollo necesitan información fiable sobre el impacto probable del cambio climático, no sólo a escala de la finca sino también a nivel de las diferentes regiones. De otro modo, éstos no podrán prevenir la desorganización y el conflicto social debido a la creciente competencia por una tierra productiva que escasea.

“Por 10 años, la gente me ha estado preguntando si podemos calcular los efectos del cambio climático en la agricultura”, dice Jones, un geógrafo agrícola que se especializa en analizar y manipular datos climáticos para aumentar su utilidad para los científicos. “El recalentamiento del planeta va a cambiar mucho la agricultura. Si dejamos que la situación nos coja desprevenidos, será demasiado tarde para que podamos hacer algo al respecto. Así que tenemos que conocer ciertos tipos de impacto con mucha antelación. Los científicos que trabajan con plantas, por ejemplo, deben decidir si es más importante mejorar los cultivos respecto a su tolerancia del estrés hídrico, su tolerancia del calor o su adaptación a estaciones de cultivo más cortas”.

Jones y Thornton han estado trabajando juntos en aplicaciones de datos climáticos durante muchos años. Con la ayuda de otros colegas, ellos diseñaron una herramienta de computación, MarkSim, que genera datos diarios sobre el clima, específicos para cada sitio. El ensayo comprensivo de MarkSim para diversos sitios ha demostrado ser muy fiable.

Los modelos de cultivos simulan la manera en que variedades específicas de plantas crecerán bajo

diferentes condiciones de suelo, clima y manejo de la explotación agrícola. Brindan a los agricultores e investigadores información esencial sobre los rendimientos que pueden esperar y el nivel de riesgo de producción asociado con el tiempo en un ambiente de cultivo determinado. Pero un grave obstáculo para aplicar los modelos de cultivos ha sido la escasez de datos detallados y pertinentes del tiempo en aquellos lugares precisos que los investigadores quieren analizar. MarkSim, ahora disponible en CD-ROM en el CIAT, contribuye mucho a resolver este problema. Puesto que MarkSim cumple con una norma internacional común para datos conocida como DSSAT-ICASA, sus archivos de tiempo pueden usarse para alimentar una amplia variedad de modelos de cultivos.

Superando el tiempo y la geografía

Pero Jones y Thornton tienen algo más grande en mente. Hace poco dieron con una táctica sencilla, pero potente, para extender la aplicación de MarkSim. Ya que los modelos de cambio climático mundial finalmente empezaron a mostrar concordancia entre sí, Jones y Thornton pensaron que era factible predecir los efectos del recalentamiento del planeta en la futura producción de cultivos.

Los investigadores seleccionaron un modelo de circulación general relativamente nuevo de clima mundial llamado HadCM2, que fue desarrollado por el Centro Hadley del Reino Unido. Este modelo les permitió generar valores mensuales de temperatura y precipitación para un área del sudeste africano para el período 2040-2070. Cada unidad geográfica, o celda, en la rejilla HadCM2 representa un área de aproximadamente 116,000 kilómetros cuadrados, dependiendo de la cercanía de la celda con respecto a la línea ecuatorial. Jones y Thornton ajustaron (“interpolaron”) los resultados de HadCM2 para que se acomodaran a la rejilla geográfica usada por MarkSim, que tiene una resolución mucho mayor.

A continuación, los resultados interpolados de HadCM2 se alimentaron en MarkSim, generando el valor de 30 años de archivos diarios de clima para más de 1,000 sitios. A su vez, estos archivos, junto con datos sobre el suelo y los cultivos, fueron incorporados en dos modelos de cultivos. Los investigadores fueron capaces de simular la futura producción de cultivos en sitios específicos en el área de estudio africana y comparar los resultados con los datos simulados para 1960-1990. MarkSim sirvió de enlace entre datos de diferentes escalas físicas del análisis —mundial para cambio climático y local para modelos de cultivos— así como puente entre dos



marcos de tiempo diferenciados: finales del siglo 20 y mediados del siglo 21.

“Nos sorprendieron los resultados”, recuerda Jones, al referirse a su trabajo inicial que demostró que los sistemas de modelación realmente pueden combinarse. Su estudio preliminar de cultivos se orientó hacia el maíz y las pasturas. El estudio general incluyó todo Zimbabwe y Malawi; gran parte de Tanzania, Mozambique y Zambia; y partes de Botswana y la República del Congo. HadCM2 hace un cálculo conservador de que las temperaturas promedio en esta zona tropical aumentarán de 2.5 a 3 grados centígrados durante los próximos 50 años más o menos, con aumentos leves de precipitación.

Personas que van y vienen

Los resultados del estudio indican que algunas zonas marginales de tierras bajas pueden volverse menos apropiadas para la producción de maíz, mientras que las zonas montañosas pueden beneficiarse de temperaturas nocturnas más altas y



mayor precipitación. Sin embargo, en general, una comparación de las simulaciones para 1960-1990 y 2040-2070 indica una reducción de los rendimientos promedio. Las disminuciones pronosticadas en la productividad, tanto del maíz como de las pasturas, se relacionan en parte con el hecho de que los futuros aumentos de precipitación probablemente serán compensados mediante una mayor evaporación de humedad producida por temperaturas más altas.

Con las mejoras que se le están haciendo a MarkSim, pronto será posible hacer un análisis futurista de todos los cultivos de primera necesidad sobre los cuales investigan los centros de Cosecha del Futuro. El reto es para las personas encargadas de tomar decisiones, ya que deben empezar a incorporar esta información en su planificación de investigación y desarrollo agrícolas para que los agricultores puedan hacerle frente al clima más áspero que les espera en el horizonte distante.

La Ciencia Mundial frente a la Mosca Blanca

Rápida respuesta a una situación de emergencia en el sector agrícola salva vidas en África oriental

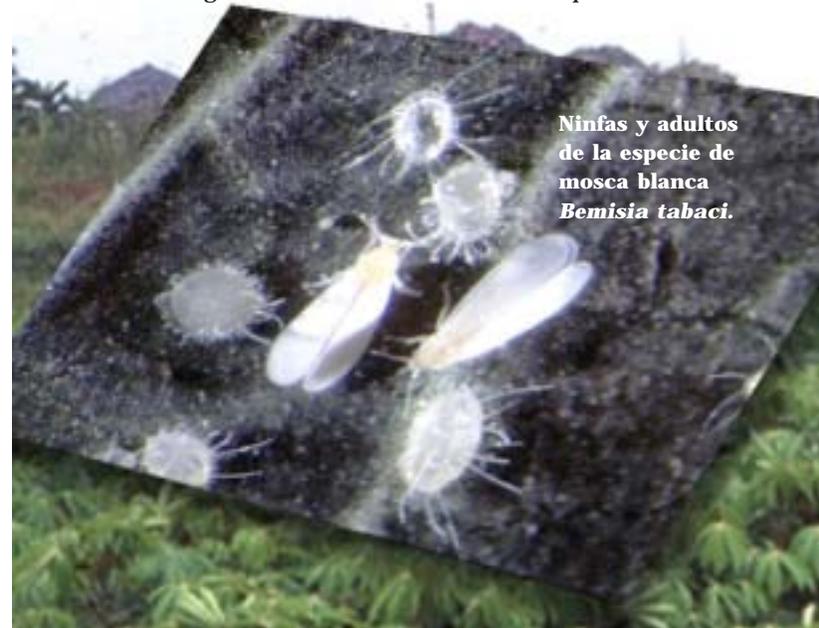
Un equipo internacional está acomodando sistemáticamente las piezas de un complejo rompecabezas biológico que afecta a todo el mundo tropical: los brotes de mosca blanca y el papel que estos diminutos insectos desempeñan en la diseminación de devastadoras enfermedades que afectan los cultivos. El problema de la mosca blanca se ha intensificado durante los últimos 12 años, amenazando directamente los medios de vida de millones de pequeños productores y, en algunos casos, sus mismas vidas.

El número total de virus y cultivos hospedantes involucrados en la transmisión de enfermedades ilustra por qué esta amenaza es tan intimidante. A escala mundial, al menos 12 de más de 1,200 especies conocidas de mosca blanca causan daño económicamente importante. La más destructora de estas especies es la mosca blanca de la batata, *Bemisia tabaci*. Esta especie, que se encuentra difundida en todo el trópico, transmite al menos 90 virus que causan enfermedad. Como si fuera poco, se reproduce en más de 50 especies de plantas. Los cultivos de valor comercial afectados

por la mosca blanca incluyen la yuca, la batata, el frijol, el tomate, el ají, la papa, la berenjena, el calabacín y el melón.

Conquista de la complejidad

“Todos sabíamos que era necesario hacer algo, pero la complejidad de estos problemas ha sido abrumadora”, dice la entomóloga del CIAT Pamela Anderson, quien



Ninfas y adultos de la especie de mosca blanca *Bemisia tabaci*.

coordina el proyecto mundial de Manejo Integrado de la Plaga Mosca Blanca bajo el Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) a nivel del Sistema del GCIAl. “Estábamos aislados y la comunicación era deficiente. Diferentes grupos de investigación estaban duplicando esfuerzos. Además, cada grupo estaba usando sus propias metodologías, lo cual significaba que no podíamos comparar resultados”.

Pero el Proyecto de MIP de la Mosca Blanca, iniciado en 1997, ha cambiado todo esto. Agrupa a expertos de los programas nacionales en 30 países; a laboratorios de investigación avanzada en Australia, Alemania, Nueva Zelanda, Reino Unido y Estados Unidos; y cinco centros internacionales de investigación: el CIAT, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), el Centro Internacional de la Papa (CIP), el Centro Asiático para la Investigación y el Desarrollo en Hortalizas (AVRDC) y el Centro Internacional de Fisiología y Ecología de Insectos (ICIPE). Su objetivo es reducir el uso de plaguicidas, mientras mejora la seguridad alimentaria y el nivel de ingresos de agricultores en África, Asia y América Latina.

El financiamiento inicial del proyecto provino de la Ayuda Danesa para el Desarrollo Internacional (Danida). A medida que se extendía el trabajo para incluir otros países y temas nuevos, otros donantes se asociaron a este esfuerzo colaborativo, incluyendo el Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR), la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), el Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio de Nueva Zelanda, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ARS) y el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID) del Reino Unido.

Respuesta a la crisis en África

Al comienzo del proyecto se hizo énfasis en la creación de una red internacional de investigación sobre la mosca blanca y en el desarrollo de un banco común de conocimientos. Pero, como dice Anderson, los

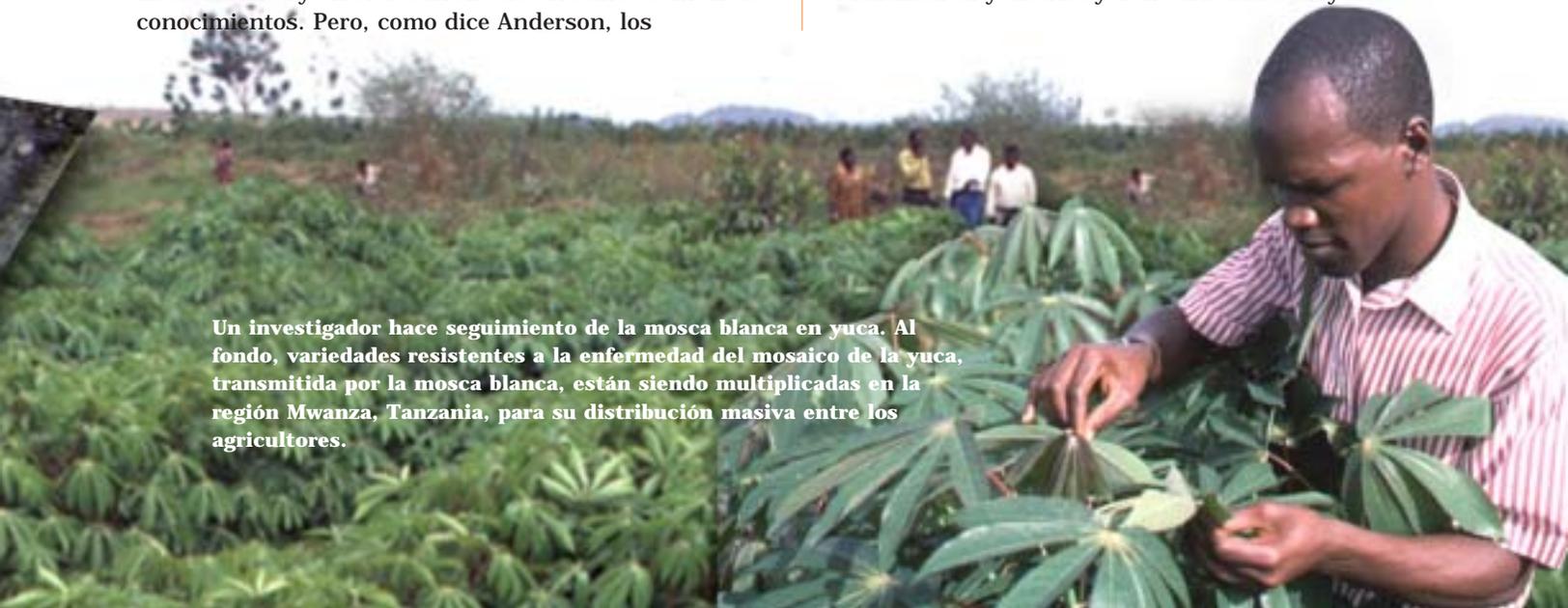
investigadores rápidamente descubrieron que el equipo tenía “una capacidad increíble de responder rápidamente frente a situaciones de emergencia”. Esa capacidad, a nivel de campo, fue claramente demostrada en la región del Lago Victoria en África oriental.

