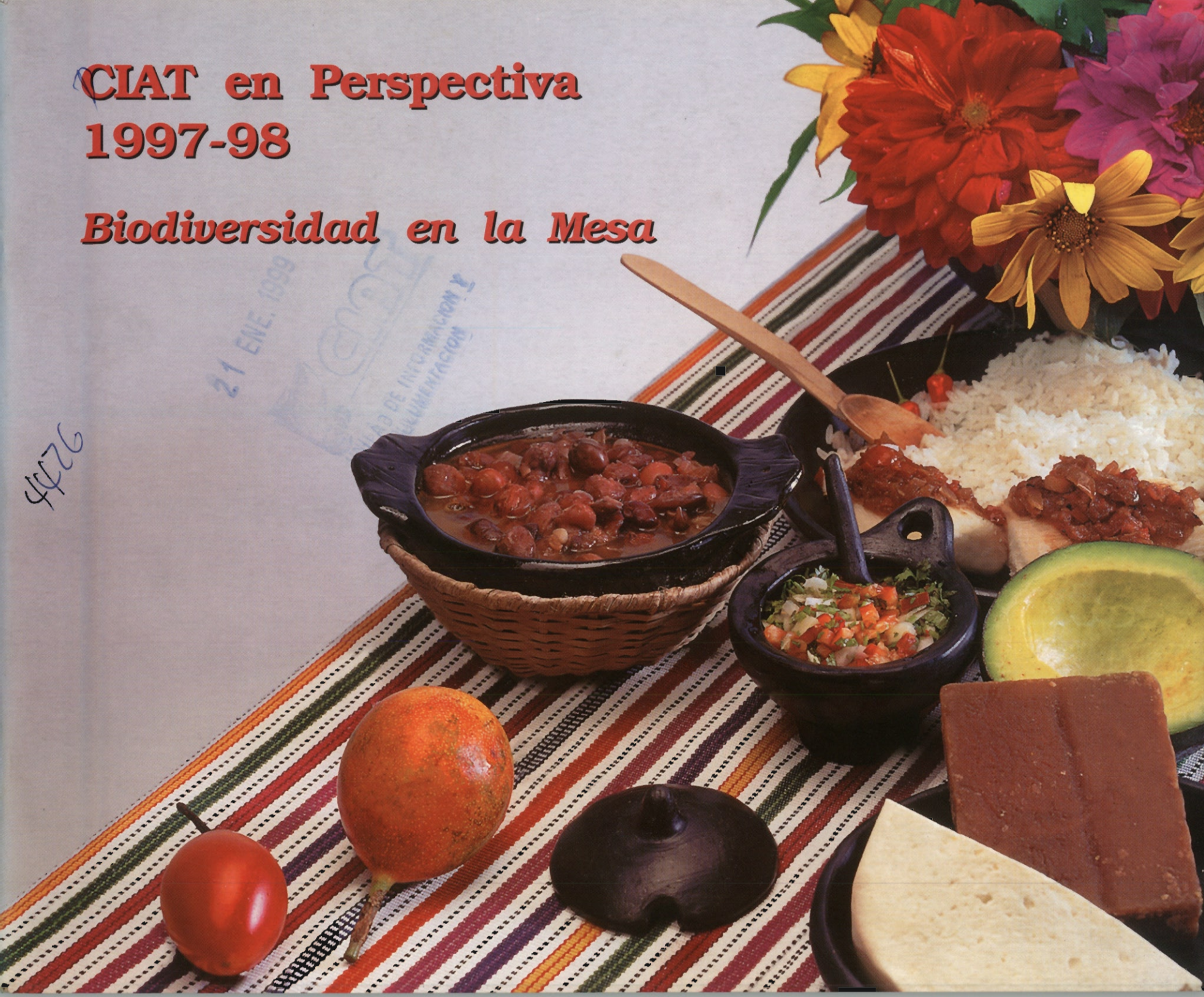


# CIAT en Perspectiva 1997-98

## Biodiversidad en la Mesa

4426

21 ENE. 1999  
CIAT  
CENTRO DE INFORMACION Y  
DOCUMENTACION



## Contenido

- 1 La Perspectiva Puesta en Práctica
- 2 La Biodiversidad en la Mesa  
*Grant M. Scobie, Director General*
- 5 ¿Por qué Preocuparnos por la Biodiversidad?
- 9 Preservación de la Biodiversidad en los Ecosistemas
- 21 Protección de la Base Genética de los Cultivos
- 33 Nuevas Herramientas, Nuevas Fronteras
- 42 Información sobre Impacto en Internet
- 53 El Poder de la Perspectiva



Familia campesina de la aldea de Tien Phong, Provincia de Thal Nguyen, en el norte de Vietnam.

## La Perspectiva Puesta en Práctica

**P**ara muchas personas, el término “biodiversidad” evoca lugares que la humanidad alguna vez tomó a la ligera: el bosque húmedo tropical de la Amazonía y los bosques secos de muchas regiones tropicales. Para quienes piensan así, la diversidad biológica sólo se encuentra en los árboles, las plantas, los insectos y otras criaturas no humanas que habitan estos lugares.

Con mucha frecuencia, la definición omite un componente esencial de la biodiversidad, uno que depende de ella tanto como cualquier otra especie: el ser humano. Y demasiado a menudo, cuando hablamos de biodiversidad, pasamos por alto la variedad de vida vegetal que nos mantiene vivos. Esa diversidad agrícola es una parte inseparable del ecosistema superior que llamamos Tierra.

Como lo explicará e ilustrará este informe anual, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) está dedicado a mejorar el conocimiento, la protección y el uso de la agrobiodiversidad, al igual que los principales agroecosistemas tropicales que la contienen, para el bien del planeta y de todos sus habitantes.



**“No podemos darnos el  
lujo  
de descuidar el destino de  
las plantas del mundo”.**

*David Brackett, Presidente,  
Comisión para la Supervivencia  
de Especies, Unión para la  
Conservación del Planeta*

## La Biodiversidad en la Mesa

**Grant M. Scobie**  
**Director General**

Me place presentar este número de *CIAT en Perspectiva*, que es nuestro informe anual institucional para donantes, colaboradores y otros amigos. Aprovecharé esta oportunidad para compartir con ustedes nuestra perspectiva sobre la diversidad biológica, más conocida como "biodiversidad", y para presentarles una variada muestra de nuestros logros y esfuerzos de investigación en marcha, orientados hacia un mejor conocimiento, protección y uso de este recurso, en beneficio de la humanidad, especialmente de la población de escasos recursos en países en desarrollo.

## Un manantial de soluciones

Acompañenme, por un momento, en mis reflexiones sobre algunas implicaciones del subtítulo de este informe: *La Biodiversidad en la Mesa*. Para empezar, hace énfasis en lo que es nuestro parecer: el destino de la biodiversidad está ligado con la situación de la agricultura tropical —con la perspectiva de poner más alimento en las mesas de los más pobres y más dinero en sus bolsillos.

Como señalaremos más adelante, la agricultura debe convertirse en la principal actividad, mediante la cual las personas que habitan en las zonas tropicales puedan beneficiarse de la biodiversidad, al mismo tiempo que la nutren. Sin embargo, para que esto sea realidad, se requiere un cambio de mentalidad y mucho trabajo.

En vez de considerar la biodiversidad simplemente como una víctima del cambio acelerado, debemos aprender a considerarla como fuente de soluciones de los mismos problemas que la pusieron en riesgo —el hambre, la pobreza y el uso inapropiado de la tierra. Las comunidades rurales, los científicos y los líderes políticos solamente podrán proteger la biodiversidad si sus programas de conservación incluyen iniciativas concretas para el uso sostenible que permita proporcionar alimento y aumentar los ingresos.

## Un recorrido por el CIAT

Encontrar maneras de manejar la biodiversidad en forma sostenible no es tarea sencilla. Precisa que tratemos numerosas especies cultivadas y silvestres, y las interacciones entre ellas, en ecosistemas sumamente diferentes. También exige que trabajemos en escala —desde el genoma y el campo del agricultor hasta el nivel de ecosistema y de continente, inclusive— porque lo que sucede en una escala, invariablemente repercute en los demás niveles. Esta complejidad es manejable en la medida en que nuestro trabajo integre disciplinas científicas, incluya una eficaz colaboración entre socios y aproveche el potencial que ofrecen las nuevas herramientas de investigación.

Si usted hace un recorrido por las instalaciones del Centro o visita a nuestro personal en sus sedes en el exterior (en



Desgranando una nueva variedad de frijol común en Loja, Ecuador.

cierta forma está haciendo ambas cosas al leer este informe), en todas partes observará “la biodiversidad en la mesa” como punto central de nuestra investigación y desarrollo de tecnologías. Usted corroborará el trabajo absorbente que se realiza sobre este tema en las mesas de trabajo del banco de germoplasma, en nuestro laboratorio de biotecnología y en los demás laboratorios, en nuestros invernaderos y campos experimentales, y hasta en las pantallas de computadora de nuestros especialistas en sistemas de información geográfica (SIG).

También observará que las personas hacen juntas su investigación, aportando diferentes perspectivas a tareas comunes. Y no sólo se encontrará con investigadores del CIAT, sino también con colegas de organizaciones como la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, su acrónimo en inglés), así como una multitud de estudiantes brillantes y ansiosos por aprender.

*“Existe una diferencia considerable entre los Centros en cuanto a la producción de colecciones básicas. El CIAT está a la vanguardia con el uso de SIG y de marcadores moleculares, para producir colecciones básicas de frijol *Phaseolus* y de yuca”.*

*Tomado del informe de la Revisión Externa solicitada internamente, con respecto a las operaciones de los Bancos de Germoplasma del GCIAT*

Preparación de la semilla de la leguminosa forrajera *Aeschynomene americana* para su almacenamiento en la sede del CIAT.

Muchos de estos científicos estudian cultivos diferentes de los que trata directamente el CIAT, pero se sienten muy a gusto aquí, trabajando codo a codo con nuestro personal y en los mismos agroecosistemas. Si usted acompaña a nuestros científicos a los campos de los agricultores, observará que la biodiversidad es un tema fundamental de nuestros esfuerzos para desarrollar métodos que permitan a los campesinos participar, en forma significativa, en la investigación que busca soluciones a sus problemas.

### **La biodiversidad en primer plano**

La biodiversidad, por tanto, es un factor común en todo nuestro trabajo; reúne diversas disciplinas científicas y colaboradores de investigación, y crea vínculos entre éstos y los agricultores para quienes trabajan. Desde luego, la biodiversidad es también un tema de discusión apasionante. Y el CIAT tiene participación en la mesa de deliberaciones.



En noviembre de 1997, auspiciamos una Revisión Externa que examinó nuestras actividades en biotecnología y en recursos fitogenéticos. El grupo de revisión emitió un concepto sumamente favorable acerca de nuestro personal y el trabajo que realiza, e hizo recomendaciones útiles con respecto a actividades futuras. Un mes después, en la revisión anual de las actividades del Centro, la biodiversidad nuevamente ocupó el primer plano. Las presentaciones elaboradas por nuestro personal para esa revisión fueron la base del material para este informe anual.

Aquellos eventos coincidieron con dos acontecimientos que tuvieron importantes implicaciones para el intercambio internacional de recursos fitogenéticos: la Convención sobre Diversidad Biológica (que forma parte de la Agenda 21, el programa detallado de acción del desarrollo sostenible que surgió de la Cumbre del Planeta Tierra de 1992) y la revisión del Acuerdo Internacional para el Desarrollo de los Recursos Fitogenéticos.

En años recientes, el CIAT ha tomado medidas para que su intercambio de germoplasma sea completamente compatible con los nuevos acuerdos internacionales. También hemos aumentado el énfasis en la investigación en biodiversidad, de conformidad con las prioridades del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI), que apoya al CIAT y a otros 15 centros. En este informe demostraremos, con muchos ejemplos, lo que están haciendo nuestros científicos para asegurar que la biodiversidad siempre esté

## Socios en la investigación sobre biodiversidad

Las instalaciones del CIAT en Colombia son sede de una mezcla de disciplinas científicas, que van desde la fitogenética hasta la ecología y la antropología. En ellas también se hospeda personal internacional de numerosas organizaciones colaboradoras, incluyendo programas nacionales y centros internacionales, como es el caso del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, su acrónimo en inglés).

Fundado en 1974, el IPGRI promueve la colección, la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos. El científico David Williams, especializado en diversidad genética, tiene como sede la Oficina Regional para las Américas del IPGRI en CIAT, una de las cinco oficinas regionales del Instituto en todo el mundo. Esta oficina cubre América del Norte, América Central y América del Sur, así como el Caribe.

"Los objetivos del CIAT se parecen en muchos aspectos a los del IPGRI", dice Williams. "En los 2 años que he estado aquí, se han fortalecido nuestras actividades colaborativas. Y esperamos que continúen su desarrollo". Williams ofrece estos ejemplos de esa colaboración, trabajos que ya están en curso o pronto lo estarán:

- Especialistas en biotecnología del CIAT han participado en el trabajo sobre marcadores moleculares, como parte de un proyecto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y coordinado por el IPGRI para promover el mejoramiento de especies frutales nativas de América tropical.
- Aprovechando la "gran capacidad" del CIAT en sistemas de información geográfica (SIG), el IPGRI está iniciando un proyecto para desarrollar un modelo que podrá predecir la presencia de una diversidad de especies cultivadas, comenzando inicialmente con el maní en Ecuador y Guatemala.
- El IPGRI y el CIAT intercambian regularmente información novedosa sobre el desarrollo de técnicas de criopreservación para el almacenamiento a largo plazo de los recursos fitogenéticos.
- Ambas instituciones participan en la Red de Información sobre Recursos Fitogenéticos a nivel del Sistema del GCAI (SINGER, su acrónimo en inglés), que permite hacer búsquedas en todas las bases de datos de germoplasma de los centros del GC, a través de un sistema unificado.
- Las dos instituciones se colaboran regularmente en cuanto a capacitación.
- El IPGRI, junto con el CIAT, está sondeando la posibilidad de realizar un esfuerzo colaborativo, a nivel del hemisferio, para estudiar la diversidad genética y el mejoramiento de *Capsicum*, el género de hierbas y arbustos tropicales de la familia solano que incluye ají dulce, ají rojo y chile que son cultivados. "Este género", dice Williams, "tiene gran potencial de mercado, pero sorprendentemente se conoce poco acerca de la diversidad genética de sus especies silvestres y cultivadas".

Una variedad comestible de chile (*Capsicum annuum*) que también se usa como planta ornamental.

en la mesa, proporcionando alimento y formas de sustento, y satisfaciendo otras necesidades vitales, en particular para las personas más necesitadas del planeta.

### ¿Por qué Preocuparnos por la Biodiversidad?

En gran parte del mundo, la agricultura es el punto crítico donde la actividad humana amenaza a la biodiversidad, pero lo es más en el trópico, donde existe la mayor biodiversidad del mundo. Los ambientes que presentan una gran riqueza en diversidad genética están siendo rápidamente degradados o eliminados, a medida que la producción agrícola se extiende bosque adentro y hacia arriba en las laderas.

Hay razones muy comprensibles detrás de esta expansión: se espera que la población mundial se duplique entre mediados de la década de los 90 y


mediados del próximo siglo; y habrá que alimentarla. La estructura de la agricultura favorece las operaciones agrícolas más grandes y más intensivas comercialmente, al igual que los mercados mundiales en expansión. Las políticas gubernamentales desfavorables, por ejemplo los subsidios, pueden forzar a la población rural de escasos recursos hacia los márgenes de la seguridad económica y, también, hacia los márgenes de los bosques primarios.

### La pérdida es de todos

Abundan ejemplos claros de esta tendencia en las laderas, en las sabanas y en los márgenes forestales de América tropical, de África y de Asia. La pérdida de la biodiversidad, debido ya sea a eventos catastróficos, como los recientes incendios en Indonesia y en la Amazonia, o mediante el lento desgaste que los científicos llaman "erosión genética", tiene consecuencias

nefastas para las personas que viven en los agroecosistemas tropicales y más allá.

Se pierden los parientes silvestres de las plantas cultivadas que, durante milenios, han proporcionado los genes que aseguran su vigor evolutivo y supervivencia. Se pierden productos vegetales valiosos, algunos de los cuales han sido utilizados



Cultivo intensivo en un ambiente de tierras altas de Java Oriental, Indonesia.

Distribución de muestras de ADN para análisis en el laboratorio de marcadores moleculares del CIAT.

durante siglos como medicinas naturales, y otros cuyos beneficios tal vez nunca se conocerán, una vez que se alteren sus hábitats. Las personas que dependen, de primera mano, de estos sistemas y sus vecinos aguas abajo pierden los abastecimientos de agua que han sido arruinados por la erosión y la escorrentía tóxica. El riesgo de que estas personas (como el resto del mundo) pierdan su

relación de "clima" es cada vez mayor, ya que la quema de tierras agrícolas contribuye al cambio del clima del planeta.

Dentro de la misma agricultura, la base genética —es decir, la biodiversidad— de la producción está siendo erosionada, no sólo porque están desapareciendo los parientes silvestres de las plantas, sino también porque las prácticas agrícolas usadas, generalmente promueven los monocultivos, enfatizando la uniformidad genética a expensas de la diversidad. Si los agricultores se cambian a una única variedad de yuca, de maíz o de frijol en respuesta a las exigencias del mercado, es más probable que descuiden sus líneas tradicionales locales.

### **Mejores maneras**

Detrás de todos estos temas está la incertidumbre tácita de un crecimiento bastante acelerado de la población; los problemas se han agravado a una velocidad más rápida de la que el planeta ha podido hacerles frente. La mayoría de los argumentos para evitar que nuevas tierras se incorporen a la agricultura quedan sin bases, cuando se enfrentan a la necesidad de alimentarse que tiene una familia. Tradicionalmente, las personas han respondido a estas presiones en forma directa, talando el bosque para sembrar cultivos, ocupando tierras cada vez más altas en las laderas escarpadas en busca de tierra cultivable, y aplicando productos químicos con la esperanza de erradicar plagas y enfermedades y restaurar la fertilidad perdida del suelo.





Ahora está claro que estas formas no son siempre buenas para la salubridad del planeta y, en muchos casos, lo dañan severamente. Deben encontrarse mejores maneras y —debido al inexorable empuje del crecimiento de la población— debe hacerse pronto.

En el CIAT trabajamos con la creencia de que la biodiversidad es una parte esencial de la solución a los mismos problemas que amenazan nuestra capacidad de alimentarnos —desde el daño causado por insectos y enfermedades hasta la pobreza que aflige gran parte del mundo tropical.

Con la ayuda de herramientas potentes, que van desde los marcadores genéticos moleculares o programas de computadora que ilustran la biodiversidad en mapas grandes y coloridos, hasta los esfuerzos de investigación colaborativa entre agricultores y científicos, desarrollamos maneras de proteger y usar la biodiversidad en forma sostenible en los principales agroecosistemas. También empleamos la diversidad genética de especies específicas para generar nuevos cultivares que resuelven los problemas de producción de alimentos y crean nuevas fuentes de ingresos para la población rural.

Estos productos tienen poco valor hasta que las personas los utilicen y se beneficien de ellos. Para que esto suceda, el CIAT distribuye semilla mejorada, métodos e información de diversas

maneras: por ejemplo, comparte germoplasma con colaboradores en todo el mundo, organiza talleres con científicos colegas, pone sus laboratorios a disposición de investigadores de organizaciones nacionales, y desarrolla herramientas de información que operan en computadoras comunes y corrientes. Estamos convencidos de que ningún enfoque por sí solo es suficiente para alimentar al mundo y mantener la biodiversidad. En cambio, trabajamos diversos enfoques a la vez, que cruzan los límites geográficos y la especialización científica.

Los días de “las balas mágicas” y de “los grandes descubrimientos” están desapareciendo rápidamente; están siendo reemplazados por un nuevo entendimiento de la naturaleza, interrelacionada con los problemas del planeta tierra y sus soluciones. Enfrentar múltiples problemas relacionados es mucho más complicado que tratar individualmente los componentes de la producción agrícola, pero es la única manera de entender la diversidad de la naturaleza y lograr soluciones duraderas a estos problemas.

Cruce de arroz cultivado con  
*Oryza barthii* silvestre.

Miembros de la rápidamente creciente familia humana, provenientes de Colombia, Vietnam y Uganda.



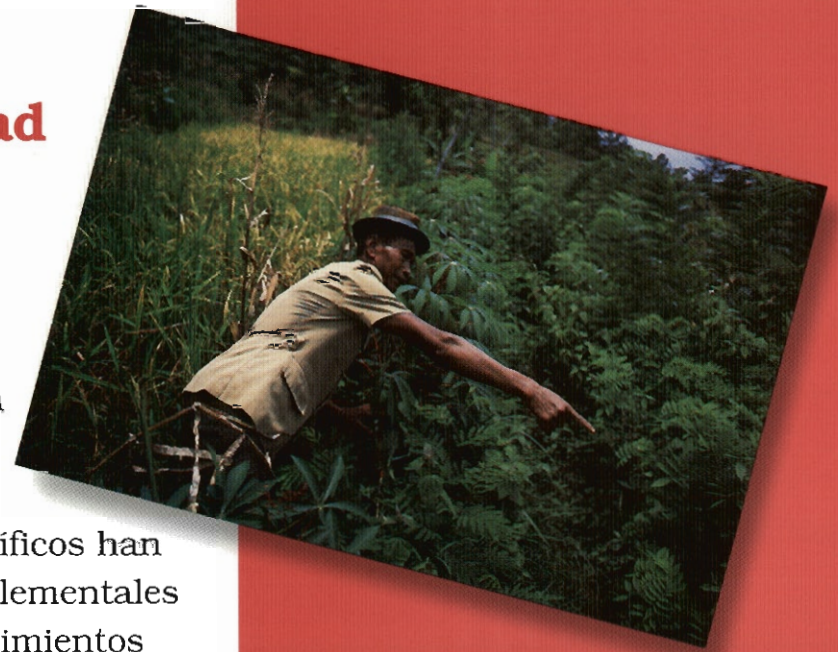


El ecosistema andino de la Provincia de Loja, Ecuador.

## Preservación de la Biodiversidad en los Ecosistemas

**D**urante una reunión celebrada por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1997, hubo consenso en torno a que, desde hace 12 años, cuando se acuñó el término “biodiversidad”, los científicos han logrado conocer solamente uno de los aspectos más elementales de la diversidad de los seres vivos. La falta de conocimientos sobre las complejas relaciones ecológicas entre especies y sus principales contribuciones a la biosfera es apremiante.

Lamentablemente, también hubo consenso sobre este punto: El mundo se tambalea al borde de una gran ola de extinción —la sexta que se ha presentado— generada por el agotamiento gradual de la diversidad biológica, debido, en gran parte, a la pérdida de hábitats. Para ayudar a detener esta amenaza, los científicos del CIAT están estudiando modelos de manejo de la tierra y sus efectos en la biodiversidad, a escala continental y en los principales agroecosistemas. Este trabajo busca proporcionar herramientas, métodos e información que ayuden a guiar a las personas que formulan las políticas, a quienes trabajan en investigación y desarrollo, a las comunidades locales y a los agricultores, en la toma de decisiones y en las actividades que realicen.



**“Entre los científicos hay unanimidad tácita con respecto a que, dadas las tendencias actuales, es probable que en el transcurso del próximo siglo, el planeta sienta los estragos, en términos biológicos, de la pérdida entre el 25 y el 50 por ciento de todas sus especies”.**

*Thomas E. Lovejoy, Consejero para Asuntos Relacionados con la Diversidad Biológica y el Medio Ambiente, Institución Smithsonian, EE.UU.*

### **Más Allá de lo Convencional**

*Una poderosa herramienta, recientemente desarrollada, para el manejo de los recursos ambientales*

Una de las maneras en que el CIAT ayuda a mejorar el manejo de los recursos ambientales —incluyendo la biodiversidad y otros recursos naturales— es desarrollando menús, herramientas y paletas de información y ponerlos a disposición de organizaciones mundiales, regionales y nacionales. Al proporcionar la

mejor información disponible, estas herramientas ayudan a los usuarios a comprender las tendencias actuales, a anticipar el impacto de nuevas medidas y, por tanto, a tomar mejores decisiones acerca de proyectos y políticas.

Un nuevo producto de este trabajo, que se puede aplicar en forma general, es el *Atlas de Indicadores Ambientales y de Sostenibilidad para América Latina y el Caribe*, disponible en CD-ROM. Este Atlas CD (su nombre abreviado) es una

coproducción del CIAT y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Es el resultado del trabajo del científico ambiental del CIAT Manuel Winograd, junto con Andrew Farrow y Jeremy Eade, ambos especialistas en sistemas de información geográfica (SIG). Este es el primer atlas computarizado de la región sobre el tema.

Lo innovador del Atlas CD, explica Winograd, no es la naturaleza de la información que contiene, sino más bien la interfaz amistosa que permite al usuario reunir



fácilmente indicadores de numerosas fuentes, diferentes pero valiosas, y sobreponerlos en mapas. La interfaz organiza más de 200 indicadores sociales, económicos y ambientales en cuatro categorías generales: presión (en el ambiente), estado (del ambiente), impacto/efecto (de la actividad humana) y respuesta (a medidas específicas).