Más o menos en 1990 una forma nueva y sumamente virulenta de la enfermedad del mosaico de la yuca (CMD), transmitida por la mosca blanca, empezó a devastar los cultivos de yuca en Uganda.

De un máximo de 3.5 millones de toneladas en 1989, la producción de yuca del país descendió a 2.25 millones de toneladas en 1996. En Kenia, el próximo país en ser golpeado por el flagelo, la producción se redujo en más de dos tercios entre 1995 y 1998. Aunque los datos fiables son escasos, las pérdidas en Uganda por CMD se han calculado en US\$60 millones por año entre 1992 y 1997. Países vecinos ahora están sufriendo pérdidas similares.

Pero la crisis fue mucho más que un contratiempo económico. “Cuando otros cultivos no tuvieron éxito en períodos de escasez de lluvia o por inundaciones, los agricultores no fueron capaces de compensar las pérdidas de calorías con su cultivo alimenticio tradicional —la yuca”, afirma un comunicado de la Embajada de los Estados Unidos en Kampala, publicado en mayo de 2000. “Como resultado, la población sufrió desnutrición y algunas personas murieron”.

La Organización Nacional para la Investigación Agrícola (NARO) de Uganda comprendió rápidamente la necesidad de ayudar a afrontar el problema. Primero hizo presencia un proyecto financiado por DFID, que permitió a los científicos de NARO y otros con sede en el Reino Unido, determinar la forma en que se estaba dispersando la epidemia. Para ofrecer a los agricultores una solución, los investigadores identificaron y distribuyeron variedades de yuca

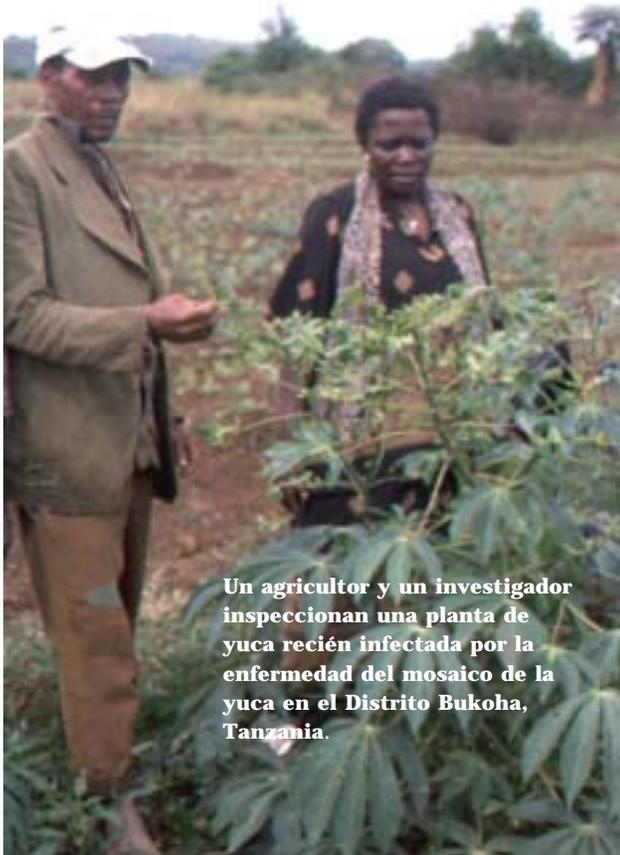


Un investigador hace seguimiento de la mosca blanca en yuca. Al fondo, variedades resistentes a la enfermedad del mosaico de la yuca, transmitida por la mosca blanca, están siendo multiplicadas en la región Mwanza, Tanzania, para su distribución masiva entre los agricultores.

resistentes a CMD en las regiones afectadas, con el apoyo de la Fundación de Caridad Gatsby, USAID y el gobierno ugandés. Estas variedades habían sido desarrolladas a lo largo de años de minuciosa investigación por mejoradores de yuca del IITA, en Nigeria.

El equipo del Proyecto de la Mosca Blanca pronto vio la necesidad de desarrollar una estrategia regional para afrontar la epidemia. En 1998 ya se estaba difundiendo hacia el sur, en un avance tipo tenaza, hacia abajo hasta las orillas este (keniano) y oeste (tanzaniano) del Lago Victoria. En un programa de emergencia liderado por IITA y financiado por USAID, los científicos rastrearon la epidemia e identificaron áreas recién afectadas y bajo amenaza inmediata. Tanto en las zonas afectadas como en sitios estratégicos ubicados delante de la “línea de avance” de la epidemia, rápidamente se multiplicaron variedades resistentes a CMD.

Dos de los socios colaboradores del proyecto de MIP de la Mosca Blanca —el Instituto para la Investigación y el Desarrollo Agrícolas de la Zona de Lago, de Tanzania, y el Instituto de Investigación Agrícola, de Kenia— iniciaron esfuerzos, cada uno por su cuenta, para resolver el problema en sus países respectivos. También aunaron esfuerzos con IITA, NARO y otros que trabajaban en yuca para establecer una red regional que podría hacer seguimiento de los avances y planear estrategias futuras para controlar la pandemia de CMD y fortalecer, por tanto, la seguridad alimentaria



Un agricultor y un investigador inspeccionan una planta de yuca recién infectada por la enfermedad del mosaico de la yuca en el Distrito Bukoha, Tanzania.

regional.

En Uganda, los resultados fueron espectaculares. Entre un cuarto y la mitad del área total sembrada con yuca, ahora está sembrada con nuevas variedades resistentes a CMD y se ha restaurado la producción nacional de yuca. Un estudio de impacto realizado por el IITA calculó la tasa interna de retorno a la inversión de USAID en I&D en yuca para Uganda en un notable 167 por ciento.

El equipo de MIP de la Mosca Blanca, integrado por múltiples socios colaboradores, está repitiendo estos logros en sus vecinos, Kenia y Tanzania. Con miles de hectáreas ya sembradas con yuca nueva, parece estar asegurado el éxito.

Trabajo pionero

Los equipos del Proyecto de la Mosca Blanca se han organizado para examinar tres formas básicas en que la mosca blanca amenaza la agricultura tropical: como portador de virus en sistemas de cultivo mixto, como portador de virus y plagas directas en áreas productoras de yuca y como plaga directa en sistemas de explotación agrícola en las tierras altas del trópico.

Ya se están usando los resultados de este trabajo para diseñar métodos de control de plagas que sean ambientalmente seguros.

Los equipos del proyecto también han logrado avances importantes en la determinación de la distribución y la importancia de diversas especies de mosca blanca. Hasta la fecha, los resultados han dado varias sorpresas. Por ejemplo, anteriormente se pensaba que la mosca blanca *Bemisia* solamente se presentaba en elevaciones por debajo de 1,000 metros y *Trialeurodes* solamente por encima de ese nivel. Pero los investigadores del CIAT, en Colombia y Ecuador, probaron que hay poblaciones mixtas de estos dos grupos en altitudes intermedias.

Una línea prometedora de investigación es la resistencia natural a la mosca blanca que el CIAT ha identificado, en trabajos previos de vanguardia. Los científicos están usando marcadores moleculares para señalar los genes responsables de esta fuente única de resistencia como ayuda para los mejoradores de yuca. La meta es combinar, o ‘piramidar’ la resistencia a la mosca blanca con la resistencia a virus —tanto en yuca africana como en yuca sudamericana.

Producción Pecuaria Sostenible para México y más Allá

Nuevos forrajes ayudan a pequeños agricultores a competir en mercado mundial

El sudeste de México se encuentra sumido en una revolución rural, y el CIAT está ayudando a proveer las municiones. Mas la revuelta no se relaciona con la política. Tampoco involucra militantes enmascarados que avanzan hacia la Ciudad de México. Los soldados de esta revolución son muy peculiares, pues son técnicos agrícolas ambulantes, a quienes se les identifica por sus cachuchas de béisbol blancas adornadas con una mariposa verde, y porque, en vez de armas, llevan bolsas con semilla de pasto. Su campaña busca fortalecer a las comunidades rurales de escasos recursos —y lograr una ganancia razonable en el proceso.

Esta revolución “sin armas” tiene que ver con la producción de leche y carne en forma ambientalmente segura y económicamente sólida, con base en forrajes tropicales muy productivos. La última adición a este arsenal genético es el primer híbrido comercial de pasto *Brachiaria* del mundo, CIAT 36061. El híbrido se está comercializando bajo el nombre varietal de Mulato, por una nueva y dinámica empresa mexicana llamada Papalotla, que significa “mariposa” en la lengua indígena nahuatl.

Completando el recorrido de I&D

Basado en tres especies de origen africano, Mulato y otros nuevos híbridos de *Brachiaria* son el resultado de más de una década de actividades de fitomejoramiento realizadas por científicos del CIAT, cuyo trabajo en forrajes tropicales es apoyado principalmente por los gobiernos colombiano y japonés. Mulato fue liberado por primera vez por

Papalotla en el año 2000 para una demostración, pero ahora la compañía está avanzando hacia la producción y el mercadeo de semillas en gran escala en México. Bajo un convenio con el CIAT, Papalotla tiene derechos exclusivos de producir y vender semilla de Mulato a escala mundial. El CIAT recibirá fondos para apoyar el mejoramiento de *Brachiaria* más una pequeña regalía por ventas.

Papalotla es solamente uno de los integrantes de una red de investigación, producción y mercadeo. Trabaja con Nestlé México, uno de los principales compradores y procesadores de leche fresca, y está en contacto regular con investigadores del CIAT y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Papalotla brinda a los agricultores semilla de especies forrajeras y asesoría técnica durante todo el ciclo de producción de pastos y ganado. Por su parte, Nestlé compra leche a los grupos de agricultores que participan en el proyecto y les otorga crédito para cubrir los costos de los tanques de enfriamiento instalados en puntos de recolección en zonas rurales de todo el país. Las ganancias obtenidas por Papalotla provienen de 20 pagos de semilla por cada agricultor, los cuales se deducen de los ingresos obtenidos por la venta de leche.

Por lo tanto, este arreglo entre múltiples socios completa el ciclo de investigación-a-desarrollo. Además, el riesgo financiero para los agricultores es bajo, ya que el plan de pago del crédito está directamente vinculado con la producción de leche.

Fuera de África



El ganadero mexicano Miguel Cruz (a la derecha) discute el desempeño de Mulato, una nueva variedad híbrida de pasto *Brachiaria*, con Anilú López y Alejandro Bravo, de Semillas Papalotla.

De las 100 ó más especies de pasto *Brachiaria* encontradas en el trópico, cerca de dos tercios provienen de África. Se piensa que varias especies llegaron a América Latina dentro de las camas de heno usadas en los barcos de esclavos. Una vez en el Nuevo Mundo, el pasto *Brachiaria* se adaptó, prosperó y se propagó rápidamente.

“Es sorprendente la forma en que *Brachiaria* ha sido naturalizado en América tropical a pesar de los suelos ácidos”, dice John Miles, mejorador de forrajes del CIAT, cuyo trabajo dio origen a Mulato, una especie perenne que crece vigorosamente. Los rendimientos de Mulato superan los de otros cultivares de *Brachiaria* en cerca del 25 por ciento. Y, en comparación con muchas otras gramíneas forrajeras, tiene una fuerte tendencia de emitir rastreras, o estolones, cuyas yemas forman nuevas plantas que rápidamente cubren y protegen el suelo. Los principales beneficios para el ganado bovino están representados en su alto contenido proteínico (de 12 a 16 por ciento) y digestibilidad (de 55 a 62 por ciento).

Los experimentos del CIAT muestran que las vacas alimentadas con Mulato producen cerca de 2 litros más de leche por día que las que pastan variedades comerciales no híbridas de *Brachiaria*.

Desayuno de campeones

Miguel Cruz, de 63 años de edad, es un agricultor que durante más de 45 años ha trabajado la tierra en el Estado de Veracruz —inicialmente como un joven cortador de caña de azúcar, sin tierras, con la ambición de tener algún día su propia finca. Con el programa mexicano de reforma agraria, pudo cumplir ese sueño. Tras varios años de cultivar frijol, ají y maíz, ensayó con la producción de ganado.

Hace 9 años, Cruz empezó a resembrar su tierra con forrajes de alta calidad, incluyendo una popular variedad no híbrida de *Brachiaria* llamada Basilisk (*Brachiaria decumbens*). Recientemente dio un paso más allá y sembró una hectárea de Mulato, utilizando la semilla de demostración proporcionada por Papalotla. Su experiencia muestra una notable tendencia de aumento en la producción de leche. Con las viejas pasturas de gramíneas nativas solía obtener sólo 3 litros de leche por vaca cada día. En sus ensayos con Mulato, la producción promedio dio un salto a un poco más de 5.6 litros al día.