En cada una de las cuatro categorías, los indicadores están disponibles para 14 variables, como población, desarrollo económico, agricultura y alimentación, bosques y sabanas, biodiversidad, aguas dulces, y atmósfera y clima. Varios de estos indicadores pueden mostrarse en el mismo mapa.

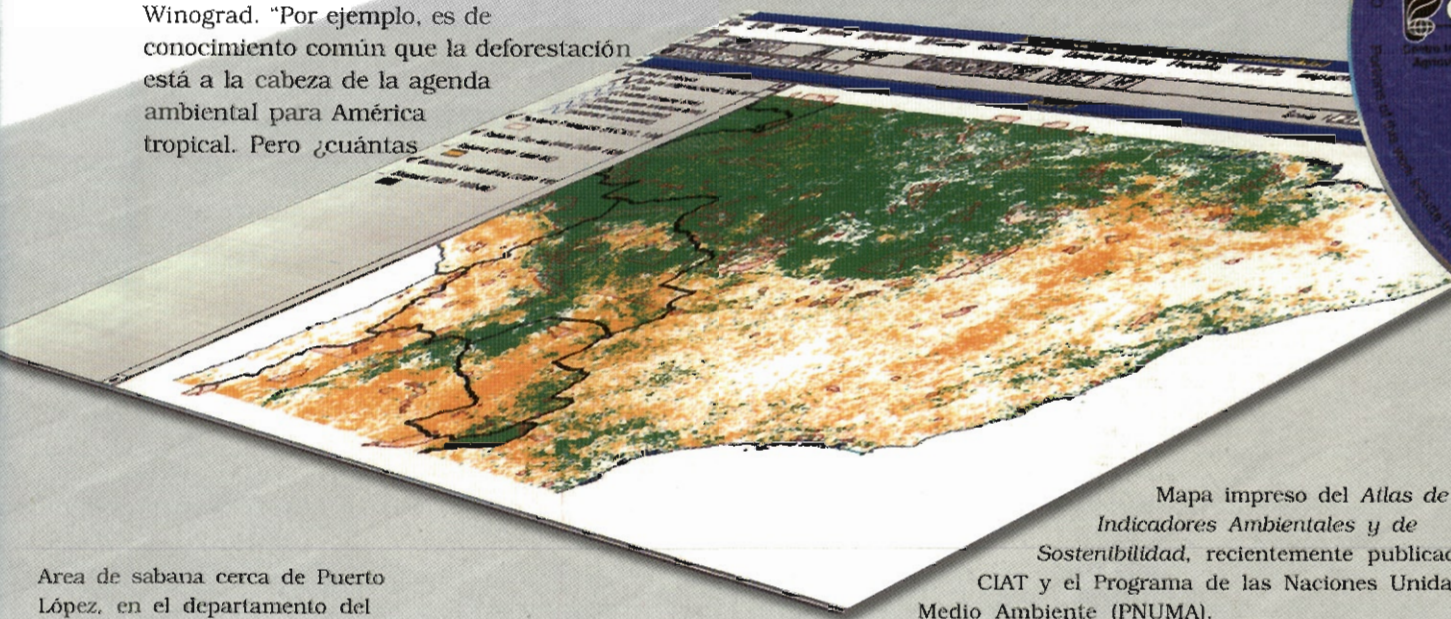
“La importancia de esta herramienta reside en su capacidad para mostrar brechas en nuestro conocimiento de problemas ambientales y para señalar acciones que podrían resolverlos”, dice Winograd. “Por ejemplo, es de conocimiento común que la deforestación está a la cabeza de la agenda ambiental para América tropical. Pero ¿cuántas

personas son conscientes de que casi la mitad de esta deforestación está ocurriendo en los bosques secos tropicales?” El público presta mucha más atención a los bosques húmedos tropicales porque contienen más especies de plantas y porque su destrucción podría contribuir más al calentamiento del planeta. Pero los bosques secos son el hábitat de un número mucho mayor de mamíferos, así como de parientes silvestres de cultivos importantes, como el frijol, el ají y el tomate. Además, por hallarse más cerca de las áreas de producción de alimentos, estos bosques están bajo mucha más presión humana.

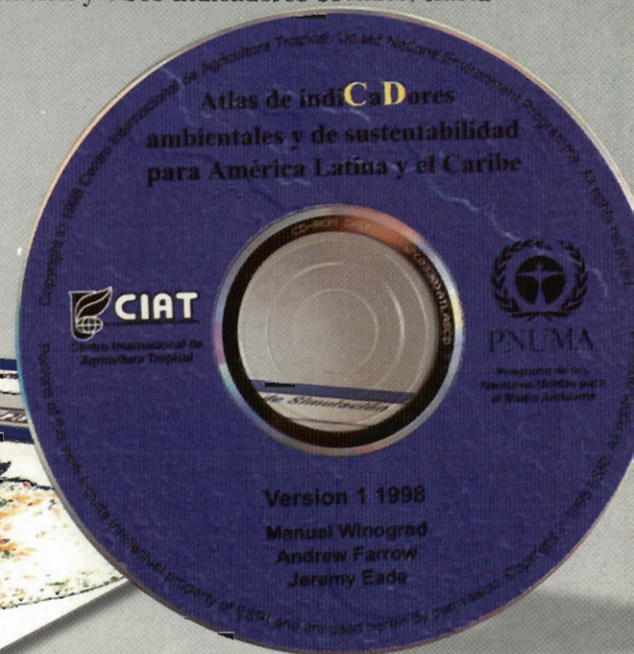
Solamente queda el 21 por ciento del bosque seco de América tropical, en comparación con el 88 por ciento del bosque húmedo tropical que aún conserva su vegetación nativa. No obstante, el bosque húmedo tropical ha sido apartado en reservas de biodiversidad, en una

proporción más grande, observa Winograd. Para preservar lo poco que queda del bosque seco, es urgente que los formuladores de políticas reconsideren sus decisiones acerca de las reservas de biodiversidad, la construcción de vías, el desarrollo agrícola, y otras actividades que serán determinantes en la suerte de este recurso. El Atlas CD los ayudará en esta tarea.

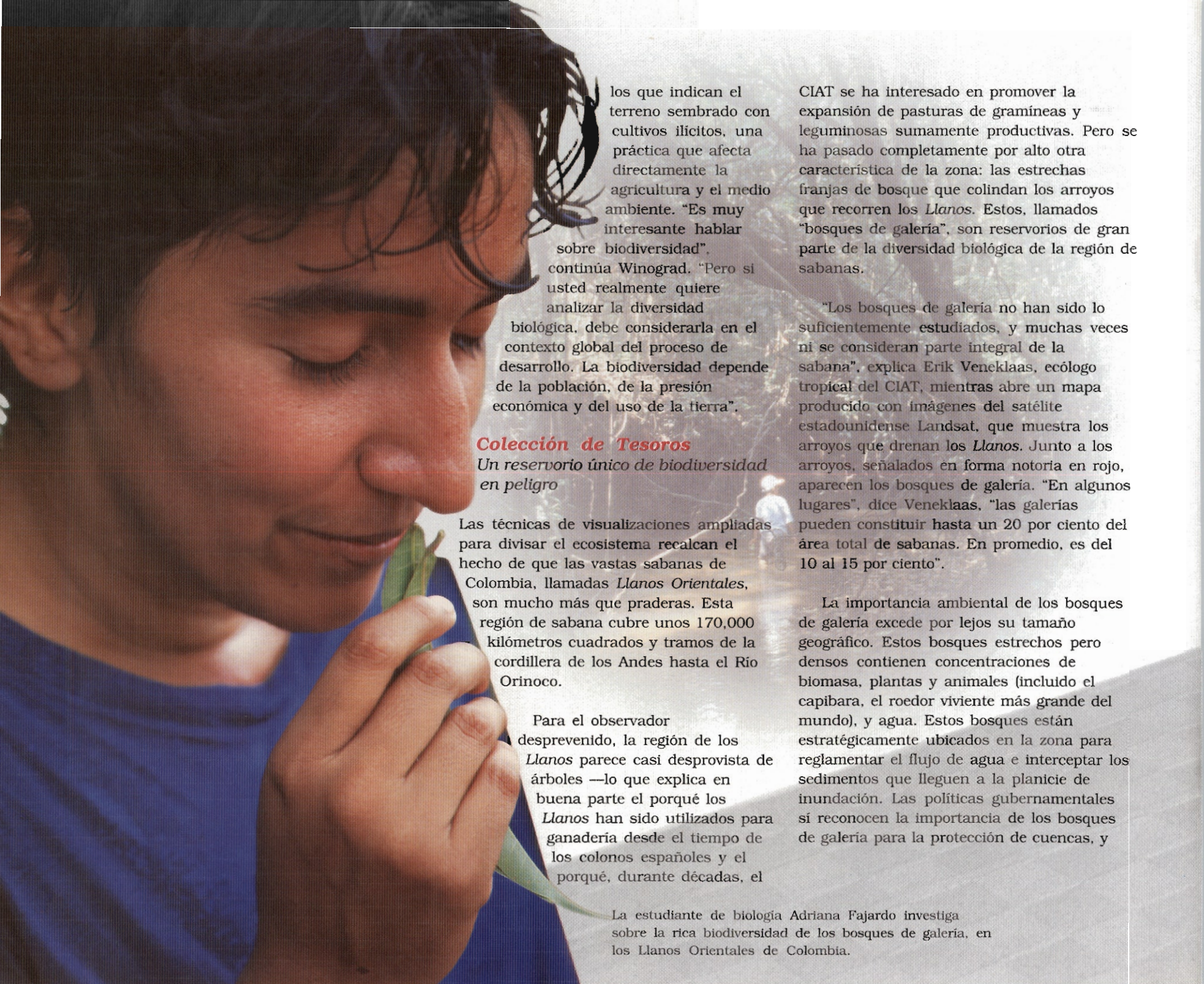
El impacto del hombre en la biodiversidad es evidente en muchos de los mapas producidos por el Atlas CD —por ejemplo, en los que muestran el crecimiento de la población y otros indicadores sociales, hasta



Area de sabana cerca de Puerto López, en el departamento del Meta, Colombia.



Mapa impreso del Atlas de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad, recientemente publicado por el CIAT y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).



los que indican el terreno sembrado con cultivos ilícitos, una práctica que afecta directamente la agricultura y el medio ambiente. “Es muy interesante hablar sobre biodiversidad”.

continúa Winograd. “Pero si usted realmente quiere analizar la diversidad

biológica, debe considerarla en el contexto global del proceso de desarrollo. La biodiversidad depende de la población, de la presión económica y del uso de la tierra”.

### **Colección de Tesoros**

*Un reservorio único de biodiversidad en peligro*

Las técnicas de visualizaciones ampliadas para divisar el ecosistema recalcan el hecho de que las vastas sabanas de Colombia, llamadas *Llanos Orientales*, son mucho más que praderas. Esta región de sabana cubre unos 170,000 kilómetros cuadrados y tramos de la cordillera de los Andes hasta el Río Orinoco.

Para el observador desprevenido, la región de los *Llanos* parece casi desprovista de árboles —lo que explica en buena parte el porqué los *Llanos* han sido utilizados para ganadería desde el tiempo de los colonos españoles y el porqué, durante décadas, el

CIAT se ha interesado en promover la expansión de pasturas de gramíneas y leguminosas sumamente productivas. Pero se ha pasado completamente por alto otra característica de la zona: las estrechas franjas de bosque que colindan los arroyos que recorren los *Llanos*. Estos, llamados “bosques de galería”, son reservorios de gran parte de la diversidad biológica de la región de sabanas.

“Los bosques de galería no han sido lo suficientemente estudiados, y muchas veces ni se consideran parte integral de la sabana”, explica Erik Veneklaas, ecólogo tropical del CIAT, mientras abre un mapa producido con imágenes del satélite estadounidense Landsat, que muestra los arroyos que drenan los *Llanos*. Junto a los arroyos, señalados en forma notoria en rojo, aparecen los bosques de galería. “En algunos lugares”, dice Veneklaas, “las galerías pueden constituir hasta un 20 por ciento del área total de sabanas. En promedio, es del 10 al 15 por ciento”.

La importancia ambiental de los bosques de galería excede por lejos su tamaño geográfico. Estos bosques estrechos pero densos contienen concentraciones de biomasa, plantas y animales (incluido el capibara, el roedor viviente más grande del mundo), y agua. Estos bosques están estratégicamente ubicados en la zona para reglamentar el flujo de agua e interceptar los sedimentos que lleguen a la planicie de inundación. Las políticas gubernamentales sí reconocen la importancia de los bosques de galería para la protección de cuencas, y

La estudiante de biología Adriana Fajardo investiga sobre la rica biodiversidad de los bosques de galería, en los *Llanos Orientales* de Colombia.

han declarado que deben dejarse corredores de bosque de 30 metros de ancho a cada lado de los arroyos. Pero, en muchos sitios, estos reglamentos se pasan por alto.