En el pasado, dice Cruz, la vaca que produjera 5 litros de leche se la consideraba “campeona”. Ahora, la mayoría de sus vacas lecheras, si no todas, son campeonas. Siguiendo las recomendaciones de

Papalotla, Cruz está haciendo planes para resembrar varias hectáreas de pasturas viejas con el nuevo híbrido.

Éxito en el mercado mundial

Los ingresos de miles de agricultores mexicanos como Miguel Cruz cada vez se ven más afectados por la economía del comercio internacional. Por ejemplo, con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, muchos cultivadores mexicanos de maíz, un alimento básico tradicional, ya no pueden competir con sus contrapartes de la Zona Maicera altamente eficiente de los Estados Unidos. Recientemente, los precios de la piña han descendido dramáticamente en la medida en que van llegando vastas importaciones de este producto de Tailandia, a un precio más bajo. Esta situación ha sido un duro golpe para la producción de estos cultivos en el sudeste mexicano, y muchos agricultores están convirtiendo sus tierras a pasturas.

“Existe un enorme mercado mundial para la leche”, dice Federico Holmann, especialista en ciencias pecuarias del CIAT. “México es el mayor importador de leche en polvo del mundo”. Por tanto, el cambio a la producción de leche y carne constituye una alternativa atractiva. Pero dado el bajo precio de la leche en el actual mercado internacional, debido en parte a los altos subsidios concedidos a los agricultores de la Unión Europea, la producción debe ser más eficaz.

“Allí es donde los nuevos híbridos productivos como Mulato pueden ayudar”, dice Holmann. “Ellos ofrecen a los pequeños ganaderos, en México y en otros lugares del trópico, una oportunidad no sólo de



sobrevivir sino también de tener éxito en el mercado mundial de hoy, que es sumamente competitivo”.

Agroecosistemas más saludables

Aunque el arroz, el trigo y el maíz son los principales cultivos alimenticios para la población en el mundo, esa distinción invalida la capacidad de penetración del ganado bovino y otros tipos de ganado en el panorama global. El ganado ocupa 3.4 mil millones de hectáreas de tierra de pastoreo, y se ocupa cerca de un cuarto de la superficie cultivada para producir alimento para animales. Todo junto muestra que más de dos tercios de la superficie terrestre del planeta están dedicados a la producción pecuaria.

Durante mucho tiempo los economistas, especialistas en alimentos, han pronosticado que la demanda mundial de productos de origen animal aumentará súbitamente en el siglo XXI. Las actuales tendencias indican, por ejemplo, que, para 2020, la demanda anual de carne en el mundo en desarrollo aumentará de las actuales 206 millones de toneladas hasta 275 millones de toneladas, y quizás hasta más de 300 millones de toneladas.

¿Cómo pueden los agricultores satisfacer esta creciente demanda, mientras protegen el medio ambiente? El uso de pasto *Brachiaria* híbrido, como Mulato, y de leguminosas

forrajeras tropicales ofrece a los ganaderos del trópico una manera de impulsar la producción, con mejoras a largo plazo en la salud del agroecosistema. Por esto, los investigadores del CIAT se refieren a los forrajes tropicales como un recurso genético “multipropósito”. Estos forrajes son elementos clave del capital biológico que los agricultores necesitan para desarrollar medios de vida sostenibles en zonas rurales.

En primer lugar, los hábitos de crecimiento de estas gramíneas africanas, que se han adaptado durante siglos a la presencia de grandes mamíferos en pastoreo, contribuyen a crear una espesa cobertura vegetal del suelo. Las plantas resisten el pisoteo y el pastoreo intensivo, suprimen las malezas y ayudan a retener la humedad y fertilidad del suelo.

“Las nuevas gramíneas proporcionan una potente herramienta biológica para la rehabilitación de pasturas”, dice Carlos Lascano, líder del proyecto de forrajes tropicales del CIAT, “especialmente cuando se combinan con leguminosas que mejoran la fertilidad”.

Un segundo factor es el potencial que tienen los pastos mejorados de *Brachiaria* para desacelerar el recalentamiento del planeta —un servicio ambiental que beneficia a todo el mundo. Los pastos *Brachiaria*, incluyendo híbridos nuevos, son potentes “vertederos de carbón”, que captan y secuestran vastas cantidades de dióxido de carbono que de otro modo se reciclaría a la atmósfera.

El tercer factor, y quizás el más importante, es que los mayores rendimientos de estas gramíneas forrajeras, junto con la resistencia al salivazo, la tolerancia a suelos ácidos y el buen contenido proteínico y digestibilidad, hacen posible la intensificación agrícola, aún en tierras de baja fertilidad. Los aumentos resultantes en producción y en eficiencia de producción para agricultores, tanto pequeños como grandes, deben traducirse en precios más bajos para el consumidor de productos lácteos y productos derivados de la carne.

Con forrajes mejorados, dice Eduardo Stern de Papalotla, “usted necesita menos tierra para producir más. Así se alivia la presión ejercida sobre la selva. Con el tiempo, estas alternativas permitirán a las personas producir de manera sostenible en una economía mundial abierta y de forma competitiva con los países industrializados”.

Ganaderos mexicanos en el Estado de Veracruz.



El Camino para Generar Impacto

La evaluación de impacto ayuda a instituciones como el CIAT a ver dónde están, hacia dónde van, y qué está sucediendo en el entorno. La investigación agrícola, a menudo, abarca largos períodos de tiempo y territorio científico inexplorado. Tener una visión de 360 grados es, por consiguiente, esencial para una buena planificación. Esta sección ofrece un informe actualizado de esfuerzos seleccionados para evaluar el impacto real y potencial de nuestra investigación.

Variedades que dejan huella

Un estudio reciente del impacto de la investigación en mejoramiento de cultivos del CIAT, que abarcó las últimas tres décadas, calcula que los beneficios acumulativos de las variedades que se relacionan con el Centro ascienden a casi US\$8.7 mil millones (dólares de 1990).

Los economistas del CIAT, Nancy Johnson y Douglas Pachico, examinaron los cuatro cultivos que son mandato del Centro: arroz, frijol, yuca y forrajes tropicales. Para su análisis, definieron variedades relacionadas con el CIAT como “material genético del banco de germoplasma del Centro, cruzamientos hechos por el CIAT y cruzamientos hechos por programas nacionales de investigación con progenitores del CIAT o los padres de estos progenitores.

El estudio retrospectivo señala que el CIAT ha contribuido al desarrollo y a la liberación de más de 700 variedades mejoradas de estos cultivos. Cerca de 50 países se han beneficiado del germoplasma. A escala mundial, los beneficios más grandes provinieron de una mayor producción de arroz (US\$5.5 mil millones), seguido de forrajes (US\$1.4 mil millones), frijol (US\$1.3 mil millones) y yuca (US\$514 millones).

El área sembrada con variedades relacionadas con el CIAT también dice mucho acerca de esta historia exitosa de investigación. En Tailandia, por ejemplo, a partir de 1997, más de la mitad del área productora de yuca se sembró con variedades relacionadas con el CIAT. Y, en América Latina, las variedades de frijol relacionadas con el CIAT representaban el 49 por ciento del área sembrada con frijol en 1998. Brasil presentaba casi 1.7 millones de hectáreas en 1997, lo cual representaba el 50 por ciento del área total de frijol.



Evaluación de yuca mejorada en Tailandia.



Pasto *Brachiaria* híbrido en un campo de producción de semillas Papalotla, en el Estado de Chiapas, México.

Las variedades de arroz relacionadas con el CIAT son también una de las principales características del panorama rural de América Latina. En 1997 ocuparon 94 por ciento de las plantaciones de arroz del Brasil, o sea, un poco más de 1.4 millones de hectáreas. Las cifras para Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Venezuela —también grandes productores de arroz— fueron igualmente altas —en cada caso, más del 70 por ciento del área plantada.

La proporción de tierra de pastoreo cubierta por forrajes relacionados con el CIAT es aún bastante reducida, en parte porque se distribuyeron y adoptaron materiales selectos un poco después que variedades de arroz, frijol y yuca mejorados. No obstante, el área total de pastos mejorados en América Latina es notable. Solamente en Brasil se calcula que más de 5 millones de hectáreas están sembradas con cultivares de forraje relacionados con el CIAT.

Mirada al futuro

Un segundo estudio realizado por el CIAT durante el 2000 miró hacia el futuro, e hizo proyecciones de los potenciales beneficios económicos de difundir tecnología para sistemas agropastoriles en las sabanas sudamericanas.

En años recientes, los agricultores han mostrado un interés en la necesidad de contrarrestar la degradación generalizada de las praderas y la disminución de los rendimientos de arroz. Una serie de soluciones promovidas por el CIAT consiste en integrar la siembra de cultivos con la ganadería a base de gramíneas y

Frijol mejorado en el Departamento de Yoro, Honduras.



leguminosas forrajeras mejoradas, éstas últimas con la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo. En efecto, ya está en marcha una línea de trabajo en este sentido en este vasto ecosistema, que cubre 243 millones de hectáreas en Brasil, Venezuela, Colombia y Bolivia.

El análisis de costo-beneficio realizado por el CIAT concluye que un sistema de rotación de producción de arroz y pasturas mejoradas generaría beneficios económicos sustancialmente mayores que el monocultivo del arroz o la ganadería convencional, ya sea en pasturas mejoradas o en pasturas nativas. Según el economista del CIAT Albert Gierend, quien realizó el estudio, en 30 años este sistema agropastoril proporcionaría beneficios totales calculados en casi US\$40 mil millones en los cuatro países con sabanas.

Beneficios de regalías por germoplasma

Cada vez más, los países en desarrollo exigen una compensación por proporcionar gran parte del material genético nuevo utilizado en actividades modernas de fitomejoramiento: las variedades de cultivo sembradas por los agricultores y sus parientes silvestres. La Convención de Río sobre Diversidad Biológica es un mecanismo internacional que reconoce la legitimidad de estos reclamos al

En la finca de la familia Jiménez, en el Estado de Quintana Roo, México.

declarar que los recursos fitogenéticos son propiedad del país de origen.

Un estudio reciente del CIAT hizo proyecciones sobre los costos financieros y los beneficios de introducir un sistema mundial de pago de regalías por la venta de semilla de especies cultivadas. Se usó el frijol común como ejemplo en este ejercicio de modelación. Se calcularon el nivel de ingresos y los pagos, de tal manera que se podían hacer comparaciones entre regiones del mundo y entre países latinoamericanos seleccionados —para determinar quién ganaría y quién perdería.

El estudio, realizado por el economista Douglas Pachico, quién lidera la Unidad de Evaluación de Impacto del CIAT, hace dos suposiciones clave: Primero, que la regalía está fijada en un generoso 10 por ciento del precio de semilla. Segundo, que las regalías están divididas entre los países, según la contribución genética que cada país hace al acervo mundial de genes del frijol, a partir del cual se mejoran las variedades comerciales y luego se comercializan como semilla.

Tal como se esperaba, las proyecciones muestran que el esquema de regalías favorecería a los países más pobres del sur, en conjunto. El bloque de países del norte, más pudientes, tendría que hacer pagos netos.

Pero el estudio también indica que habría grandes desajustes entre países y entre regiones. Por ejemplo, Perú y México, que poseen muchas líneas locales de frijol y ancestros silvestres, tendrían, cada uno, un ingreso anual neto de US\$13 millones. En contraste, Brasil, uno de los principales países productores de frijol, pero que no es fuente de diversidad genética de este cultivo, tendría una cuenta anual neta de US\$17.5 millones. África, al sur del Sahara, también una de las principales regiones productoras de frijol, tendría que hacer pagos netos de US\$12 millones, más que Europa y América del Norte juntos.

El estudio concluye que, a pesar de las diferencias nacionales y regionales, un sistema de regalías basado en la tenencia del germoplasma “podría ser de interés común si sirve para ofrecer mejores incentivos para la conservación de la diversidad genética”. Y, si dicho sistema también puede promover aún más el intercambio, desarrollo y uso de germoplasma, tendría el efecto benéfico de impulsar la productividad de frijol.



Azadones y pies de mujeres indígenas cerca de Mitú, departamento de Vaupés, en la Amazonía colombiana.

Logros Notables de Investigación y Desarrollo

A salvar el maní silvestre

En una novedosa aplicación de una herramienta informática del CIAT llamada FloraMap, los investigadores han proyectado la manera en que el cambio climático futuro probablemente afectaría la distribución del maní silvestre en su región de mayor diversidad genética, América del Sur. El sondeo señala un futuro precario para la mayoría de las 18 especies analizadas.

Los resultados tienen grandes implicaciones para los esfuerzos que se están haciendo para proteger el maní silvestre en sus hábitat naturales y, por ende, para la futura disponibilidad de genes silvestres para programas de fitomejoramiento. El maní silvestre posee una resistencia importante a enfermedades y otros rasgos útiles que los mejoradores podrían transferir a sus parientes cultivados más susceptibles.