Al visitar a las familias que residen cerca de los bosques de galería en los alrededores de la población de Puerto López, departamento del Meta, en los Llanos colombianos, se aprecia el alto nivel de respeto que sienten por los beneficios brindados por estos bosques. Aunque algunas especies maderables valiosas han escaseado, las especies que los habitantes de la sabana extraen de los bosques de galería —para postes de cercas, construcción, o combustible— regeneran muy bien.

Veneklaas confirma esta apreciación generalizada: “Pienso que la gente ha entendido el valor que tienen los recursos. Pero una de las razones por las cuales estamos trabajando en esta zona es porque esperamos que con mejores vías de

acceso y nuevas tecnologías agrícolas, la presión demográfica aumente. Se intensificará la agricultura y disminuirá el tamaño de las áreas de explotaciones agrícolas, que ahora son de miles de hectáreas. Habrá más unidades familiares. Cada finca seguirá teniendo las mismas necesidades —o mayores— de animales de caza, separación de campos y agua. Y todo esto saldrá del bosque de galería”.

El CIAT, en su búsqueda de maneras de proteger estos bosques, ha llegado a esferas de alto vuelo —las imágenes recogidas vía satélite. La especialista en teledetección Nathalie Beaulieu emplea SIG para combinar imágenes de satélite, al igual que información digitalizada de mapas y datos

recolectados en el campo, en representaciones gráficas de las condiciones ambientales en el campo.

Beaulieu y sus colegas ahora están analizando las diferencias sutiles en la densidad de las imágenes, comparando lo que los satélites visualizan con lo que realmente se encuentra en el terreno. “Nuestro objetivo es producir un mapa que muestre las zonas que aún están con pastura nativa”, dice Beaulieu, “en contraposición con pasturas mejoradas sembradas por el agricultor”.

Algunas áreas de la sabana nativa son demasiado frágiles para resistir el pastoreo intensivo o la agricultura en forma intensiva, mientras que en otras áreas, que tienen suelos más estables, si es posible hacerlo. El

Imagen de satélite de la cuenca del Río Yucao, en el departamento del Meta, Colombia.



La flor del árbol *Caryocar* sp. es comúnmente consumida por los animales que habitan los bosques de galería.



Semillas de la palma de moriche (*Mauritia flexuosa*).

seguimiento de los ambientes de sabana natural ayudará a los planificadores del manejo de la tierra a determinar los usos que deben promover en zonas específicas. También les ayudará a comprender la importancia de los bosques de galería y a identificar aquellas zonas donde este recurso se encuentra en peligro.

### **Un Mal Negocio para Todos** *Efectos del uso de la tierra en la biodiversidad de la Amazonía peruana*

La biodiversidad es importante en todas partes, pero tiene especial trascendencia en los límites entre tierras cultivadas y bosque tropical. Un equipo de investigadores del CIAT —el antropólogo agrícola Sam Fujisaka, el botánico Germán

Escobar y el ecólogo Erik Veneklaas— ha estudiado los efectos de la explotación forestal, la agricultura migratoria y la construcción de vías en dos regiones de la Amazonía; la más reciente, en los alrededores de la población fronteriza peruana de Pucallpa, sobre el Río Ucayali, un tributario del Amazonas. Sus hallazgos tienen implicaciones alarmantes para los agricultores que luchan por ganar su sustento en el sector de Pucallpa y para las personas que trazan las políticas y los proyectos que afectan el uso de la tierra en la zona.

El equipo de Fujisaka ha realizado un estudio detallado de las especies de plantas y su frecuencia alrededor de Pucallpa, en diversas condiciones de manejo de la tierra. Los científicos también entrevistaron a 71

agricultores-colonos de la zona, con respecto a las especies forestales que ellos quisieran tener (y, por tanto, habría permitido seguir creciendo en sus campos), las malezas más dañinas para los cultivos, y las plantas —tanto deseables como indeseables— para los barbechos.

Typicamente, los agricultores de la región talan el bosque y siembran cultivos anuales hasta que la productividad disminuye (como resultado de la presencia de malezas y de la baja fertilidad del suelo), viéndose forzados a abandonar sus campos. A medida que la naturaleza se impone nuevamente, las mismas malezas que compitieron con los cultivos y otras plantas se convierten en componentes del barbecho que restaura la fertilidad del suelo para cultivos futuros.

Como era de esperarse, el estudio indicó que el bosque tiene la mayor riqueza de diversidad: 235 especies. Una vez que los colonos convirtieron el bosque en campos agrícolas, generalmente mediante el sistema de tumba y quema, desaparecieron 143 de las especies forestales. A medida que las condiciones de campo fueron cambiando, debido a sucesivos años de explotación agrícola, emergieron, en grandes cantidades, diferentes conjuntos de plantas más competitivas (conocidas por los agricultores como "malezas"). Las plantas de los bosques, incluyendo los árboles que producen semilla grande en cantidades pequeñas y que dependen de mamíferos y aves de gran tamaño para dispersarlas, se encuentran en desventaja cada vez más. Las plantas que producen enormes cantidades de semilla de mayor longevidad y que están



Campo infestado de malezas cerca de Pucallpa, en la Amazonía peruana.



mejor adaptadas a la intemperie han ido estableciéndose. El número de especies vegetales en los bosques fue disminuyendo a medida que el campo llevaba más años bajo cultivo.

Las especies crecieron durante los períodos en barbecho. “Los barbechos de 5 años o más fueron muy similares al bosque en términos del elevado número de especies (183)”, informan los investigadores. Pero estos barbechos difirieron de las muestras de bosque, pues contenían solamente una cuarta parte de las especies forestales. Cuando la tierra retornó del barbecho a la explotación agrícola, los agricultores encontraron más malezas —la venganza del bosque, según parece— muchas de ellas productoras de grandes cantidades de semilla y adaptadas a condiciones del campo abierto, a suelos más pobres y a menor humedad del suelo.

Para los agricultores fue fácil identificar las especies menos deseables —es decir, las que indicaban degradación del suelo y planteaban graves problemas de malezas. Los agricultores también utilizaron y valoraron las especies seleccionadas; casi un tercio de los agricultores dejaron plantas deseables en los campos sometidos a tumba y quema. La mayoría de estas plantas eran especies de madera blanda, de gran valor comercial. Los agricultores especificaron 66 plantas como “deseables” en los campos en barbecho, incluyendo algunas con valor medicinal, palmas y otros árboles multipropósito.

Pero, lamentablemente, la frecuencia de estas especies en los diferentes usos de la

tierra es baja, lo que refleja su intensa explotación. Por ejemplo, en años recientes ha aumentado la extracción de la especie maderable *Dipterix odorata*, en la medida en que el gobierno ha restablecido su control en la región, impulsando a algunos agricultores a cambiar la producción de coca por la de carbón vegetal.

Los modelos actuales de manejo de la tierra en los alrededores de Pucallpa son, por lo tanto, un mal negocio para todos. Los agricultores que vienen en busca de una mejor vida, mediante la producción de cultivos anuales, como arroz y yuca, pronto se encuentran bajo el yugo de un modelo destructor e insignificante de tala de bosque y degradación de la tierra. La fertilidad

del suelo disminuye rápidamente, y las malezas competitivas proliferan en el terreno desbrozado de bosque y en los barbechos, una situación que no le deja alternativa al agricultor sino de continuar talando el bosque. La subsiguiente desaparición de especies forestales priva a los colonos de muchas especies útiles y representa una pérdida de biodiversidad que puede ser desastrosa para la sociedad en general, tanto en Perú como más allá.

Este estudio valora las evidencias sobre consecuencias negativas de políticas y programas que promueven el asentamiento en los márgenes forestales como manera de fomentar la producción agrícola o de mitigar la presión demográfica en otros sitios.

Identificación de especímenes vegetales en el herbario localizado en la sede del CIAT.



## Soluciones que Traen Beneficios Inmediatos

*Adopción de sistemas de producción sostenibles en Colombia*

Toda la investigación agrícola de excelente calidad a nivel mundial no puede detener la reducción de la base genética, ni proteger la biodiversidad, ni ayudar a los agricultores del trópico a salir de su pobreza, sin la participación entusiasta de los mismos agricultores. En el trópico, los agricultores, más que sus homólogos en otros sitios, se acercan al límite inferior del bienestar económico. Aunque ven con sus propios ojos los beneficios a largo plazo de las prácticas sostenibles, quizás no las adopten si las perciben como un riesgo para su sostenibilidad *financiera* de ese año.

Los científicos del CIAT y sus colaboradores —incluyendo los agricultores— trabajan en diversos frentes para desarrollar sistemas agrícolas sostenibles que, además de ser ecológicamente seguros, sean también económicamente aceptables para los usuarios finales. El Centro tiene una larga historia con este tipo de trabajo en Cauca, Colombia, un departamento azotado por la violencia de grupos guerrilleros y por otras aflicciones sociales, inmerso dentro de la depresión de la economía rural regional y afectado por la debilidad de las instituciones locales.

En 1990, el CIAT empezó a ayudar a las comunidades agrícolas del Cauca a establecer Comités de Investigación Agrícola Local (CIAL) para cerrar la brecha

En el trasfondo se ve la leguminosa arbórea multi-propósito *Sesbania sesban*.

entre el agricultor y el investigador agrícola. Los CIAL prosperaron en Cauca y se multiplicaron rápidamente. Ahora hay 56. En 1993, el CIAT, aprovechando las experiencias de estos primeros comités, ayudó a establecer el Consorcio Interinstitucional para la Agricultura Sostenible en Laderas (CIPASLA), que cuenta con 16 miembros, para mejorar el manejo de los recursos naturales por las comunidades en una cuenca de 7,000 hectáreas en el norte del Cauca. Con el apoyo de los gobiernos de Canadá, Holanda y Japón, este consorcio ha sido muy elogiado por la efectiva integración de la mitigación de la pobreza mediante una agricultura más intensiva y diversificada, a la vez que se ha protegido el medio ambiente.

“El despegue de las organizaciones comunitarias fue instantáneo, por ellas mismas”, dice Ron Knapp, científico del CIAT especializado en suelos, que lidera el proyecto del Centro sobre cuencas en zonas de ladera. Las familias campesinas diseñaron proyectos de reforestación, establecieron zonas protectoras alrededor de los arroyos y ríos, y aprendieron a juzgar los méritos relativos de los diferentes escenarios de desarrollo.

Además de crear un nuevo marco de acción comunitaria y de colaboración institucional, CIPASLA proporcionó un nicho para la investigación sobre sistemas de cultivo mejorados. Una visita a la comunidad caucana de Pescador, sobre el río del mismo nombre, muestra el trabajo realizado por el científico del CIAT especializado en suelos, Edmundo Barrios.

La estudiante de agronomía Edis Milena Quintero inocula plántulas de la leguminosa arbustiva (*Tephrosia* sp.) con rizobios.

Su proyecto está promoviendo la siembra de barreras vivas de pasto elefante, pasto imperial y caña de azúcar, que se extienden en forma horizontal en las laderas, manteniendo el suelo en su sitio.

El proyecto comenzó, explica Barrios, con el objetivo principal de “optimizar el uso de la tierra según el ecosistema”. La optimización también debía ser económicamente factible; en consecuencia, se usan especies específicas en la franja de las barreras vivas. La caña de azúcar proporciona azúcar sin refinar para consumo doméstico, mientras que el pasto elefante y el pasto imperial proporcionan forraje de alta calidad para el ganado.




El proyecto también está demostrando la sabiduría de la rotación de cultivos según sus características agronómicas —por ejemplo, la siembra de cultivos de enraizamiento superficial y profundo en los sitios apropiados. Tradicionalmente, los agricultores de la zona han sembrado cultivos continuos de maíz, frijol y yuca, acelerando, por ende, el agotamiento de la fertilidad del suelo.

Los agricultores de todo el trópico dependen del rebrote de la vegetación nativa en las tierras en barbecho, para restaurar la fertilidad perdida del suelo mediante la explotación agrícola. Pero ya que este proceso es lento, los agricultores enfrentan una presión cada vez mayor para reducir la duración de los barbechos o aumentar el uso de fertilizantes, para responder a una creciente población y a la escasez de tierra. En los casos donde el poder adquisitivo de los agricultores es limitado, ellos pueden recurrir al

barbecho bien manejado, en el cual se plantan árboles y arbustos que reponen los nutrimentos del suelo, a una tasa más rápida que lo normal, además de proveer leña. Barrios busca un sistema prototipo para manejar el barbecho en laderas, y está comparando dos leguminosas arbóreas y una arbustiva en barbecho espontáneo para determinar su potencial para acelerar la regeneración de la fertilidad del suelo.

Una de las personas que visitó a Barrios fue Anibal Patiño, quien trabaja para la Corporación para Estudios Interdisciplinarios y Asesoría Técnica (CETEC). Patiño es pionero en estudios ambientales en la región del Cauca, y coincide con Barrios en que no siempre es fácil convencer a los agricultores de participar en el cambio, aun cuando la recompensa final sea una base genética más saludable para los cultivos sembrados por ellos mismos.

Los agricultores que sí adoptan prácticas sostenibles han encontrado maneras de generar recompensas a corto plazo, que hacen que el cambio valga la pena. Uno de estos agricultores es Pedro Herrera, quien ha sembrado barreras vivas de caña de azúcar en las laderas pendientes de su finca, y ha aislado la vegetación nativa a lo largo de un arroyo que recorre su propiedad para proteger los abastecimientos comunitarios de agua. Herrera puede darse estos lujos ecológicos, porque ha integrado la producción de zarzamoras y frijol trepador, ambos de alto valor comercial, en un sistema ya complejo de café, plátano, frijol arbustivo, maíz y pastizales.



El agricultor colombiano Pedro Herrera ha incorporado zarzamoras de alto valor y barreras de caña de azúcar, para controlar la erosión en su sistema de cultivo en laderas.



## **Biodiversidad más Abajo**

*Las primeras señales de advertencia de la Naturaleza sobre la degradación del suelo*

Para muchas personas "la sostenibilidad agrícola" se refiere al cultivo más que al suelo en que crece o al ecosistema que encierra la producción agrícola y pecuaria. En muchas partes del mundo en desarrollo, los agricultores no pueden darse el lujo de pensar o actuar de otro modo. Por ejemplo, los que viven en los márgenes de los bosques tropicales siembran cultivos hasta que los campos pierden su fertilidad; luego desplazan su actividad agrícola hacia suelos ricos recién arrebatados al bosque. Las personas más afortunadas invierten en insumos, como fertilizantes, para mantener la producción agrícola durante más tiempo.

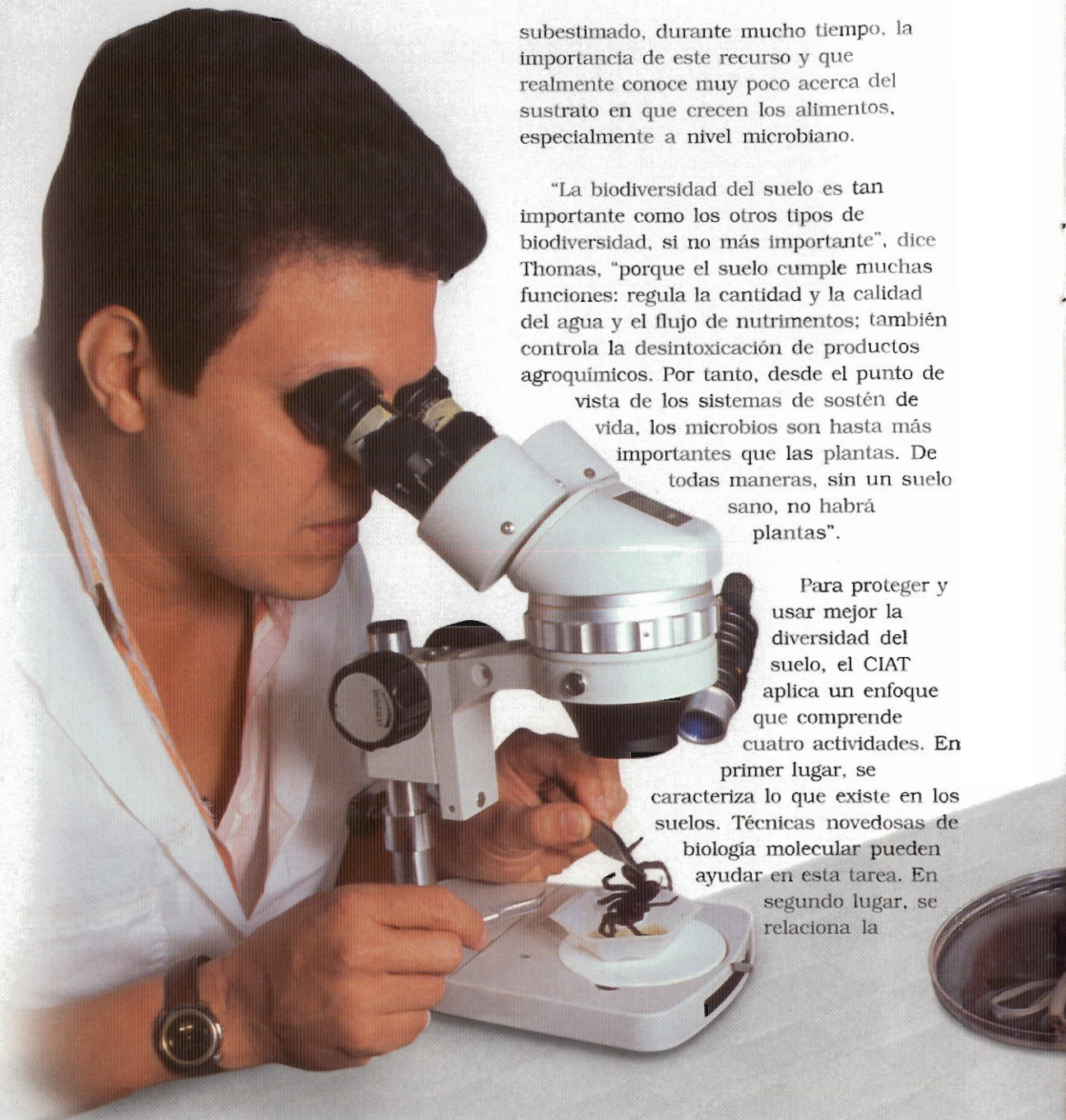
El científico del CIAT especializado en suelos, Richard Thomas, ve un cambio hacia una nueva forma de explotación agrícola. Además de insumos adquiridos, esta agricultura hace uso de los procesos biológicos, adaptando germoplasma a condiciones edafoclimáticas deficientes, dependiendo del ciclo biogeoquímico de los nutrientes para enriquecer el suelo, y adoptando o readoptando prácticas culturales eficientes, como el cultivo intercalado, la agroforestería y la rotación de cultivos.

Este cambio en la forma de explotación agrícola se ha presentado desde hace varios años en todas partes del mundo. Nuevamente trae a primer plano el recurso suelo y la calidad del mismo. También resalta el hecho de que la ciencia ha

subestimado, durante mucho tiempo, la importancia de este recurso y que realmente conoce muy poco acerca del sustrato en que crecen los alimentos, especialmente a nivel microbiano.

"La biodiversidad del suelo es tan importante como los otros tipos de biodiversidad, si no más importante", dice Thomas, "porque el suelo cumple muchas funciones: regula la cantidad y la calidad del agua y el flujo de nutrientes; también controla la desintoxicación de productos agroquímicos. Por tanto, desde el punto de vista de los sistemas de sostén de vida, los microbios son hasta más importantes que las plantas. De todas maneras, sin un suelo sano, no habrá plantas".

Para proteger y usar mejor la diversidad del suelo, el CIAT aplica un enfoque que comprende cuatro actividades. En primer lugar, se caracteriza lo que existe en los suelos. Técnicas novedosas de biología molecular pueden ayudar en esta tarea. En segundo lugar, se relaciona la



diversidad con las funciones del ecosistema mediante la identificación de las funciones que cumplen los diferentes componentes del suelo. En tercer lugar, se determinan los efectos del cambio en el uso de la tierra en la biodiversidad. Y, en cuarto lugar, se traduce este conocimiento en herramientas prácticas, que luego se pondrán a disposición de organizaciones nacionales y otras entidades.

Con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y los gobiernos de Francia y Estados Unidos, Thomas ha estudiado las funciones de la lombriz de tierra durante varios años y ahora quiere ampliar los horizontes subterráneos para estudiar criaturas más pequeñas. "Tratamos de usar los microbios del suelo —los rizobios— como indicadores de la calidad del suelo", continúa Thomas.

Thomas y sus colegas consideran que la disminución en el número de rizobios puede servir como indicador de la

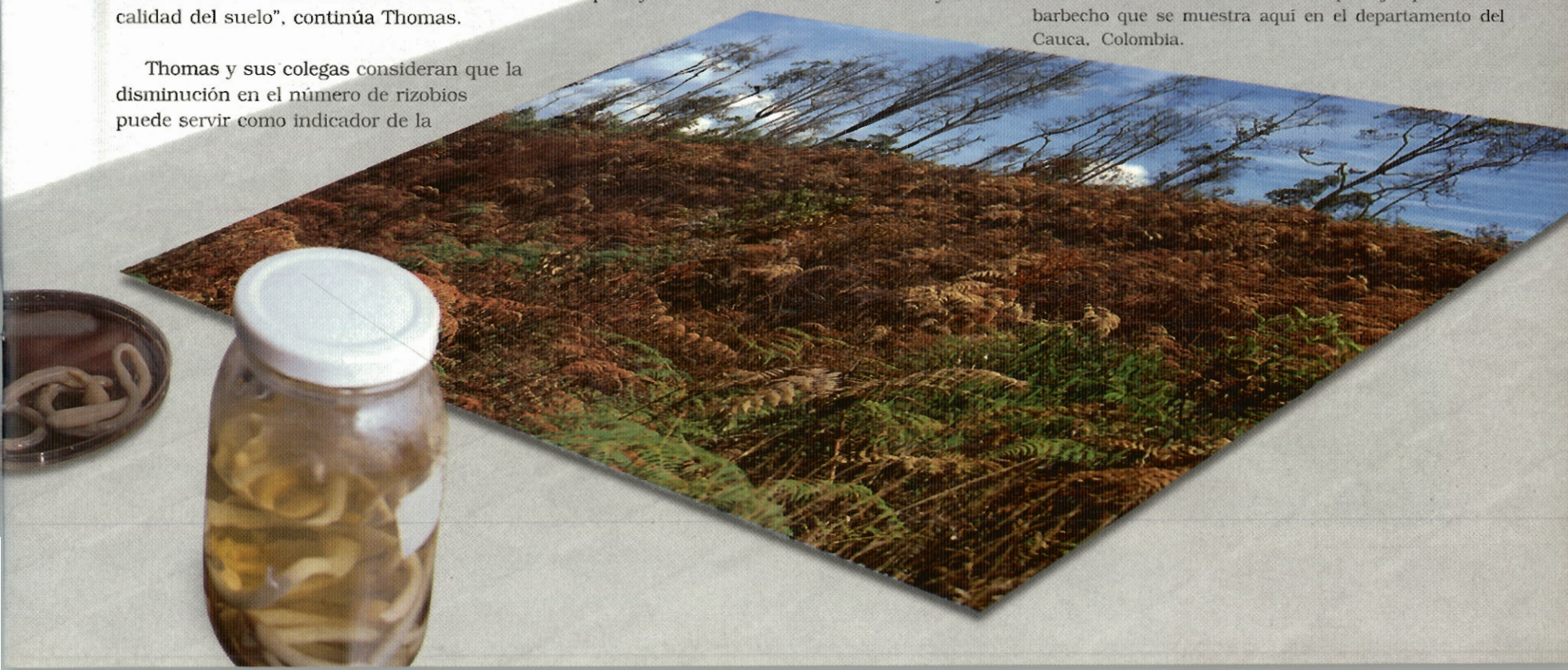
degradación del suelo, quizás mucho antes de que los agricultores puedan percibir el daño. Las bacterias benéficas invaden los pelos radicales de la planta, donde se multiplican y contribuyen a la formación de nódulos en las raíces. Dentro de estos nódulos, las plantas transforman nitrógeno en nitratos que sirven de nutrimento.

El conteo de bacterias suena como tarea difícil, pero, en el caso de rizobios, no lo es. "Es muy sencillo", dice Thomas. "Tomamos pequeñas cantidades de suelo, las mezclamos con un cultivo de solución, colocamos esta mezcla en un tubo de ensayo, cultivamos allí una planta de una leguminosa que sirva de testigo y contamos el número de nódulos que se forman en la planta. Este proceso nos da un índice rápido y sencillo". Con base en el ensayo,

los investigadores pueden calcular el número de rizobios en cada gramo de suelo. Así pueden tener una idea más clara acerca del vigor de las poblaciones microbianas en el suelo.

¿Por qué hay tanto interés en el recurso suelo y en los indicadores del buen estado del suelo? "Es importante", dice Richard Thomas, "porque si el suelo empieza a degradarse, se deben tomar medidas correctivas *antes* de que se pueda ver realmente el daño. Cuando el daño ya se puede apreciar, puede ser demasiado tarde para revertirlo. Y el costo de tomar cualquier medida, cuando ya se puede *ver* la degradación, es bastante elevado.