Cuando se trata de la migración a nuevos nichos ecológicos, el maní silvestre (que comprende 68 especies conocidas del género *Arachis*) es, de sobremanera, lento. En contraposición a las plantas cuyas semillas son esparcidas por el viento, la lluvia y las aves, la propagación del maní silvestre no lo desplaza más de 1 metro por año. La principal razón se debe a que su fruto crece en forma subterránea. Este comportamiento reproductivo bastante sedentario lo hace sumamente vulnerable al cambio climático. Si no puede adaptarse mediante el desplazamiento, entonces enfrenta la extinción.

El equipo de investigación, compuesto de científicos del CIAT y del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), obtuvo información sobre temperatura y precipitación para América del Sur, generada por un modelo de cambio climático llamado HADGCM. Estos datos —que fueron cálculos hechos para el periodo 1961-1990 y pronósticos para 2041-2070— se proyectaron utilizando FloraMap, junto con las coordenadas geográficas de los sitios donde se habían recolectado anteriormente los especímenes de las 18 especies silvestres.

Un patrón clave que buscaba el equipo consistía en superponer distribución y zonas climáticas donde las especies de maní silvestre crecían potencialmente a finales del siglo 20 y que, probablemente, seguirían sobreviviendo a mediados del siglo 21. Para tres de las 18 especies, las superposiciones fueron significativas, lo que sugiere que sus perspectivas de supervivencia son altas. En cuatro casos, el modelo

Dos muestras de maní procedentes de Bolivia, donde se cree que éste tiene su origen. A la izquierda, maní cultivado (*Arachis hypogaea*) junto con el fruto de la especie de maní silvestre *A. williamsii*.



pronosticó reducciones significativas en distribución y en la fragmentación de esta distribución. El resultado realmente preocupante fue para cada una de las 11 especies restantes, para las que no había ninguna superposición. Sin intervención humana, estas especies probablemente se extinguirán.

Aparte del cambio climático, los hábitat de maní silvestre también se ven amenazados por la intervención humana y por el desarrollo industrial. Por ejemplo, en el sudeste de Bolivia, que se considera el centro de origen del maní cultivado, la construcción de un gasoducto a través de una zona de tierra virgen probablemente vendrá acompañada por una invasión de agricultores y de ganado. El ganado bovino, en especial, representa un alto riesgo, ya que muestra una gran preferencia por el maní silvestre y tiende a erradicarlo mediante el pastoreo.

Cuando David Williams, un experto en maní silvestre que trabaja con el IPGRI, fue informado acerca del proyecto del gasoducto, él y sus colegas empezaron a planear una expedición de rescate junto con científicos bolivianos para recolectar especies silvestres.

Pero lamentablemente, una compleja controversia surgió recientemente en Bolivia sobre la compensación por el daño ambiental debido a la construcción del gasoducto. Los grupos locales, al oír noticias sobre la misión de recolección de maní que se planeaba, la percibieron como otro asalto al medio ambiente, en vez de una medida de protección como fue concebida. En medio de este candente ambiente político, el equipo internacional no ha podido obtener un permiso para hacer la recolección.

Aun así, una ONG boliviana, Fundación Amigos de la Naturaleza, está usando los resultados de modelación para planificar la conservación de parientes de maní silvestre, así como de otros cultivos. Estos resultados deben proporcionar a los encargados de tomar decisiones en Bolivia, nuevas pruebas irrefutables de la importancia de conservar recursos fitogenéticos que son mundialmente importantes.

Fortificación del frijol y de la yuca

Después de varias décadas de aumento exitoso de los rendimientos de cultivos, los fitomejoradores en todo el mundo están dirigiendo sus capacidades hacia una creciente e importante amenaza para la salud humana a escala mundial: la deficiencia de micronutrientes en la dieta humana. En el CIAT, los investigadores están estudiando los contenidos de hierro y cinc del frijol común y el contenido de beta-caroteno (precursor de la vitamina A) de la yuca. La fortificación de estos dos cultivos con micronutrientes esenciales mediante fitomejoramiento se vislumbra como una manera eficaz de mejorar la salud de un elevado número de personas de escasos recursos, a un costo bajo.

El trabajo que hace el CIAT en este sentido forma parte de un estudio colaborativo, financiado por la Ayuda Danesa para el Desarrollo Internacional (Danida) y que incluye cuatro centros de Cosecha del Futuro. Con base en los resultados prometedores obtenidos hasta el momento, los investigadores planean involucrar a otros cuatro centros. El nuevo proyecto reunirá a los especialistas en fitomejoramiento, genómica, nutrición humana y políticas alimentarias para desarrollar nuevas variedades que ayudarán a combatir las deficiencias de micronutrientes entre las personas más pobres de los



Científicos del CIAT y del IPGRI predicen que el cambio climático global reducirá dramáticamente la riqueza de especies de maní silvestre en América del Sur, la región que presenta mayor diversidad genética.

tropicos. El CIAT coordinará las actividades de fitomejoramiento de los siete centros, mientras que el Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimentarias (IFPRI) coordinará el trabajo sobre nutrición y política.

Altos contenidos de hierro y cinc en frijol

“Las deficiencias de nutrientes menoscaban la salud, el vigor, la inteligencia y las capacidades productivas de la gente de escasos recursos”, dice Steve Beebe, mejorador de frijol del CIAT. La anemia por deficiencia de hierro afecta a casi 2 mil millones de personas en todo el mundo.

Beebe y sus colegas han analizado la colección central de frijol del CIAT —más de 1,000 muestras que cubren diversas clases de frijol común. El objetivo es lograr una mejor idea de la base genética y la variabilidad del contenido de micronutrientes. Los resultados indican que la cantidad de hierro difiere notablemente dentro y entre los tipos de frijol, con un promedio de 55 partes por millón (ppm). El cinc sigue un patrón similar, con un promedio de 35 ppm.

Los resultados de los experimentos preliminares revelan varios patrones y características que favorecen el éxito de una estrategia de fitomejoramiento del frijol y que apuntan a los investigadores en la dirección correcta:

- Las concentraciones de hierro, cinc y otros minerales en el frijol parecen estar genéticamente correlacionadas. Entonces, la selección por alto contenido de hierro,

automáticamente proporcionaría, por ejemplo, mayor contenido de cinc —un beneficio agregado a las semillas de frijol.

- Se puede esperar que el frijol seleccionado por alto contenido de micronutrientes minerales retenga ese rasgo en diferentes ambientes de crecimiento. Este es un buen presagio para las nuevas variedades fortificadas que tienen un impacto geográfico amplio.
- Es poco probable que el contenido mineral entre en conflicto con rasgos preferidos por los consumidores, como tamaño y color del grano, ya que la fortificación del cultivo en su contenido de micronutrientes sería invisible.

El punto de partida, dice Beebe, es que parece existir suficiente variabilidad genética en el frijol común para permitir a los fitomejoradores mejorar su contenido de hierro hasta en un 80 por ciento, y su contenido de cinc hasta en un 40 por ciento. Ahora, el reto es incorporar los genes necesarios en los tipos de frijol que interesan a los agricultores, sin perder rasgos valiosos como alto rendimiento y tolerancia de la sequía. Hacia este fin, los científicos de frijol del CIAT están identificando los marcadores moleculares vinculados a media docena o más de genes responsables de alto contenido mineral.

Yuca rica en caroteno

En todo el mundo, entre 140 millones y 250 millones de niños menores de 5 años sufren de deficiencia de vitamina A. Al igual que la deficiencia de hierro, ésta tiende a debilitar el sistema inmunitario. Y, en los casos severos, causa ceguera irreversible.

Clasificación de semilla de frijol en un mercado en Kampala, Uganda.



Las raíces de yuca con alto contenido de beta-caroteno (precursor de la vitamina A) tienen un matiz anaranjado amarillo.

Las hojas y, en menor grado, las raíces de algunas variedades de yuca contienen concentraciones importantes de beta-caroteno (vitamina A) y de ácido ascórbico (vitamina C).

El doble beneficio del beta-caroteno en la raíz, junto con el hecho de que el procesamiento de las raíces antes de su consumo tiende a hacer que su vitamina C sea inestable, ha llevado al CIAT a enfocarse en el mejoramiento del contenido de beta-caroteno de la raíz. Sin embargo, uno de los principales problemas relacionados con los consumidores que hay que resolver es que las raíces ricas en caroteno tienden a tener un color amarillento o anaranjado amarillento. Mientras que en algunas partes de África a las personas les gusta este matiz de yuca, en la mayoría de los países generalmente se prefieren raíces blancas.

Hernán Ceballos, líder del proyecto de yuca del CIAT, indica que se están siguiendo varias estrategias simultáneamente para mejorar el contenido de vitamina A de la yuca.

En primer lugar, se están cruzando variedades de yuca amarilla de América Latina con variedades africanas resistentes a la enfermedad del mosaico de la yuca, una de las principales amenazas de este cultivo en África. El germoplasma resultante puede distribuirse luego en las zonas donde se prefieren raíces amarillas. Esta investigación se está llevando a cabo con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), con sede en Nigeria.

En segundo lugar, los investigadores están tratando de romper el ligamiento genético entre el color amarillo de la raíz y el alto contenido de beta-caroteno, lo cual incluye el cruzamiento de variedades de yuca con raíces de color blanco y amarillo y luego la selección de progenie con raíces de color menos amarillento pero con buen contenido de beta-caroteno.

La tercera estrategia, que es a más largo plazo, incluye la transformación genética —“cortar y pegar”, como lo llama Ceballos. Los científicos del CIAT usarán marcadores moleculares para especificar los pocos genes que actúan juntos para producir buen contenido de beta-caroteno en las raíces. Luego, estos genes se clonarán, se harán paquetes biológicos y se transferirán a variedades que son apetecidas por los agricultores y por los consumidores.

Bioseguridad: Avances con cautela

Como operador de uno de los principales programas de biotecnología agrícola, el CIAT observa las normas más altas de bioseguridad. El cumplimiento estricto

evita introducir accidentalmente organismos genéticamente modificados (OGM) experimentales en el ambiente natural de Colombia, nuestro país anfitrión.

Hoy día, hay mucho debate público —y confusión— sobre OGM, a saber, organismos que han tenido genes extraños insertados en su ADN mediante la ingeniería genética. Una inquietud clave es que las plantas genéticamente modificadas pueden reproducirse entre sí, con la misma especie o una especie similar o con parientes silvestres —un proceso conocido como flujo de genes— transfiriendo, de ese modo, genes extraños y perturbando el ecosistema. El flujo de genes, un proceso que ocurre naturalmente, ha sido una parte importante de la evolución de cultivos. Entonces, la preocupación no es acerca del flujo de genes en sí, sino acerca de las posibles consecuencias de introducir genes que no están presentes en el genoma de una especie dada.

El CIAT ha estado experimentando con métodos transgénicos desde principios de los años 90. Considera la tecnología como una manera de superar las dificultades inherentes al mejoramiento convencional de cultivos sembrados por agricultores de escasos recursos. “Buscamos el método más práctico y seguro para mejorar los cultivos”, dice Aart van Schoonhoven, director de investigación en recursos genéticos del CIAT. La transgenia, agrega Schoonhoven, es solamente una de varias opciones



Ensayo de líneas resistentes al virus de la hoja blanca del arroz en parcelas bioseguras en la sede del CIAT en Colombia.

para acelerar la difusión de germoplasma de alta calidad entre los agricultores.

El Comité de Bioseguridad del CIAT ha estado en operación desde 1991, en estrecha colaboración con el gobierno colombiano.

El Centro también investiga sobre temas de bioseguridad. En 2000, el Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económico (BMZ) de Alemania aprobó un proyecto colaborativo para evaluar el flujo potencial de genes en dos cultivos, frijol y arroz.

El trabajo sobre transferencia de genes en el CIAT ha avanzado en forma continua durante la última década, siendo la investigación en arroz la más avanzada.

El arroz transgénico experimental más avanzado fue desarrollado con el apoyo de la Fundación Rockefeller a finales de los años 90. Es resistente al virus de la hoja blanca del arroz (RHBV) que es altamente destructivo y uno de los principales problemas que se presentan en las plantaciones de arroz en América Latina. El gene extraño proviene del virus mismo. El desarrollo de una resistencia duradera a esta enfermedad ha sido un objetivo clave de la investigación que hace el Centro.

Una vez que se desarrolló el arroz transgénico en



condiciones seguras de laboratorio y se probó, más recientemente, en condiciones controladas de invernadero, el próximo paso fue realizar ensayos en campo abierto. En 2000, el CIAT recibió aprobación de la Comisión Nacional de Bioseguridad de Colombia para hacerlo. El registro formal con esta Comisión nos permite también generar e importar plantas transgénicas para el desarrollo de germoplasma adicional. Desde entonces, el arroz transgénico ha avanzado desde el invernadero hasta una parcela exterior biosegura en nuestra principal estación experimental. Se han tomado numerosas precauciones en el ensayo de campo, las cuales son reforzadas mutuamente, minimizando, por tanto, el riesgo de flujo de genes.

Biotechnología por y para agricultores

Un sistema de bajo costo para cultivar en zonas rurales material de siembra de yuca, libre de enfermedades, promete impulsar la producción de este importante cultivo en América Latina y más allá. Además de traer más dinero a los bolsillos de los pequeños agricultores, la tecnología ofrece a las comunidades campesinas la oportunidad de embarcarse en un nuevo tipo de agroempresa rural que es rentable y provechoso.