El estudiante de edafología Alexander Feijóo identifica especímenes de macrofauna, tomados de suelos con diferentes usos de la tierra, como por ejemplo, el barbecho que se muestra aquí en el departamento del Cauca, Colombia.





Frijol en el mercado de El Guarne, en el departamento de Antioquia, Colombia.

## Protección de la Base Genética de los Cultivos

**U**na de las amenazas más ominosas para la agricultura es la reducción de la base genética de importantes cultivos alimenticios, un proceso que comenzó con su domesticación y que se ha acelerado significativamente en tiempos modernos. El monocultivo y las demandas del mercado de productos uniformes están reduciendo rápidamente la diversidad biológica de los sistemas de producción que alimentan al mundo.

Esta diversidad biológica se necesita urgentemente para proporcionar las materias primas, con las cuales los agricultores y los fitogenetistas desarrollan nuevas variedades para un mundo cambiante. Si la base genética se hace demasiado estrecha, nuestro sustento y la seguridad alimentaria se verán seriamente amenazados. Los científicos del CIAT trabajan de numerosas maneras para proteger la base genética de la producción de frijol, yuca, forrajes tropicales y arroz. Algunos están introduciendo genes valiosos de parientes silvestres en cultivos domesticados, con la ayuda de las herramientas que ofrece la biotecnología, mientras que otros desarrollan métodos para mejorar cultivos de primera necesidad, con la participación del agricultor.



**“La calidad y la dedicación del personal de investigación, desde los jefes de proyecto hasta los técnicos de laboratorio, son puntos fuertes del CIAT”.**

*Tomado del informe de una revisión externa solicitada internamente sobre la investigación en recursos genéticos realizada en el CIAT*

### **Parientes Silvestres al Rescate** *Transferencia de genes que confieren resistencia a diferentes tipos de estrés en frijol común*

Desde hace mucho tiempo, el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) ha sido un alimento básico en el mundo en desarrollo. El uso del C<sup>14</sup> para determinar la edad de los frijoles encontrados en una cueva en México indica que ya en 5000 AC, este cultivo era de uso doméstico. Desde entonces, la diversidad del frijol cultivado se ha vuelto, aparentemente, ilimitada, al igual que las preferencias del mercado y de los consumidores por diferentes variedades.

Pero la diversidad genética de esta leguminosa, que ocupa el tercer lugar en

importancia en el mundo después de la soya y el maní, no siempre es suficiente para superar su susceptibilidad a insectos plaga, a condiciones de sequía y a diversas enfermedades. El grave daño que estos problemas causan en este cultivo ha lanzado a los científicos del CIAT en una búsqueda continua de germoplasma que puede usarse para producir un frijol mejor.

“El banco de germoplasma del CIAT cuenta con cerca de 35.000 accesiones de frijol”, dice Shree Singh, mejorador de frijol del CIAT, “de las cuales, más de 28.000 son de frijol común. De éstas, cerca de 26.500 accesiones representan variedades cultivadas y 1.315 tipos silvestres. Ya hemos evaluado estas accesiones con respecto a características agronómicas importantes.

La lista de características que los cultivadores de frijol desean tener en una variedad insignia es extensa, varía enormemente dependiendo de la región, y va mucho más allá del color y de la forma del grano. El CIAT ha reducido la lista a 11 cualidades que considera de importancia estratégica para que el germoplasma sea útil a nivel mundial. Estas son: tolerancia a la sequía y a la baja fertilidad del suelo, alto rendimiento, maduración temprana, nuevos tipos de planta y resistencia al añublo bacteriano común, al mosaico común del frijol, al mosaico dorado del frijol, a la antracnosis, a la mancha angular y a los saltahojas.

Los genes pueden intercambiarse libremente dentro del acervo de genes primario del frijol común, y gran parte del trabajo del CIAT en frijol



Una asociación de productores de semilla en la Provincia de Loja, Ecuador, clasifica semilla de frijol para vender a sus vecinos.





ha aprovechado este hecho, utilizando técnicas de fitomejoramiento clásico para transferir genes útiles de una variedad a otra. Tres grupos adicionales de frijol —los acervos de genes secundarios, terciarios y cuaternarios— incluyen especies que están distantemente relacionadas con el frijol común.

El acervo de genes terciario incluye parientes del frijol que tienen la mayoría de las cualidades que los agricultores y los fitogenetistas desean: altos niveles de resistencia a agentes letales para el frijol como lo son el añublo bacteriano común (CBB) y los brúquidos, tolerancia a la sequía y una capacidad

para coexistir con los saltahojas. La noticia desafortunada es que los tipos de frijol que tienen las características más deseables no se pueden cruzar directamente con el frijol común.

Singh explica que *P. acutifolius*, frijol tepari, es una de esas especies que tiene atributos que beneficiarían al frijol común, como son: alta resistencia al añublo bacteriano —que es la enfermedad más difundida de frijol, así como resistencia a los saltahojas y a los brúquidos que afectan al frijol almacenado. Además, es entre todos los tipos de frijol, el más resistente a la sequía.

El CIAT usa un método conocido como rescate de embriones para combinar eficazmente las cualidades deseables de estas dos especies normalmente incompatibles. La técnica puede usarse cuando un embrión, producido del cruzamiento de frijol común y frijol tepari, no puede sobrevivir si se deja en la planta madre. El embrión híbrido se rescata y se alimenta en una cama artificial, tipo gel de

*Phaseolus vulgaris* (a la izquierda), *P. acutifolius* (a la derecha) y un híbrido desarrollado mediante el cruzamiento de ambas especies, con la ayuda de rescate de embriones.

Maryluz Cubides, técnica del CIAT, procesa semilla de *Phaseolus lunatus* (perteneciente al acervo de genes cuaternario del género) para su almacenamiento en el banco de germoplasma.



nutrimentos, hasta que se convierte en una plántula completamente formada. El CIAT ha mejorado la técnica de rescate de embriones para la producción en gran escala de híbridos entre frijol común y frijol tepari.

Se están usando métodos similares para superar problemas interespecíficos de incompatibilidad híbrida, esterilidad de progenie híbrida y pérdida de genes introducidos de un complejo de genes en otro. Las líneas mejoradas resultantes han demostrado altos niveles de resistencia al añublo bacteriano común. Estas líneas, ahora se están distribuyendo entre programas nacionales de frijol para su evaluación con respecto a otras características, incluyendo resistencia a la sequía, a la baja fertilidad del suelo y a los saltahojas.

¿Es irreal pensar que todas las características que las personas desearían que tuviera el frijol, o siquiera la mayoría de ellas, puedan combinarse eventualmente en una sola planta? “No es inverosímil en absoluto”, responde Singh. “Para lograrlo habrá que hacer un máximo uso de la diversidad genética disponible. La biotecnología, considera Singh, puede acelerar el proceso extraordinariamente —reduciéndolo, quizás, a la mitad.

### **Adaptabilidad Notable** *Cómo manejan los agricultores en Ruanda la diversidad del frijol*

Hay muchos lugares en el mundo donde los agricultores tienen un gran respeto por la diversidad biológica y se esfuerzan por mantenerla, aun en las condiciones más

difíciles. Un lugar así es Ruanda, una nación pequeña, sin litoral, en África central, que se sumergió en la guerra en 1994. La atención del mundo entero se centró en este país cuando la población civil, estimada en 500,000 o más, fue aniquilada en una lucha entre grupos étnicos.

A la pérdida incalculable de vidas humanas y de propiedad se sumó la posible destrucción de gran parte de la diversidad de los cultivos de primera necesidad, incluyendo el frijol, que desempeñan un papel decisivo en la cultura y economía del país. Unos 2 millones de personas abandonaron sus hogares en el campo durante la guerra, dejando atrás sus cultivos de frijol —la fuente de material de siembra para el futuro, así como de consumo inmediato.

Temiendo que se perdiera gran parte de la diversidad genética de estos cultivos agrícolas de Ruanda, el CIAT y otros organismos internacionales de investigación y organizaciones, tanto gubernamentales como no gubernamentales, se unieron bajo el estandarte del proyecto “Semillas de Esperanza”. Con fondos de una coalición de donantes, el proyecto multiplicó el germoplasma proveniente de Ruanda que se había almacenado en los bancos de



Cosecha de frijol en el sur de Ruanda.

germoplasma localizados en otros sitios, incluyendo el del CIAT, y luego restituyó la semilla a los agricultores cuando la lucha terminó.

Pero el proyecto examinó también los efectos de la guerra en la producción agrícola, mediante encuestas y entrevistas en profundidad realizadas durante tres estaciones de cultivo después de la guerra. En un trabajo apoyado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) del Canadá, la antropóloga Louise Sperling (consultora del CIAT) y sus colegas compararon el germoplasma de frijol usado antes de la guerra con el cultivado posteriormente.

Como seguimiento a este trabajo, Stephen Beebe, especialista en germoplasma del CIAT, ha estado usando técnicas de marcadores moleculares para determinar exactamente qué fue lo que realmente pasó con el germoplasma de frijol. El ha analizado la diversidad de cerca de 360 variedades locales de Ruanda que se habían recolectado antes de la guerra, en 1985. Beebe comparó estas variedades con unas 150 líneas

locales que se recolectaron después de la guerra, en 1996.

Los resultados preliminares, explica Beebe, "indican que, en efecto, había menos diversidad genética en el campo en 1996 que lo que había en 1985. Ahora bien, la primera conclusión que se puede sacar de estos resultados es que, como sospechamos a principios del proyecto, la guerra podría haber ocasionado una pérdida de diversidad genética. Pero tenemos otras evidencias, basadas en las entrevistas con los agricultores y en nuestro conocimiento de la patología de frijol en la región, que esa pérdida de diversidad se debió a otros factores". Las

putridiones radicales son un candidato particularmente factible, dice Beebe.

Este resultado, añade Beebe, "tiene grandes implicaciones para nuestras ideas acerca de la conservación de la diversidad en la finca. Quizás no siempre será posible, o siquiera deseable, conservar una máxima diversidad en los campos de los agricultores. La experiencia de Ruanda indica que los agricultores pueden desplazar la diversidad de sus cultivos en respuesta a las necesidades de producción".

En Ruanda, las mujeres controlan la selección y el cultivo del frijol. Louise ha

Muestras de semilla de frijol en la Estación Experimental de Namulonge, en Uganda.

Clasificación y limpieza de semilla de frijol en Ruanda.

Se están usando las técnicas más avanzadas de marcadores moleculares para analizar los cambios en la diversidad del frijol en Ruanda.





Cosecha de yuca  
en Java Oriental,  
Indonesia.

encontrado evidencia sólida de las aptitudes de la mujer en la “rápida aceleración en la adopción del frijol trepador mejorado”. Según los resultados de una encuesta realizada por Sperling a finales de 1995, el 48 por ciento de los cultivadores de frijol sembraban variedades nuevas, casi 40 por ciento más que antes de la guerra. En todo el país, Sperling ha observado la forma como el frijol trepador mejorado gana terreno a expensas de los tipos arbustivos y trepadores locales.

Sperling explica que esta adaptación se ha dado, principalmente, porque las nuevas variedades presentan rendimientos de dos a cuatro veces más que las tradicionales, y algunas presentan una “tolerancia excepcional de la pudrición radical”. Es importante resaltar, dice Sperling, que el cambio hacia frijol trepador mejorado fue el resultado de una estrategia consciente de los agricultores para combatir la presión de las enfermedades de frijol, y no una consecuencia de la guerra o de la presión para “modernizar” la producción.

“Se puede argumentar que hubiera podido perderse mucha más diversidad, de no haber sido por el esfuerzo de regeneración y, más importante, las precauciones que tomaron los agricultores para proteger sus reservas de semilla”, dice Roger Kirkby, el

agronomo que coordina la investigación en frijol que realiza el CIAT en Africa, con financiamiento de los gobiernos de Canadá, Suiza, Estados Unidos y Reino Unido.

### **Transferencia de la Diversidad** *Los agricultores y los científicos llevan nuevas variedades de yuca al campo*

La yuca, una raíz amilácea consumida por más de 500 millones de personas, depende en gran medida de la diversidad genética para mantenerse en algunos de los ambientes agrícolas más adversos del mundo. El período de crecimiento tan largo de la planta (de 8 a 24 meses, o más) la expone a numerosos insectos plaga y agentes patógenos. Típicamente, la yuca se cultiva sin plaguicidas u otros insumos químicos. Por tanto, para repeler a sus agresores debe hacer gran uso de su resistencia genética interna. En consecuencia, la conservación y el uso de la diversidad de la yuca son decisivos para la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores así como para su solvencia económica.

Los científicos del CIAT están usando esa diversidad en muchas otras formas que antes, con la participación activa de agricultores y de programas nacionales. Esta tarea es formidable, ya que la yuca se cultiva en agroecosistemas vastamente diferentes, y si ha de presentar una buena respuesta, su germoplasma debe adaptarse a las condiciones y exigencias locales.

En diversas partes de Asia, especialmente Indonesia, Tailandia y Vietnam, nuevos cultivares de yuca de alto rendimiento, desarrollados por instituciones nacionales y el

CIAT, están reemplazando los cultivares tradicionales locales y no requieren insumos costosos. Kazuo Kawano, mejorador de yuca del CIAT, con sede en Tailandia, señala que las nuevas variedades traen consigo beneficios importantes para los agricultores.

La adopción de variedades de alto rendimiento no significa que se está abandonando la diversidad genética de la yuca. Kawano dice que, con el apoyo del gobierno japonés, el CIAT ha distribuido en Asia más de medio millón de genotipos de yuca en forma de semilla híbrida que proviene de "accesiones parentales muy diferentes" de la colección que se mantiene en la sede del Centro.

Por si acaso la diversidad no sea suficiente, los especialistas en biotecnología del CIAT están acudiendo a los parientes silvestres de la yuca, que constituyen una rica fuente de genes para caracteres útiles. Para usar germoplasma silvestre en forma eficaz, los investigadores deben determinar primero

la organización genética y la dinámica de población de estas especies. Un estudio reciente realizado por la genetista Carolina Roa, utilizando marcadores moleculares genéticos, demostró que el germoplasma domesticado de yuca presenta un rango de variación más estrecho que la mayoría de las especies silvestres. Ella encontró también que dos parientes silvestres de origen brasileño son genéticamente cercanos a la yuca cultivada, lo que sugiere que tienen potencial para ampliar la base genética del cultivo.

Los agricultores mismos están ayudando a introducir más diversidad en sus campos en el litoral Atlántico de

Mejoramiento de yuca con la participación de agricultores, en el nordeste semiárido de Brasil.



Colombia y Brasil. En años recientes, el trabajo que realiza el CIAT en estas regiones ha evolucionado desde el fitomejoramiento tradicional hasta un esquema participativo para desarrollar yuca para regiones semiáridas, con el apoyo del Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD, su acrónimo en inglés). Los agricultores participan en la selección y evaluación de genotipos avanzados. Su conocimiento de las interacciones entre la planta y el medio ambiente, adquirida por experiencia, pesa en las decisiones acerca de nuevas variedades potenciales.

Carlos Iglesias, mejorador de yuca, quien maneja el proyecto de mejoramiento de yuca del CIAT, explica cómo funciona el esquema participativo, durante una visita

al valle del Magdalena, cerca de Barranquilla, en el norte de Colombia. Con colegas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Iglesias realiza ensayos con germoplasma en esta región, para encontrar variedades de yuca que se desempeñen mejor en las condiciones climáticas extremadamente secas y calientes de la zona. Los ensayos se realizan en fincas de agricultores colaboradores, en una variedad de condiciones.

Los agricultores colombianos y brasileños desempeñan un papel en casi todas las etapas del ensayo. “Los usuarios finales nos dicen qué quieren”, dice Iglesias, “y nosotros se lo proporcionamos. Al trabajar estrechamente con los agricultores, aprendemos muchísimo

acerca de sus problemas agronómicos, sus oportunidades y sus criterios de selección; e incorporamos toda esta información en nuestro programa de mejoramiento. Valoramos su información.

### **Para Desarrollar una Mejor Gramínea**

*Combatiendo los efectos del monocultivo de Brachiaria*

Cuando una variedad específica de un cultivo se hace muy popular, es por una buena razón. En el trópico, especialmente, la resistencia a insectos y enfermedades o la tolerancia a la sequía o a suelos infértiles puede hacer que una variedad se convierta en “estrella”.

Una de estas “estrellas” es *Brachiaria*, un género de gramínea forrajera de África, que fue introducida por primera vez en América tropical hace centenares de años (probablemente para los jergones en los barcos negros). Una de sus especies, *B. decumbens*, es especialmente sobresaliente por su desempeño en los suelos ácidos pobres que caracterizan gran parte de América tropical. En un tiempo relativamente corto, esta gramínea se ha difundido en cerca de la mitad de los 60 millones de hectáreas de tierra en el trópico y subtrópico que se consideran aptas para pasturas sembradas.

*Brachiaria*, dice John Miles, mejorador de especies forrajeras del CIAT, “se adapta bien a los suelos pobres, resiste las malezas, produce buena semilla y crece rápidamente”. Sus efectos en el ganado son

El fitomejorador del CIAT John Miles y su colega de Embrapa, Cacilda do Valle, examinan líneas experimentales de *Brachiaria* en la sede del CIAT.



fáciles de medir, agrega Carlos Lascano, nutricionista especializado en rumiantes del CIAT. "En aquellos sitios donde se producen 20 kilogramos de carne vacuna por hectárea por año con gramíneas nativas, con *Brachiaria* se pueden obtener 200 kilogramos".

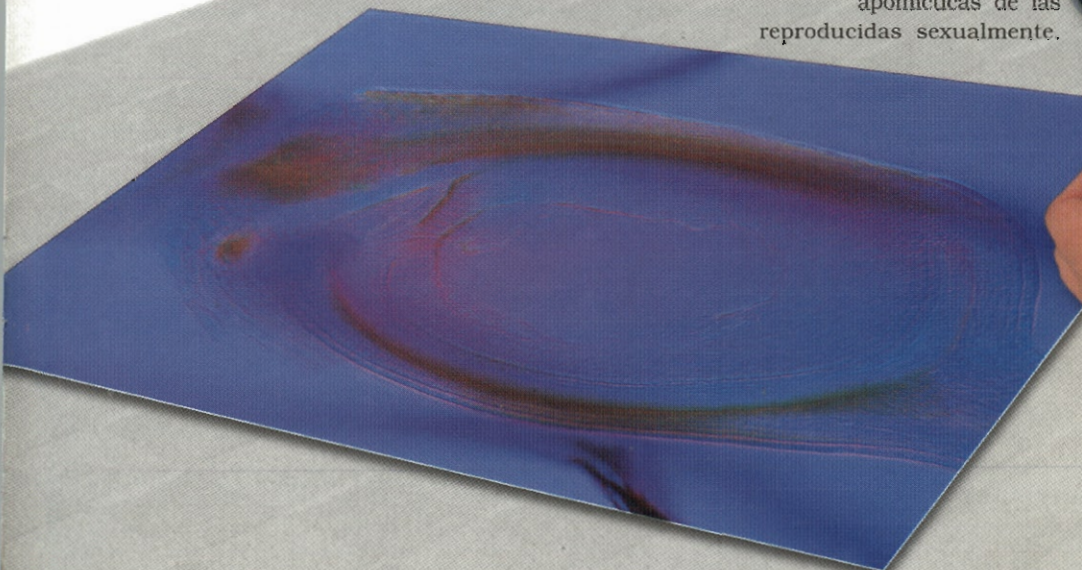
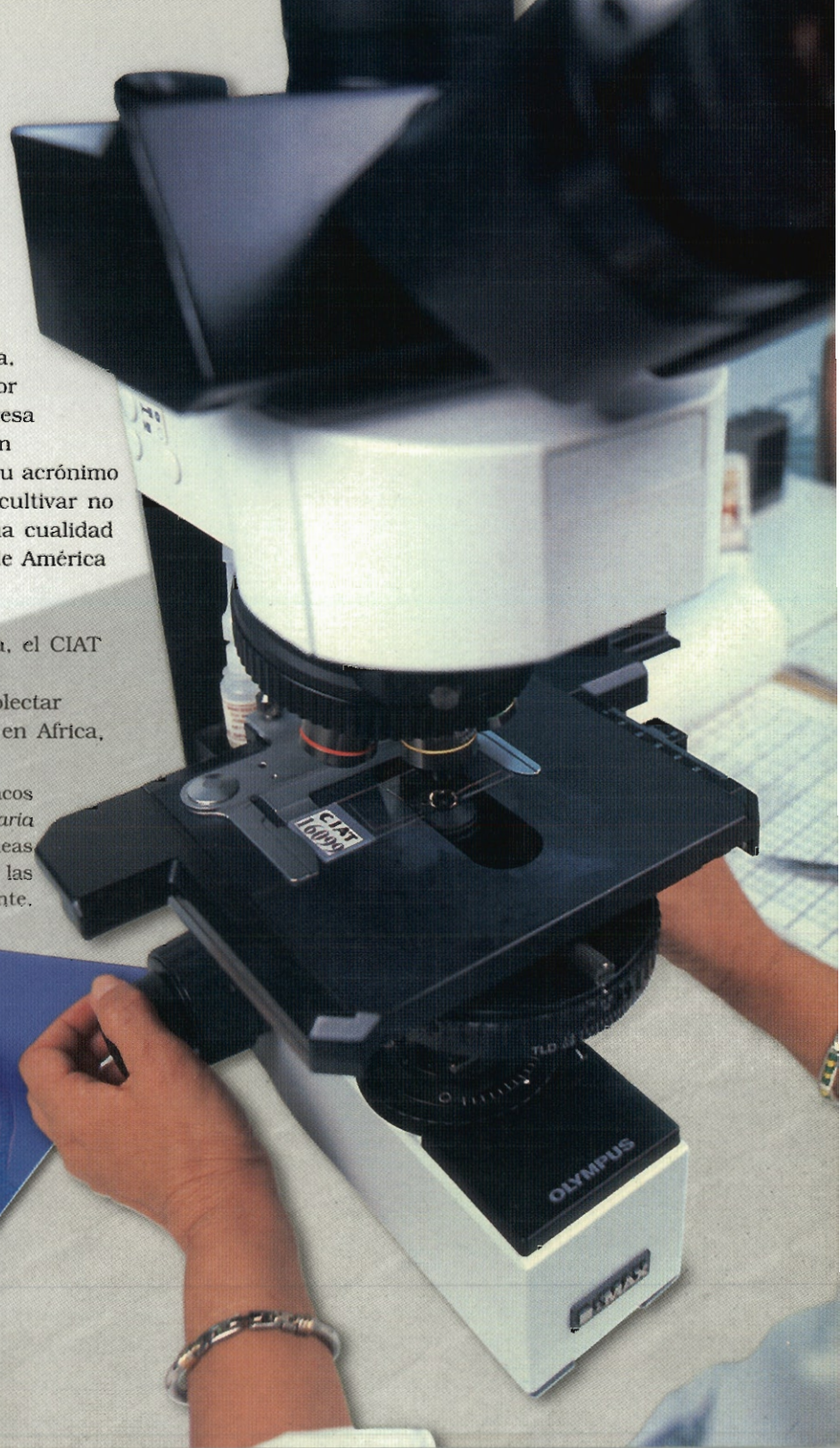
"Y allí está el problema", continúa Miles. "*Brachiaria* es tan popular que se está convirtiendo rápidamente en un monocultivo. En algunos casos, *B. decumbens* se está introduciendo en zonas donde otras especies se desempeñarían mejor". Y, como la mayoría de los monocultivos, esta gramínea se está volviendo vulnerable a la depredación de insectos. En el caso de *Brachiaria*, este insecto es el salivazo o mión de los pastos. "El daño causado por el salivazo", informa un documento del CIAT editado por Miles y otros, "puede resultar en la pérdida total del forraje disponible".

La respuesta típica del Centro, en una situación de éstas, es buscar un tipo de

*Brachiaria* que tenga resistencia natural y genética al salivazo y, luego, usar ese germoplasma para desarrollar una gramínea mejorada. Una planta de este tipo, *B. brizantha* cv. Marandu, fue evaluada, seleccionada y liberada por colaboradores de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa, su acrónimo en portugués). Pero este cultivar no tolera suelos pobres —una cualidad necesaria en gran parte de América Latina.

Para resolver el dilema, el CIAT trabajó con otros centros internacionales para recolectar accesiones de *Brachiaria* en África,

Examen selectivo de sacos embrionarios de *Brachiaria* para diferenciar líneas apomicticas de las reproducidas sexualmente.



lugar de origen de esta gramínea (y, por consiguiente, el sitio más probable para encontrar un tipo de *Brachiaria* que resistiera limitaciones ambientales). El CIAT empezó a evaluar aproximadamente 700 accesiones; se han encontrado algunas accesiones que resisten al salivazo y toleran los suelos pobres. Con el apoyo del gobierno colombiano y de otros donantes importantes del CIAT, se han establecido ensayos regionales en Colombia con más o menos 20 de las accesiones más promisorias. "Esperamos tener, en 2 ó 3 años, uno o dos cultivares resistentes para uso comercial", dice Miles.