El elemento fundamental de esta tecnología es un laboratorio de cultivo de tejidos operado por los agricultores, en el cual los componentes costosos que se encuentran en un laboratorio de biotecnología convencional son remplazados con materiales y equipo local de bajo costo.

“La idea principal es detener el ciclo de transmisión de enfermedades durante la producción de la yuca, al tiempo que se incrementan los ingresos de los agricultores”, dice Roosevelt Escobar, biólogo y bioquímico del CIAT. La tecnología fue diseñada y ensayada inicialmente por Escobar y sus colegas, junto con un grupo de nueve agricultoras en el departamento del Cauca, Colombia. Una ONG nacional, la Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR), desempeña una función importante en el proyecto, coordinando la participación de los agricultores y ofreciendo capacitación en manejo empresarial.

La financiación fue proporcionada por el Programa de Investigación Participativa y Análisis de Género (PRGA), una iniciativa multi-institucional mundial del GCIAT, coordinado por el CIAT.

El procedimiento de laboratorio comienza con plántulas *in vitro* de yuca libre de enfermedad, proporcionadas por el CIAT. La transformación de las plántulas en esquejes, llamados estacas, para ser vendidas a los agricultores locales, comprende varios

pasos en los cuales se debe prestar atención rigurosa a la higiene. Por ejemplo, los tejidos son preparados en una envoltura estéril, que cuesta una décima parte del valor de la cámara de flujo de alta calidad utilizada por los laboratorios agrícolas profesionales.

Los esquejes se cultivan en frascos de vidrio esterilizados, aplicándoles un medio de crecimiento preparado con productos que se consiguen en las tiendas locales. Estos productos son mucho más económicos que los productos químicos hechos a la medida y que son usados en laboratorios científicos. Por ejemplo, los frascos de alimento para bebés sustituyen los tubos de ensayo de laboratorio, y el agua de manantial sustituye el agua embotellada. Este método de preparar los medios de cultivo, "hágalo usted mismo", cuesta la cuarta parte de lo que cuesta un medio convencional. Y, sorprendentemente, las tasas de propagación de plantas son similares o mejores que las obtenidas en el laboratorio del CIAT.

"Al principio tuvimos miedo de que no íbamos a ser capaces de llevar a cabo el trabajo de laboratorio", comenta la agricultora Doris Castillo. "El equipo nos parecía complejo. Pero ahora es tan natural para nosotros como sembrar semilla".

Después de 4 a 6 semanas de crecimiento *in vitro* en un invernadero sencillo hecho de bambú y cubierto con plástico, las nuevas plántulas de yuca están listas para ser seccionadas y cultivadas en otra ronda de micropropagación. Una vez que se haya generado una suficiente cantidad de plántulas del germoplasma original del CIAT, éstas son sembradas en macetas para promover el crecimiento de las

raíces, para luego ser trasladadas a un vivero exterior donde crecen hasta convertirse en plantas grandes, listas para ser cortadas en estacas libres de enfermedad, que los agricultores pueden sembrar en sus campos.

Escobar tiene la esperanza de que esta tecnología de cultivo de tejidos, que todavía está en evolución, también pueda aplicarse con éxito a otros cultivos como el plátano, la mora y las orquídeas.

Desenmascarando una de las principales enfermedades de la yuca

La agricultora colombiana Doris Castillo prepara nuevas plántulas de yuca para micropropagación, mientras Nohemí Larrahondo exhibe una planta en el invernadero. Ellas y otras siete mujeres operan un laboratorio rural de cultivo de tejidos en el departamento del Cauca, Colombia.



En un trabajo colaborativo realizado por el CIAT y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia, los investigadores han logrado avances considerables en la identificación de cepas individuales, y tres grupos diferenciados de cepas, de la bacteria responsable del añublo bacteriano de la yuca (CBB). Llamada *Xam*, diminutivo para *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*, este organismo sumamente variable puede ocasionar pérdidas en raíces de yuca entre el 20 hasta el 100 por ciento.

Los esquejes de yuca, llamados estacas, sembrados por los agricultores, son el principal depósito de CBB. América Latina, la región de donde es originaria la yuca, es donde existe mayor diversidad de cepas de *Xam*. En la actualidad, el CBB también se ha convertido en un problema en África, habiéndose introducido accidentalmente en los años 70.

Los estudios realizados en el CIAT empezaron en 1995 y se basaron en investigaciones anteriores realizados por el IRD en África. Hallazgos recientes se basan en el análisis de numerosas muestras de *Xam* recolectadas en Colombia, Venezuela y Brasil.

Los resultados han permitido al equipo, con sede en el CIAT, diseñar un conjunto de métodos de laboratorio y de campo para detectar la enfermedad en los tallos y en las semillas de la yuca.

Los métodos de laboratorio se basan en

Con la colaboración del CIAT, el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia ha desarrollado nuevas técnicas para detectar el añublo bacteriano de la yuca, una de las principales enfermedades que afectan a este cultivo en África y América Latina.

la reacción en cadena de polimerasa (RCP) así como en dos técnicas más viejas, la hibridación en mancha o punto y ELISA (ensayo inmunoenzimático). Estas técnicas son herramientas clave para certificar que las estacas y las semillas de la yuca están libres de enfermedad.

“Me gustaría ver todos los productos que desarrollamos puestos a disposición de los programas nacionales de investigación y de los grupos de agricultores”, dice Valérie Verdier, una fitopatóloga del IRD y co-autora de un manual disponible en español e inglés.

De igual importancia que su papel en el control de enfermedades, están los recientes avances en caracterización y diagnóstico de CBB que ayudan en la selección y el mejoramiento del germoplasma resistente a CBB.



Poder del pueblo en la Amazonía

Las mujeres indígenas de la Amazonía colombiana han formado un equipo con los investigadores del CIAT para combatir un grave impedimento para la producción de yuca: la pudrición de la raíz. Esta enfermedad causada por hongos convierte las raíces de yuca, que son comestibles, en una pasta maloliente. Cada año estas enfermedades destruyen el 20 por ciento de los sembrados de yuca a escala mundial y, en las zonas severamente infestadas, la cifra puede alcanzar el 70 por ciento.

Muchos consideran que mejorar la resistencia de las plantas hospedantes es la mejor manera de manejar la pudrición de la raíz. Este enfoque requiere de una selección intensiva de germoplasma que identifique líneas de yuca que resisten el hongo y que tengan, además, otros rasgos deseables. El trabajo se complica aún más por el hecho de que el hongo patógeno *Phytophthora* es un organismo sumamente diverso, compuesto de muchas especies y, dentro de estas especies, de muchas cepas.

Los trabajos de investigación participativa realizados en nueve comunidades en las inmediaciones de Mitú en el departamento de Vaupés, en el suroriente colombiano, complementan los experimentos de laboratorio y de campo realizados por el CIAT. En una encuesta de diagnóstico realizada en 1997, los agricultores locales identificaron la pudrición de la raíz como la limitación más importante de la producción de yuca. Los investigadores del Centro consultaron con las mujeres para diseñar experimentos de cultivo de la yuca con fines comparativos. Estos experimentos fueron realizados por los participantes en sus



chagras —pequeñas parcelas de bosque que primero se desbrozan y queman, y luego se siembran con yuca y otros cultivos. La investigación fue financiada por el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA), en Colombia, el cual es apoyado por el Banco Mundial.

“Queríamos conocer las preferencias de los agricultores respecto al cultivo de la yuca para, de esa manera, brindarles exactamente lo que querían”, dice la fitopatóloga del CIAT Elizabeth Álvarez.

Con base en su extensa experiencia, los agricultores elaboraron sus propios criterios sobre lo que es un buen cultivo de yuca. Luego, cultivaron una mezcla de materiales tradicionales y mejorados en cuatro parcelas en diferentes comunidades, y compararon su desempeño.

Con la ayuda de organismos locales de desarrollo, las mujeres compartieron los resultados entre sí y con otros agricultores de la región. Un resultado importante de este trabajo fue la redacción de un manual para el diagnóstico de problemas de producción de la yuca y para la evaluación de opciones, especialmente germoplasma. El manual hace uso extensivo de dibujos, ya que los agricultores de la región hablan diferentes dialectos del Tukano, el idioma local, y muchos no saben leer ni escribir. Además, se ha reunido una colección de variedades nativas de yuca, la cual se conserva localmente. Esto ayudará a mantener la biodiversidad necesaria para asegurar una buena salud de los cultivos y una seguridad alimentaria adecuada.

“Es importante fortalecer la capacidad de los agricultores para evaluar y seleccionar variedades resistentes apropiadas, pero también se necesita de un mejor manejo del suelo”, dice Germán Llano, agrónomo del CIAT.

Cosecha de la yuca cerca de Mitú, departamento de Vaupés, en la Amazonía colombiana.

Edafólogos y agricultores encuentran un lenguaje común

El CIAT y tres organizaciones colaboradoras han creado una nueva herramienta de apoyo para la toma de decisiones, en forma de una guía de capacitación, para identificar indicadores locales de la calidad de suelo en África oriental. Con base en trabajos anteriores realizados en América Latina, esta guía está ayudando a grupos de agricultores y a investigadores para que desarrollen un lenguaje común para combatir, juntos, una de las amenazas más graves para la seguridad alimentaria en los altiplanos africanos: la degradación del suelo.

Las características que los agricultores tropicales generalmente buscan cuando evalúan el suelo son muy diferentes de las que examinan los investigadores. Mientras ambos grupos están buscando esencialmente las mismas apreciaciones respecto a la calidad del suelo, las diferencias en sus métodos, en su vocabulario y en capacitación son uno de los principales obstáculos para la comunicación y la solución de problemas.

La nueva guía en inglés para África oriental —junto con su contraparte en español, que se ha usado en Colombia, República Dominicana, Honduras, Nicaragua, Perú y Venezuela— ofrece una solución. La guía explica la forma de producir, organizar y calificar las perspectivas de los agricultores e integrarlas con las de los edafólogos, para que ambos grupos se beneficien.

“Los agricultores y técnicos pueden usar los indicadores resultantes para hacer seguimiento y evaluar el impacto de las tecnologías diseñadas para mejorar el suelo”, dice Edmundo Barrios, edafólogo del CIAT. Como resultado, los investigadores obtienen información valiosa de los agricultores respecto al desempeño de nuevas

tecnologías, expresadas en un lenguaje que todos entienden.

Los científicos calculan que dos tercios de la tierra agrícola de África está degradada. La mayor parte de la degradación es sutil y progresiva, presentándose a través de los años. Puede pasar desapercibida hasta que sea demasiado tarde para tomar medidas correctivas. Tanto los agricultores como los funcionarios públicos responsables de las políticas sobre recursos naturales necesitan indicadores fiables de la calidad del suelo para diagnosticar problemas a tiempo.

La guía de capacitación para África es el resultado de un esfuerzo colaborativo de múltiples organismos que empezó en 2000 en Uganda. Los socios del CIAT son la Iniciativa de las Tierras Altas de África (AHI), coordinada por el Centro Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF); el Programa de Manejo de Suelos, Agua y Nutrientes (SWNM) del GICAI; y el Programa de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales (TSBF), con sede en Kenia.

Después de un evento inicial de capacitación de capacitadores en Uganda, varios de los capacitados africanos siguieron trabajando con personal del CIAT y con sus colegas para adaptar la guía a las condiciones de África oriental. La versión resultante se basa, en gran medida, en ejemplos africanos de los indicadores de calidad del suelo, especialmente la presencia de ciertos tipos de malezas.

La guía africana se probó en un segundo curso de capacitación, que se realizó en Tanzania. Los graduados del curso, realizado en Uganda, sirvieron de instructores para el personal invitado de las ONG, las universidades y otras instituciones en Etiopía, Kenia, Uganda y Tanzania. Además, una nueva iniciativa está en marcha con la Organización Nacional para la Investigación Agrícola (NARO) para adaptar a las condiciones de África oriental, otras herramientas de apoyo a la toma de decisiones que están disponibles en el CIAT.



Un curso sobre análisis participativo de indicadores de la calidad del suelo en Tanzania. El CIAT y tres organizaciones colaboradoras han adaptado una guía de capacitación, originalmente desarrollada para cursos de este tipo en América Latina, para uso generalizado en África oriental.

Planes locales para el manejo de los recursos naturales

En años recientes, el CIAT y varias entidades colaboradoras han diseñado, juntos, nueve instrumentos de apoyo a la toma de decisiones, en forma de guías de capacitación, para ayudar a los agricultores de las zonas de ladera del trópico a que manejen sus recursos naturales en forma colectiva y sostenible. La guía de indicadores del suelo descrita en la sección anterior es una de estas herramientas. Pero una cosa es capacitar a pequeños grupos de personas y otra muy diferente, asegurar que las habilidades adquiridas se apliquen a problemas reales y que se incorpore información sobre los resultados dentro del proceso general de aprendizaje.

“La capacitación no es la meta final”, dice Vicente Zapata, capacitador del CIAT. “La experiencia debe incorporarse en el corazón de las instituciones participantes. Les alentamos para que adapten nuestros instrumentos de apoyo en su trabajo y en sus necesidades diarias”. Según Zapata, los planes de acción, diseñados y revisados por organizaciones cuyo personal ha recibido capacitación en el uso de las herramientas del CIAT, son clave para asegurar el éxito.

Hay muchas actividades relacionadas con el manejo de los recursos naturales (MRN) que las pequeñas comunidades agrícolas desearían adoptar, incluyendo el desarrollo de agroempresas, la protección de los bosques y las corrientes de agua, y la prevención de la erosión del suelo. Pero antes que las comunidades puedan iniciar proyectos específicos, hay que hacer mucho trabajo de base. Una vez fortalecida la seguridad alimentaria básica, entonces se puede querer establecer asociaciones colaborativas de tipo organizacional y crear un acervo común de conocimientos acerca de la geografía local, el uso de la tierra y las necesidades sociales. Las herramientas del CIAT cubren todos estos pasos y otros más.

En el desarrollo y ensayo de sus instrumentos y guías de capacitación en el MRN, el CIAT ha trabajado en diversos sitios de referencia, organizándose

alrededor de cuencas bien definidas, explica José Ignacio Sanz, que lidera el proyecto de Manejo Comunitario de Recursos de Ladera del CIAT. Los sitios de referencia están ubicados en Honduras, Nicaragua y Colombia, y el trabajo del CIAT ha recibido un sólido apoyo de los gobiernos de Canadá, Dinamarca y Suiza.

Sin embargo, también se han llevado a cabo cursos de capacitación para grupos en otros países. Hasta ahora se han ofrecido 15 cursos sobre diversos instrumentos a cerca de 400 personas en siete países de América Latina y África oriental.

Sandra Madrid, directora ejecutiva de una ONG comunitaria localizada en el departamento del Valle del Cauca, en el suroccidente colombiano, es la arquitecta clave de los planes de acción local de ocho comunidades pequeñas en el municipio de Bolívar. Se aplicaron diferentes instrumentos de apoyo a la toma de decisiones en las diversas comunidades, según las necesidades locales.

“El CIAT nos ha dado las herramientas necesarias para lograr una visión clara de lo que podemos hacer para resolver problemas ambientales y sociales”, dice Madrid. Por ejemplo, en la comunidad de Ricaurte, donde hay escasez de agua, los residentes utilizaron el instrumento de mapeo participativo de los recursos, desarrollado por el CIAT, para identificar áreas erosionadas que necesitan reforestación.

En otra aldea, Aguas Lindas, el mismo instrumento del CIAT ayudó a los residentes a documentar la tala ilegal de árboles. Una vez que se ventiló el asunto públicamente, la comunidad se reunió y grabó el daño forestal en video, y luego mostraron el video a las autoridades gubernamentales. La tala del bosque se detuvo de inmediato. Como anota Madrid, el solo hecho de hacer que la población local participara directamente en el mapeo del paisaje circundante, desencadenó una acción conjunta para resolver un problema que, hasta ese momento, se había pasado por alto.



Los agricultores de Bolívar, en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, realizan el mapeo participativo y el monitoreo de los recursos naturales. Como resultado, se generó un plan de acción para proteger especies en peligro de extinción mediante la acción colectiva.

El ecosistema amazónico y la salud

Desde el punto de vista de la salud humana y de riqueza, la Amazonía peruana es algo enigmática. Este vasto paisaje de bosques tropicales exuberantes, ríos y valles, alberga gran parte de la diversidad biológica y otros recursos naturales del neotrópico. No obstante, sus habitantes, muchos de ellos recién llegados, que están comprometidos con la agricultura migratoria, son sumamente pobres y padecen de enfermedades crónicas.

Un equipo internacional e interdisciplinario de investigadores y agentes de desarrollo, liderado por el CIAT, trabaja para determinar las razones específicas de esta evidente contradicción. Su objetivo es asegurar que las futuras intervenciones para mejorar el bienestar humano consideren factores que, hasta ahora, tanto la investigación como las políticas del sector público han restado importancia. Estos factores incluyen diferencias socioculturales, diversidad biológica a escala local, estrategias de medios de vida de la población y sus propias percepciones de problemas y metas. En resumen, el equipo sigue un enfoque holístico de “ecosistema” respecto a la salud humana y el desarrollo.

Ocho comunidades rurales de la región de Ucayali, localizado en la zona centro-oriental del Perú, participan en el proyecto, financiado por el CIID. Otros contribuyentes incluyen los ministerios de Salud y de Pesca del Perú; grupos indígenas y de mujeres; grupos de investigación de Perú, Canadá y Reino Unido; y PATH-Canadá, una organización de salud no gubernamental. A través de encuestas de hogar y comunitarias, los científicos han compilado una extensa base de datos sobre la salud de mujeres, hombres y niños a escala local.

Encuestas de salud realizadas recientemente

revelan niveles alarmantes de anemia y de infección parasitaria. En una comunidad, todos los 146 niños examinados resultaron ser anémicos. La carencia de vitamina A también se encuentra generalizada, y la malaria, el dengue y la diarrea persistente están en aumento.

Se ha reconocido que la inundación estacional, durante la cual el caudal de los ríos puede crecer hasta 10 metros, tiene un efecto considerable en la salud, pues aísla físicamente a las comunidades, haciendo que el transporte hacia los servicios de salud y los mercados sea sumamente difícil. También mina la calidad del agua potable y afecta los patrones de cultivo, la migración humana y la distribución de peces, animales de caza y plantas comestibles silvestres.

El equipo del proyecto está trabajando con comunidades para diseñar planes locales de acción. Estos planes se centran en medidas prácticas como educación nutricional, evaluaciones para detectar enfermedades, purificación del agua, producción de alimentos en pequeña escala y mejor higiene y saneamiento.

Los investigadores han observado también el poder motivador de los métodos participativos. “El impacto que produjo cuando las madres, los padres y los niños observaron sus propios parásitos a través de un microscopio, sobrepasó el valor informativo de los análisis coprológicos y de otras muestras”, dice un resumen del proyecto del CIID publicado recientemente. “Los parásitos ya no eran un concepto abstracto; inmediatamente, cada comunidad se movilizó y buscó soluciones para reducir la contaminación del agua y la transmisión de parásitos”.



Actividad realizada con grupos de enfoque de mujeres para entender mejor las dietas locales de la Amazonía peruana.

Métodos participativos prueban su valor

Menos de 3 años después de que el Huracán Mitch devastó la agricultura en Honduras y Nicaragua, la población rural de ambos países nuevamente vive la pesadilla de escasez de alimentos y de semilla. Aunque, esta vez, la amenaza proviene de una sequía severa y generalizada. Recientemente, la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras informó que, en 57 municipios se había perdido más del 75 por ciento de las cosechas de frijol, maíz y arroz.

Mitch impulsó un diluvio de ayuda de emergencia, incluyendo un esfuerzo exitoso de alivio de semillas organizado por cuatro centros de Cosecha del Futuro, bajo la coordinación del CIAT, y financiado por la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA). Pero la nueva crisis ha generado una respuesta diferente. Ahora, el gobierno hondureño y la Cruz Roja están buscando ayuda para aplicar medidas que pueden reducir la vulnerabilidad de la agricultura frente a los desastres naturales.

“Para responder a este llamado, nos basaremos en la gama creciente de enfoques participativos”, explica Miguel Ayarza, edafólogo del CIAT, quien coordina el trabajo del Centro en América Central. “Estas herramientas ofrecen una de nuestras mejores esperanzas para hacer que las tierras y las comunidades de ladera se adapten mejor frente a crisis periódicas”.

Algunas de las pruebas que apoyan esta aserción han provenido de la experiencia del CIAT en el alivio de desastres después del Mitch. Por ejemplo, en áreas de Honduras y Nicaragua donde se habían establecido comités de investigación

agrícola local, o CIAL, con el apoyo de la Fundación W.K. Kellogg, estos grupos de agricultores demostraron ser sumamente eficaces en orientar la ayuda en suministro de semilla.

Algunos CIAL han ido evolucionado para convertirse en pequeñas agroempresas que se especializan en la producción y el mercadeo de semilla de cultivos de alta calidad. Según el especialista en semillas, Guillermo Giraldo, quien coordinó la campaña de emergencia de ayuda en semillas de los centros de Cosecha del Futuro después del Mitch, redes de pequeñas empresas manejadas por los agricultores podrían servir de base para un sistema comunitario nacional de producción de semilla, el cual garantizaría un adecuado suministro en diferentes épocas.

Otro enfoque participativo que surgió en respuesta al reto que representó el Huracán Mitch es la de una asociación de manejo comunitario de cuencas llamada *Campos Verdes*. Esta asociación está compuesta por los representantes de las 16 comunidades que constituyen el municipio de San Dionisio en Nicaragua, explica Jorge Alonso Beltrán, científico del CIAT. *Campos Verdes* expresa las necesidades de los agricultores, transmite la información sobre sus reacciones a las organizaciones de investigación y desarrollo, y establece proyectos en respuesta a la demanda local.

En circunstancias particularmente difíciles, los CIAL, *Campos Verdes* y otras herramientas participativas han probado su valor como fuerzas impulsoras de la innovación rural local. De aplicarse más ampliamente, éstos podrían mejorar la capacidad de miles de personas vulnerables, que habitan sitios vulnerables, para hacer frente a los desastres naturales así como a los cambios más sutiles en el paisaje y en la economía local.



El agricultor hondureño Nelson Palma, líder de un comité de investigación agrícola local, discute nuevas variedades del frijol con el agrónomo del CIAT Miguel Méndez, en el Departamento de Yoro.

Solutions That Cross Frontiers



Una Visión General del CIAT

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es una organización no gubernamental, sin ánimo de lucro, que realiza investigación avanzada en los campos social y ambiental con el objetivo de mitigar el hambre y la pobreza y preservar los recursos naturales en países en desarrollo. El CIAT es uno de los 16 centros de investigación sobre los alimentos y el ambiente que comparten estas metas a nivel mundial y que trabajan en colaboración con los agricultores, los científicos y las personas encargadas de formular políticas. Estos centros, conocidos como los centros de *Cosecha del Futuro*, son financiados principalmente por 58 países, fundaciones privadas y organizaciones internacionales que constituyen el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI).

Los donantes del CIAT

El CIAT recibe en la actualidad recursos financieros, bien sea del GCAI o bien de los países y las organizaciones enumeradas a continuación y con destino a proyectos especiales. Reconocemos con gratitud el compromiso contraído y los aportes recibidos.

Alemania

Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ)
Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económico (BMZ)

Australia

Agencia Australiana para el Desarrollo Internacional (AusAid)
Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR)

Banco Asiático para el Desarrollo

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Banco Mundial

Bélgica

Administración General para la Cooperación en el Desarrollo (AGCD)

Brasil

Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa)

Canadá

Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA)
Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID)

Colombia

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" (COLCIENCIAS)
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA)

Dinamarca

Ayuda Danesa para el Desarrollo Internacional (Danida)

España

Ministerio de Agricultura

Estados Unidos

Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID)
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)
Fundación Ford
Fundación Rockefeller
Fundación W.K. Kellogg
Instituto de Recursos Mundiales (WRI)



Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD)

Francia
 Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD)
 Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD)
 Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INRA)
 Ministerio de Asuntos Exteriores

Holanda
 Dirección General para la Cooperación Internacional (DGIS)
 Ministerio de Asuntos Exteriores

Italia
 Ministerio de Asuntos Exteriores

Japón
 Fundación Nippon
 Ministerio de Asuntos Exteriores

México
 Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

Noruega
 Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo (NORAD)
 Ministerio Real de Asuntos Exteriores

Nueva Zelanda
 Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio (MFAT)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

Perú
 Ministerio de Agricultura
 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Reino Unido
 Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID)
 Instituto de Recursos Naturales (NRI)

Sudáfrica
 Ministerio de Agricultura y Asuntos de la Tierra

Suecia
 Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (SIDA)

Suiza
 Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (SDC)
 Centro Suizo para la Agricultura Internacional (ZIL)
 Instituto Federal de Desarrollo Tecnológico (ETH)

Tailandia
 Departamento de Agricultura

Unión Europea (UE)

Venezuela
 Fundación Polar

Nuestra misión

Reducir el hambre y la pobreza en los trópicos mediante una investigación colaborativa que mejore la productividad agrícola y el manejo de los recursos naturales.

Nuestro portafolio de proyectos

La investigación del CIAT gira alrededor de los proyectos enumerados a continuación. Estos proporcionan los elementos que permiten integrar la investigación que se hace en el Centro y organizar los esfuerzos de colaboración con nuestros socios colaboradores.

Vínculos Institucionales

Enfoques de Investigación Participativa
 Asociaciones Colaborativas para la Investigación y el Desarrollo Agrícolas
 Impacto de la Investigación Agrícola

Mejoramiento de Cultivos

Frijol Mejorado para África y América Latina
 Redes Regionales de Frijol en África
 Yuca Mejorada para el Mundo en Desarrollo
 Mejoramiento de Arroz para América Latina y el Caribe
 Gramíneas y Leguminosas Tropicales para Propósitos Múltiples

Agrobiodiversidad

Conservación de los Recursos Fitogenéticos del Neotrópico
 Uso de la Agrobiodiversidad mediante la Biotecnología

Plagas y Enfermedades

Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades

Suelos y Sistemas

Recuperación de Suelos Degradados
 Desarrollo de Agroempresas Rurales
 Sistemas Sostenibles para Pequeños Productores

Manejo de la Tierra

Manejo Comunitario de los Recursos en Zonas de Ladera
 Uso de la Tierra en América Latina

Nuestro énfasis en cultivos y en agroecosistemas

Dentro del GCIAT, el CIAT tiene un mandato para hacer investigación en cuatro productos agrícolas básicos a escala internacional, que son vitales para la población de escasos recursos: frijol, yuca, forrajes tropicales y arroz. Nuestro trabajo en los primeros tres tiene un alcance mundial, mientras que la investigación en arroz está enfocada hacia América Latina y la región del Caribe. Cada vez más, el Centro ayuda a los programas nacionales y a grupos de agricultores a resolver problemas de producción que presentan otros cultivos, como especies frutales tropicales, mediante la aplicación de capacidades de investigación desarrolladas trabajando en los productos básicos bajo nuestro mandato.

En América Latina, nuestra investigación integrada sobre los cultivos y sobre el manejo de los recursos

naturales está organizada, en mayor parte, alrededor de tres agroecosistemas: las laderas, los márgenes de bosque y las sabanas. Los científicos del CIAT trabajan también para mejorar el manejo de los cultivos y de los recursos naturales en las zonas de altitud media de África oriental, central y meridional y en las áreas de secano del sudeste asiático.

Asociaciones colaborativas

El CIAT fortalece los vínculos con otras instituciones mediante la investigación colaborativa organizada en proyectos. Nuestro círculo de socios colaboradores es cada vez más amplio, y comprende otros centros de *Cosecha del Futuro*, institutos nacionales de investigación, universidades, ONG y el sector privado. Trabajamos con ellos mediante diversos convenios innovadores, tales como consorcios y redes, a escala local, regional y mundial. Mediante alianzas estratégicas, permitimos que se aprovechen valiosos conocimientos científicos para poder afrontar los principales retos de la agricultura tropical.

Como un servicio a sus socios, el CIAT ofrece diversas opciones de capacitación, conferencias y servicios especializados de información y documentación, comunicaciones y sistemas de información.

Junta Directiva

Lauritz Holm-Nielsen (Presidente), Dinamarca
Especialista Principal en Educación Superior y Ciencia y Tecnología
Departamento de Desarrollo Humano
Banco Mundial, Estados Unidos

Elisio Contini (Vicepresidente), Brasil
Asesor de la Presidencia
Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa)

Christiane Gebhardt, Alemania
Líder Grupo de Investigación
Instituto de Investigación en Mejoramiento "Max Planck"

Colette M. Girard, Francia
Profesora jubilada
Instituto Nacional de Agricultura Paris Grignon

James Jones, Estados Unidos
Profesor
Instituto de Ciencias de la Alimentación y Agrícolas
Universidad de Florida

Nobuyoshi Maeno, Japón
Director
Centro de Coordinación Regional para la Investigación y el Desarrollo de Cultivos de Cereales de Grano (excepto el trigo), Legumbres, Raíces y Tubérculos en el Trópico Húmedo de Asia y el Pacífico (CGPRT), Indonesia

Víctor Manuel Moncayo, Colombia
Rector, Universidad Nacional

M. Graciela Pantin, Venezuela
Gerente General
Fundación Polar



Samuel Paul, India
Presidente, Centro de Asuntos Públicos

Armando Samper, Colombia
Presidente Emérito, Junta Directiva del CIAT

Elizabeth Sibale, Malawi
Oficial de Programa
Delegación de la Comisión Europea a Malawi

Álvaro Francisco Uribe C.
Director Ejecutivo
Corporación Colombiana de Investigación
Agropecuaria (CORPOICA)

Barbara Valent, Estados Unidos
Profesora
Departamento de Fitopatología
Universidad Estatal de Kansas

Rodrigo Villalba M., Colombia
Ministro de Agricultura

Joachim Voss
Director General, CIAT

Miembros que terminaron su servicio durante el período cubierto por este informe:

Luis Fernando Chaparro (Vicepresidente), Colombia
Secretario Ejecutivo
Foro Mundial del GCAI sobre Investigación Agrícola
Organización de las Naciones Unidas para la
Agricultura y la Alimentación (FAO), Italia

Teresa Fogelberg, Holanda
Directora, Cambio Climático
Ministerio de Vivienda, Planeación Espacial y Medio
Ambiente

Personal Principal

Administración

Joachim Voss, Director General
Abra Adamo, Asistente del Director General
(Research Fellow)
Jacqueline Ashby, Directora de Investigación,
Manejo de los Recursos Naturales
Jesús Cuéllar, Administrador Ejecutivo
Juan Antonio Garafulic, Director de Finanzas
Douglas Pachico, Director de Planeación Estratégica
y Evaluación de Impacto
Rafael Posada, Director de Cooperación Regional
Aart van Schoonhoven, Director de Investigación,
Recursos Genéticos

Vínculos Institucionales

Alfredo Caldas, Coordinador, Capacitación y
Conferencias
Albert Gierend, Economista Agrícola (Científico
Posdoctoral)
Nancy Johnson, Economista Agrícola (Senior

* Se retiró durante el período cubierto por este informe.

Research Fellow)

Susan Kaaria, Economista Agrícola (Senior Research
Fellow)

Mejoramiento de Cultivos

Stephen Beebe, Mejorador de Frijol
Mathew Blair, Especialista en Germoplasma de Frijol
Hernán Ceballos, Mejorador de Yuca y Líder de
Proyecto, Yuca Mejorada para el Mundo en
Desarrollo
Carlos Lascano, Nutricionista de Rumiantes y
Líder de Proyecto, Gramíneas y Leguminosas
Tropicales para Propósitos Múltiples
César Martínez, Mejorador de Arroz
John Miles, Mejorador de Forrajes
Idupulapati Rao, Nutricionista de Plantas
Oswaldo Voysset, Agrónomo (Consultor)*

Kenia

Paul Kimani, Mejorador de Frijol (Research Fellow)

Malawi

Rowland Chirwa, Mejorador de Frijol (Senior
Research Fellow) y Coordinador, Red de Frijol
para el Sur de África (SABRN)
Colletah Chitsike, Especialista en Desarrollo (Senior
Research Fellow)

Agrobiodiversidad

John Beeching, Fitobiólogo Molecular (Científico
Visitante)*
James Cock, Especialista en Recursos Genéticos
(Consultor)
Daniel Debouck, Especialista en Recursos Genéticos
y Líder de Proyecto, Conservación de los Recursos
Fitogenéticos del Neotrópico
Martin Fregene, Fitogenetista Molecular
Zaida Lentini, Fitogenetista
Romuald Mba, Fitogenetista (Científico Visitante)
Michael Peters, Especialista en Germoplasma
Forrajero
Joseph Tohme, Fitogenetista Molecular y Líder de
Proyecto, Uso de la Agrobiodiversidad mediante la
Biotecnología

Francia

Veronique Jorge, Fitopatólogo (Research Fellow)

Manejo de Plagas y Enfermedades

Elizabeth Álvarez, Fitopatóloga
Anthony Bellotti, Entomólogo y Líder de Proyecto,
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades
Lee Calvert, Virólogo Molecular y Líder de Proyecto,
Mejoramiento de Arroz para América Latina y
el Caribe
César Cardona, Entomólogo y Líder de Proyecto,
Frijol Mejorado para África y América Latina
Fernando Correa, Fitopatólogo
Segenet Kelemu, Fitopatóloga
George Mahuku, Fitopatólogo
Francisco Morales, Virólogo, CIAT/Instituto
Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)

Estados Unidos

Adetunji Akano, Virólogo (Research Fellow)

Daniel Peck, Entomólogo (Research Fellow)

Tanzania

Kwasi Ampofo, Entomólogo

Pyndji Mukishi, Fitopatólogo (Research Fellow) y Coordinador,

Red de Frijol para África Oriental y Central (ECABRN)

Uganda

Robin Buruchara, Fitopatólogo

Suelos y Sistemas

Edgar Amézquita, Fisiólogo Especializado en Suelos

Edmundo Barrios, Edafólogo

Rupert Best, Especialista en Posproducción y Líder de Proyecto,

Desarrollo de Agroempresas Rurales

Myles Fisher, Ecofisiólogo (Consultor)

Federico Holmann, Especialista en Ciencias Pecuarias

Juan Jiménez, Biólogo de Suelos (Científico Posdoctoral)

Mark Lundy, Especialista en Agroempresas (Research Fellow)

Richard Thomas, Microbiólogo de Suelos y Líder de Proyecto,

Recuperación de Suelos Degradados*

Brasil

Michael Thung, Agrónomo (Consultor)

Costa Rica

Pedro Argel, Agrónomo (Consultor)

Etiopía

Tilahum Amede, Agrónomo (Research Fellow)

Filipinas

Ralph Roothaert, Agrónomo (Senior Research Fellow)

Werner Stür, Agrónomo (Consultor)

Honduras

Mireille Barbier-Totobesola, Tecnóloga de Alimentos (Asociada de Investigación)*

Guillermo Giraldo, Especialista en Semillas (Consultor)

Laos

Peter Horne, Agrónomo

Peter Kerridge, Agrostólogo y Coordinador Regional para Asia

Tailandia

Reinhardt Howeler, Agrónomo

Tanzania

Ursula Hollenweger, Agrónoma (Research Fellow)

Uganda

Soniia David, Socióloga Rural

Anthony Esilaba, Agrónomo (Research Fellow)

Roger Kirkby, Agrónomo y Líder de Proyecto, Redes Regionales de Frijol en África

Manejo de la Tierra

Begonia Arana, Especialista en Comunicaciones (Consultora)

Simon Cook, Especialista en Información Espacial y Líder de

Proyecto, Uso de la Tierra en América Latina



Andrew Farrow, Especialista en SIG (Research Fellow)
 Glenn Hyman, Geógrafo Agrícola
 Thomas Oberthur, Especialista en SIG (Científico Posdoctoral)
 José Ignacio Sáenz, Especialista en Sistemas de Producción y Líder de Proyecto, Manejo Comunitario de los Recursos en Zonas de Ladera
 Steffen Schillinger, Gerente, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (Research Fellow)
 Manuel Winograd, Científico Ambiental
 Vicente Zapata, Oficial de Capacitación (Senior Research Fellow)

Francia

Nathalie Beaulieu, Especialista en Teledetección (Research Fellow)
 Gregoire Leclerc, Especialista en Teledetección

Honduras

Miguel Ayarza, Edafólogo y Coordinador para América Central
 Bruno Barbier, Economista Agrícola (Research Fellow)*
 Kate Lance, Especialista en Teledetección (Research Fellow)*

Nicaragua

Antonio Iturbe, Geógrafo (Research Fellow)*

Perú

Dean Holland, Sociólogo Rural (Científico Posdoctoral)*
 Douglas White, Economista Agrícola (Senior Research Fellow)

Información

Edith Hesse, Jefe, Unidad de Información y Documentación*
 Carlos Meneses, Jefe, Unidad de Sistemas de Información
 Nathan Russell, Jefe, Unidad de Comunicaciones

Administración

Fabiola Amariles, Jefe, Administración del Personal Internacional
 Luz Stella Daza, Auditora Interna
 Sibel González, Jefe, Protección y Seguridad Institucional
 James McMillan, Oficial de Desarrollo Empresarial
 Gustavo Peralta, Jefe, Recursos Humanos
 Fernando Posada, Jefe, Oficina del CIAT en Miami
 Jorge Saravia, Jefe, Oficina de Apoyo a los Proyectos

Programas a Nivel del GCAI

Pamela Anderson, Entomóloga/Epidemióloga y Coordinadora del Proyecto de Mosca Blanca, Programa de Manejo Integrado de Plagas
 Jacqueline Ashby, Socióloga Rural y Coordinadora, Programa de Investigación Participativa y Análisis del Papel del Hombre y la Mujer (PRGA)
 Federico Holmann, Especialista en Ciencias Pecuarias y Coordinador del Proyecto Tropicche,

Programa Pecuario
 Kathryn Laing, Coordinadora Asistente (Research Fellow), Programa PRGA*
 Richard Thomas, Edafólogo y Coordinador, Programa de Manejo de Suelos, Agua y Nutrientes (SWNM)
 Alexandra Walter, Coordinadora Asistente (Research Fellow), Programa PRGA

Ecuador

Chusa Gines, Fitogenetista y Coordinadora de la Red de Biotecnología de Yuca (CBN) en América Latina, Programa PRGA (**)

Estados Unidos

Nina Lilja, Especialista en Seguimiento y Evaluación Participativos, Programa PRGA

Holanda

Louise Sperling, Antropóloga y Facilitadora del Grupo de Trabajo sobre Fitomejoramiento Participativo, Programa PRGA

Nepal

Barun Gurung, Antropólogo (Científico Posdoctoral), Programa PRGA

Uganda

Robert Delve, Edafólogo (Científico Posdoctoral), Programa de Manejo de Suelos, Agua y Nutrientes (SWNM)
 Pascal Sanginga, Sociólogo Rural (Científico Posdoctoral), Iniciativa de las Tierras Altas de África (AHI) y Programa PRGA

Personal de otras Instituciones

François Boucher, Especialista en Agroempresas, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD) de Francia, Perú
 Carlos Bruzzone, Mejorador de Arroz (Consultor), Fondo Latinoamericano para el Arroz de Riego (FLAR)
 Paul André Calatayud, Entomólogo/Fisiólogo de Yuca, Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia*
 Marc Châtel, Mejorador de Arroz, CIRAD
 Geo Coppens, Fitogenetista, CIRAD/Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)
 Carlos De León, Patólogo de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
 Rubén Darío Estrada, Economista Agrícola y Líder para el Análisis de Políticas, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (Condesan)/Centro Internacional de la Papa (CIP)
 Luigi Guarino, Científico de Diversidad Genética, IPGRI
 Michiel Hoogendijk, Especialista en Germoplasma (Research Fellow), IPGRI
 José Ramón Lastra, Patólogo y Director Regional

(*) Falleció en un accidente aéreo a principios de 2002

para el Grupo de las Américas, IPGRI
 Luis Narro, Fitomejorador, CIMMYT
 Marco Antonio Oliveira, Mejorador de Arroz (Consultor), FLAR,
 Brasil
 Bernardo Ospina, Especialista en Aspectos de Poscosecha
 (Research Fellow) y Director Ejecutivo del Consorcio
 Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y
 Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA)
 Luis Sanint, Economista Agrícola y Director Ejecutivo del FLAR
 Michel Valés, Patólogo de Arroz, CIRAD
 Anke Van Den Hurk, Científica de Estrategias de Conservación
 (Research Fellow), IPGRI*
 Valérie Verdier, Patóloga de Yuca, IRD*
 Carmen de Vicente, Genetista Molecular, IPGRI
 David Williams, Científico de Diversidad Genética, IPGRI

Oficinas del CIAT alrededor del mundo

Sede

Apartado Aéreo 6713
 Cali, Colombia
 Teléfonos: (57-2) 445 0000 (directo) ó (1-650) 833 6625 (vía
 Estados Unidos)
 Fax: (57-2) 445 0073 (directo) ó (1-650) 833 6626 (vía
 Estados Unidos)
 Correo electrónico: ciat@cgiar.org
 Internet: www.ciat.cgiar.org

Brasil

Michael Thung
 Embrapa Arroz e Feijão
 Rod. Goiânia - Nova Veneza, km 12
 Caixa Postal 179
 75375-000 Santo Antônio de Goiás/GO, Brazil
 Teléfono: (55) 62 533 2183
 Fax: (55) 62 533 2100
 Correo electrónico: mthung@international.com.br

Costa Rica

Pedro Argel
 IICA-CIAT
 Apartado 55-2200 Coronado
 San José, Costa Rica
 Teléfonos: (506) 229-0222 ó (506) 229-4981
 Fax: (506) 229-4981 ó (506) 229-4741
 Correo electrónico: p.argel@cgiar.org

Ecuador

Daniel Danial
 MAG INIAP CIAT
 Av. Eloy Alfaro y Amazonas
 Edificio MAG Piso 4
 Quito, Ecuador
 Teléfono: (593 2) 500-316
 Fax: (593 2) 500-316
 Correo electrónico: angela@ciat.sza.org.ec

Estados Unidos

Fernando Posada
 CIAT Miami
 1380 N.W. 78th Ave.



Miami, FL 33126, USA
 Teléfono: (1-305) 592 9661
 Fax: (1-305) 592 9757
 Correo electrónico: f.posada@cgiar.org

Etiopía

Tilahun Amede
 Areka Agricultural Research Centre
 P.O. Box 361
 Awassa, Etiopía
 Teléfono: (251-6) 510-995
 Correos electrónicos: t.amede@cgiar.org
 tilahun@avu.org

Filipinas

Ralph Roothaert
 CIAT
 c/o IRRI
 DAPO Box 7777
 Metro Manila, The Philippines
 Teléfono: (63-49) 536-3636
 Fax: (63-2) 845-0606
 Correo electrónico: r.roothaert@cgiar.org

Francia

Nathalie Beaulieu y Gregoire Leclerc
 Maison de la Télédetection
 500, Rue Jean Francoise Breton
 34093 Montpellier, Cedex 5, Francia
 Teléfono: (33-4) 67-54-87-11
 Fax: (33-4) 67-54-87-00
 Correos electrónicos: n.beaulieu@cgiar.org
 nathalie@teledetection.fr
 g.leclerc@cgiar.org
 groire@teledetection.fr

Veronique Jorge
 Laboratoire Génome et Développement des Plantes
 Bat C
 UMR 5545 CNRS
 Université de Perpignan
 68860 Perpignan Cedex, Francia
 Teléfono: (33-4) 68-66-88-48
 Fax: (33-4) 68-66-84-99
 Correo electrónico: vsjorge@excite.com

Honduras

Miguel Ayarza
 CIAT LADERAS
 Colonia Palmira, Edificio Palmira
 2do. Piso, frente Hotel Honduras Maya
 Apartado 1410
 Tegucigalpa, Honduras
 Teléfonos: (504) 232-1862 ó (504) 239-1432
 Fax: (504)239-1443
 Correo electrónico: ciathill@hondutel.hn

Kenia

Paul Kimani
 Department of Crop Science
 University of Nairobi

College of Agriculture and Veterinary Science
 Kabete Campus
 P.O. Box 29053
 Nairobi, Kenia
 Teléfonos: (254-2) 630-705 ó (254-2) 631-956
 Fax: (254-2) 630-705 ó (254-2) 631-956
 Correo electrónico: p.m.kimani@cgiar.org

Laos RDP

Peter Kerridge
 Coordinator, CIAT-Asia
 P.O. Box 783
 Vientiane, Lao PDR
 Teléfono: (856-21) 222-796
 Fax: (856-21) 222-797
 Correo electrónico: p.kerridge@cgiar.org

Peter Horne
 Forage and Livestock Systems Project
 P.O. Box 6766
 Ban Khounta
 Vientiane, Lao PDR
 Teléfono: (856-21) 222-796
 Fax: (856-21) 222-797
 Correo electrónico: p.horne@cgiar.org

Malawi

Rowland Chirwa y Colletah Chitsike
 SABRN Network
 Chitedze Research Station
 P.O. Box 158
 Lilongwe, Malawi
 Teléfonos: (265) 822-851 ó 707-278
 Fax: (265) 707-278
 Correos electrónicos: rchirwa@malawi.net
 r.chirwa@cgiar.org
 c.chitsike@cgiar.org

Nicaragua

Jorge Alonso Beltrán y Axel Schmidt
 Apdo. Postal Lm 172
 Plaza del Sol, 2c al sur, 2c arriba, 1/2c al lago
 Casa No. 4
 Managua, Nicaragua
 Teléfonos: (505-2) 277-4541 ó (505-2) 278-4089
 Fax: (505-2) 278-4930
 Correo electrónico: j.beltran@cgiar.org

Perú

Douglas White
 Eduardo del Aguila 393
 Casilla Postal 558
 Pucallpa, Ucayali, Perú
 Teléfono: (51-64) 577-573
 Fax: (51-64) 571-784
 Correo electrónico: d.white@cgiar.org

Tailandia

Reinhardt Howeler
 CIAT
 Department of Agriculture

Chatuchak, Bangkok 10900, Tailandia
 Teléfono: (66-2) 579 7551
 Fax: (66-2) 940 5541
 Correo electrónico: r.howler@cgiar.org

Tanzania

Kwasi Ampofo, Mukishi Pindji y Ursula Hollenweger
 SADCC/CIAT Regional Program on Beans in Southern Africa
 Selian Agricultural Research Institute
 P.O. Box 2704
 Arusha, Tanzania
 Teléfono: (255-27) 250-2268
 Fax: (255-27) 250-8557
 Correos electrónicos: k.ampofo@cgiar.org, m.pindji@cgiar.org
 u.hollenweger@cgiar.org
 ciat-tanzania@cgiar.org

Uganda

Roger Kirkby
 CIAT Africa Coordination
 Pan-African Bean Research Alliance (PABRA)
 Kawanda Agricultural Research Institute
 P.O. Box 6247
 Kampala, Uganda
 Teléfonos: (256-41) 566-089, (256-41) 567-470 ó (256-41) 567-670
 Fax: (256-41) 567-635
 Correos electrónicos: r.kirkby@cgiar.org, ciatuga@imul.com ó
 ciat uganda@cgiar.org

Robin Buruchara, Soniia David y Anthony Esilaba
 Pan-African Bean Research Alliance (PABRA)
 Kawanda Agricultural Research Institute
 P.O. Box 6247
 13 Km, Bombo Road
 Kampala, Uganda
 Teléfonos: (256-41) 567-470 ó (256-41) 567-670
 Fax: (256-41) 567-635
 Correos electrónicos: ciatuga@imul.com
 s.david@cgiar.org

Créditos de las fotos

ALFREDO CAMACHO: PORTADA, 5 (CENTRO), 20, 26, 28, 35 (ABAJO), 41 (ARRIBA)

CIAT FILES: 39 (ARRIBA), 41 (ABAJO)

GUILLERMO GUZMÁN: 12 (ABAJO)

JAMES LEGG: 13, 14

SANDRA MADRID: 31

YOLANDA MALQUI: 32

DAVID MOWBRAY: REVERSO PORTADA, 4, 5 (ABAJO), 6, 10, 12 (ARRIBA), 35 (ARRIBA), 39 (ABAJO)

LUIS FERNANDO PINO: 43 (ARRIBA)

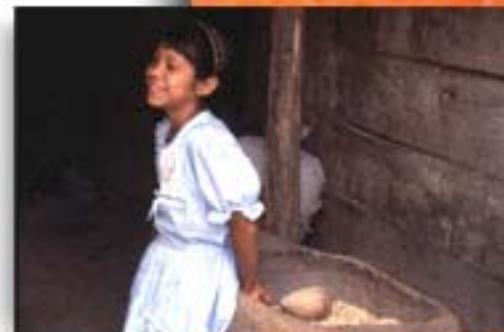
JUAN CARLOS QUINTANA: 3, 7, 21, 23 (DERECHA), 24-25, 27 (DERECHA)

NATHAN RUSSELL: 1, 2, 5 (ARRIBA), 18 (IZQUIERDA), 19 (DERECHA), 23 (IZQUIERDA), 27 (IZQUIERDA), 33, 37 (ARRIBA Y ABAJO), 43 (ABAJO), 44, REVERSO CONTRACARÁTULA

ERNESTO SALMERÓN: 37 (CENTRO), 43 (CENTRO)

GERRY TOOMEY: 8, 9, 15, 16-17, 18-19 (ARRIBA), 18-19 (ABAJO)

VICENTE ZAPATA: 30





Miembros de un comité de investigación agrícola local se reúnen con vecinos en San Dionisio en el Departamento de Matagalpa, Nicaragua.

El Poder de la Perspectiva

A pesar de las exigencias normales de una época de cosecha agitada, 15 mujeres de la comunidad Wibuse, ubicada en zona de ladera en el departamento de Matagalpa, Nicaragua, sacaron tiempo para reunirse en la casa de Bertha Adilia Jarquín. Su principal interés era degustar muestras de alimentos preparados con la soya que Bertha y otros miembros del comité de investigación agrícola local habían estado ensayando.

El comité ya ha seleccionado y multiplicado semilla de variedades mejoradas de maíz y frijol. Así que ya están buscando nuevas oportunidades para aumentar la seguridad alimentaria, elevar los ingresos y proteger los recursos naturales.

La vida siempre ha sido dura para estas mujeres. Pero una serie de desastres naturales —el Huracán Mitch hace 3 años y más recientemente una sequía severa— lo ha hecho aún más difícil. No obstante, ellas parecen estar decididas a sacar ventaja de estos males mediante la adquisición de nuevos conocimientos y en la organización de sus comunidades para el cambio.

Bertha Adilia Jarquín, agricultura y líder comunitaria nicaragüense.



Solutions That Cross Frontiers



CIAT. 2001.
CIAT en Perspectiva, 2000-2001
Cali, Colombia.

ISSN 0120-3150

Tiraje: 3,000
Impreso en Colombia
Junio 2002

Texto: Gerry Toomey
Nathan Russell

**Traducción
al español:** Lynn Menéndez

Diseño: Julio C. Martínez G.

Impresión: Feriva S.A.



**FUTURE
HARVEST**

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es una organización no gubernamental, sin ánimo de lucro, que realiza investigación avanzada en los campos social y ambiental con el objetivo de mitigar el hambre y la pobreza y preservar los recursos naturales en países en desarrollo.

CIAT es uno de los 16 centros de investigación sobre los alimentos y el ambiente que comparten estas metas a nivel mundial y que trabajan en colaboración con los agricultores, los científicos y las personas encargadas de formular políticas. Estos centros, conocidos como los centros de *Cosecha del Futuro*, son financiados principalmente por 58 países, fundaciones privadas y organizaciones internacionales que constituyen el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI).

www.ciat.cgiar.org