Una de las limitaciones de la investigación sobre *Brachiaria* es que la gramínea se reproduce vegetativamente. Es decir, se reproduce en forma asexual mediante semilla; sus progenies son clones básicamente propagados por semilla, producidos por un proceso conocido como "apomixis". Este proceso evita que la progenie herede cualidades de sus dos progenitores. Por lo tanto, antes de que los científicos pudieran cruzar *Brachiaria* en forma eficaz, necesitaban "romper la apomixis" mediante la formación de híbridos de los dos progenitores.

Afortunadamente, tanto el CIAT como Embrapa ahora tienen dinámicos programas de mejoramiento de *Brachiaria*, que se basan en un logro genético de hace casi 2 décadas en Bélgica. Los científicos belgas desarrollaron una planta sexual poliploide compatible que sirve de "puente" para intercambiar genes valiosos entre las especies naturalmente asexuadas de *Brachiaria*. "Con esta planta y la valiosa colección de germoplasma de *Brachiaria* del CIAT", explica Miles, "podemos combinar caracteres deseables de la diversidad de líneas nativas de gramíneas en variedades de desempeño muy superior. La producción de un mapa molecular de *Brachiaria*

aceleraría enormemente el ritmo de la investigación al permitir una selección, ayudada por marcadores".

### **Romper una Barrera, Levantar Otra**

*Genes para mejorar el rendimiento y la resistencia a enfermedades en arroz*

La Revolución Verde trajo variedades de arroz y trigo de alto rendimiento a un mundo que las necesitaba con urgencia. En América Latina, la producción de arroz se ha duplicado durante los últimos 20 años, en gran parte como resultado de tecnologías desarrolladas por programas nacionales para el arroz de riego, con el apoyo del CIAT.

Sin embargo, una concientización global de la necesidad de proteger el medio ambiente ha hecho que el uso intensivo de estos insumos sea menos atractivo. Por ende, los rendimientos de algunos de los cultivos de la Revolución Verde, especialmente el arroz, han detenido su ascenso continuo, alcanzando lo que ahora muchos consideran como una meseta.

Pero el número de personas que necesitan alimentarse sigue creciendo. Según las proyecciones de los economistas, la demanda de arroz en América Latina se aproximará a 36 millones de toneladas métricas anuales en el año 2010. La actual producción es de 20 millones de toneladas. Es un aumento grande que no puede lograrse en las condiciones actuales", dice César Martínez, mejorador de arroz del CIAT. "Por eso es muy importante superar el techo del rendimiento".



El fitomejorador César Martínez hace cruzamientos de arroz cultivado, proveniente de la colección de trabajo del CIAT, con *Oryza silvestre* para transferir genes y lograr un mayor rendimiento.



En América Latina, el problema se complica por la estrechez de la base genética del arroz. Muchas de las variedades mejoradas que se cultivan en la región provienen de un arroz tipo indica, originario de Asia. "Cuando se dispone de una base genética estrecha", dice Martínez, "ésta hace que la planta sea más vulnerable a los ataques de plagas y enfermedades".

Existen las herramientas para ampliar esa base genética, y el CIAT las está usando al máximo, con el apoyo de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Fundación Rockefeller. Martínez señala que, mientras en el pasado los mejoradores de la región empleaban sólo un número reducido de líneas locales en su investigación, unas 20 especies aún no han sido explotadas por el hombre, y solamente se usan ocasionalmente como fuentes de resistencia a enfermedades o insectos. El CIAT está tratando de aprender más sobre estas especies anteriormente descuidadas y la diversidad genética que ellas contienen.

El CIAT tiene ahora líneas mejoradas por segregación, el resultado de un cruzamiento entre una especie silvestre conocida como *Oryza rufipogon* y una variedad mejorada de Sri Lanka conocida como BG-90. Los datos preliminares indican que algunas de las progenies presentan rendimientos entre 5 y 25 por ciento mayores que los de BG-90 solo.

Otros científicos del CIAT están utilizando la biotecnología para eliminar las

limitaciones que las enfermedades imponen en el cultivo del arroz en América Latina. Una de estas enfermedades es el añublo del arroz, causado por un hongo que ataca al arroz en todas sus etapas de desarrollo. *Pyricularia grisea* es un hongo que nunca se rinde; produce cepas nuevas de sí mismo constantemente, de manera que puede romper la resistencia de una nueva variedad de arroz en un período de 1 a 3 años.

Anteriormente, los mejoradores de arroz buscaban un gen en una línea de arroz que confiriera resistencia al agente

patógeno, y luego trabajaban en forma independiente. "Ahora, hay más integración entre las diversas disciplinas", dice Fernando Correa, patólogo de arroz del CIAT. "Trabajan juntos los mejoradores, los fitopatólogos y los biólogos moleculares. Ahora mismo tenemos las herramientas para caracterizar la diversidad genética y la virulencia del agente patógeno. Estamos usando marcadores moleculares, tanto en la planta como en el agente patógeno para determinar la diversidad que existe en el campo.





Maceración de tejidos foliares de frijol, como parte del proceso de preparación para la extracción de ADN.

## Nuevas Herramientas, Nuevas Fronteras

**A**yudar a la agricultura para que proporcione alimento a una población rápidamente creciente y urbanizadora en un mercado mundial evolutivo —sin sacrificar la diversidad biológica de la que depende la vida humana— es una tarea monumental, pero todavía manejable. Las soluciones se encuentran, no en una “caja de Pandora” única de investigación que aborda todas las variables de clima, suelo, agua y preferencias humanas, sino más bien en múltiples opciones para las personas, cuyo sustento depende de la diversidad biológica, y para aquellos lugares donde esta diversidad está desapareciendo rápidamente.

Una forma como el CIAT ayuda es mediante el desarrollo de nuevas herramientas que aumenten significativamente la eficacia y bajen los costos de nuestros esfuerzos para proteger y utilizar la agrobiodiversidad, al tiempo que nos ayuden a enfrentar las presiones humanas que amenazan extinguirla. Las organizaciones nacionales también usan nuestra tecnología para satisfacer necesidades y resolver problemas a nivel local. Con nuestros socios del Hemisferio Norte y del Hemisferio Sur, avanzamos rápidamente hacia nuevas fronteras.



**“Muchos (países del trópico) reierten circunstancias difíciles a su favor, mediante la aplicación de enfoques innovadores y eficaces, en función de los costos de la conservación y del uso sostenible (de la biodiversidad)”.**

*Jeffrey McNeely, Científico Principal,  
Unión para la Conservación del  
Planeta*



### Los Magos para Hacer Mapas

Predicción de la ubicación de la diversidad biológica con SIG

Hace unos años, la mágica elaboración de mapas, conocida como Sistemas de Información Geográfica (SIG), era para algunos otra tecnología prodigiosa. Pero, en manos de profesionales capacitados, los SIG están generando productos provechosos que establecen una verdadera diferencia en la forma como los encargados de tomar decisiones a todos los niveles manejan la biodiversidad y otros recursos naturales.

Un nuevo uso de esta herramienta es para ayudar a los investigadores a conservar y usar

la biodiversidad en forma más sensata, al indicarles dónde es más probable encontrar los reservorios de diversidad. "Los SIG no nos dicen si allí hay biodiversidad, pero sí indican la posibilidad de encontrarla", dice William Bell, funcionario principal de información del CIAT. "No es lo mismo que estar en el campo y mirar árboles reales y medir la diversidad real", agrega Gregoire Leclerc,

un especialista en teledetección que trabaja en el Centro. "Pero ayuda mucho a reducir el número de sitios donde hay que buscar para encontrar lo que uno desea".

Peter Jones, un geógrafo agrícola que trabajó durante muchos años en el CIAT, ha usado los SIG para ubicar reservas potencialmente valiosas de *Stylosanthes*, una leguminosa forrajera nativa de América Latina, cuya resistencia a la sequía y capacidad para crecer en suelos ácidos la hacen un buen complemento de las gramíneas forrajeras, mejorando la calidad del suelo mientras incrementa la producción pecuaria.

Los SIG, explica Jones, son útiles para mostrar a los científicos dónde concentrar su búsqueda de biodiversidad útil y dónde establecer sitios para la conservación in situ. Es probable que los limitados recursos financieros disponibles se invertirán donde está la mayor diversidad de varias especies.

El modelo desarrollado por Jones ya se está usando como guía útil para los recolectores de germoplasma de *Stylosanthes*, yuca y frijol. El modelo toma las localidades conocidas donde se ha recolectado germoplasma y, con base en el clima y otras características de estos sitios, ubica otras localidades similares donde los

Los puntos negros en este mapa indican las localidades donde se han recolectado accesiones de *Stylosanthes guianensis*. En las áreas de color rojo es muy probable encontrar muestras adicionales de esta especie.

recolectores pueden buscar provechosamente. La combinación de los datos de los SIG con la información de otro tipo de mapas —es decir, mapas genéticos empleando marcadores moleculares— es otro avance del modelo.

### **Biotechnología Apropriada**

*Un seguro efectivo contra una temida enfermedad del arroz*

Está claro que el tipo de biotecnología apropiada descrito en otras partes de este informe es eminentemente beneficioso para el mundo en desarrollo. Un problema que no puede resolverse fácilmente sin estas herramientas es el del virus de la hoja blanca del arroz. Endémica en América Latina, la enfermedad es cíclica; aparece cada 10 a 15 años. "Cuando se presenta, el agricultor puede sufrir pérdidas hasta del 100 por ciento del cultivo", dice Zaida Lentini, genetista especializada en arroz. "El virus es transmitido por un saltahoja, *Tagosodes orizicolus*, conocido localmente como "sogata", explica Lentini.

Durante años, los científicos de arroz del CIAT han buscado variedades resistentes a la enfermedad. Después de un extenso análisis del virus —hecho por Francisco Morales, virólogo del Centro— y de muchos esfuerzos por parte de los mejoradores de arroz del Centro, se encontró y se incorporó una fuente de resistencia que ofrece cierta protección a las plantas que tengan más de 25 días de edad. Ahora se están buscando otras fuentes de resistencia, especialmente una que confiera resistencia a la planta en sus etapas más jóvenes. Después de

evaluar germoplasma de todo el mundo, dice Lentini, el CIAT ha identificado media docena de posibles fuentes. "Pero es claro que tomará años incorporar estas fuentes en material adaptado para América Latina". Para acelerar el proceso, el CIAT está usando técnicas de biotecnología para conferir resistencia.

Con recursos económicos de la Fundación Rockefeller, el CIAT y sus colaboradores empezaron con la variedad de arroz CICA-8, que se cultiva comercialmente en América Latina y es resistente al añublo del arroz, pero altamente susceptible al virus de la hoja blanca. Posteriormente, en 1996 y 1997, con la ayuda de Lee Calvert, virólogo molecular del CIAT, se incorporó en CICA-8 el gen que codifica para una proteína nuclear del virus de la hoja blanca del arroz. La proteína nuclear protege el cultivo de arroz al impedir que el virus replique en las plantas.

Hasta ahora, la resistencia parece estable. Ha sido heredada por tres generaciones de arroz, y el CIAT está listo para someter la

variedad a ensayos de campo. Lentini es consciente de la controversia inherente en cualquier uso de material vegetal transgénico, pero cree que lo que el CIAT está haciendo es decisivo para acelerar el proceso de desarrollo de nuevos materiales mejorados, al encontrar nuevas fuentes de resistencia. "La principal diferencia entre

Infestación artificial de arroz transgénico con *Tagosodes orizicolus*, el insecto que transmite el virus de la hoja blanca del arroz, para seleccionar plantas con resistencia al virus.



transformación genética y mejoramiento convencional es la manera en que se introduce el gen", dice Lentini. "En este caso, en vez de hacer cruzamientos, solamente estamos introduciendo los genes directamente en la célula".

"Los investigadores han usado cruzamientos amplios durante años para introducir genes valiosos en cultivos agrícolas. Pero nunca han sabido, realmente, qué otros genes, además del gen de interés, se están incorporando al mismo tiempo y cómo pueden éstos afectar la diversidad de la especie". Sin embargo, una cosa sí está clara: el uso de plaguicidas en el arroz debe reducirse, en

vista de sus efectos en la biodiversidad por la contaminación del suelo y del agua. El virus de la hoja blanca del arroz ha sido un problema durante 3 décadas, señaló Lentini, y aunque se ha logrado cierta resistencia, algunos agricultores todavía aplican insecticidas de seis a ocho veces durante una época de cultivo de 4 meses.

Un estudio reciente, anota Lentini, mostró que los consumidores europeos consideran que los residuos de plaguicidas en los alimentos son dos veces más peligrosos que la ingeniería genética. "Podemos mostrar a los agricultores la forma de controlar enfermedades sin usar tanto plaguicida. Pero ellos nos dicen, 'olvidenlo; necesitamos algo seguro'. Por tanto, estamos tratando de entregarles material altamente resistente a la enfermedad. Eso sí es seguro".

### **Moléculas y el Mercado**

*Valor agregado a frutas tropicales mediante la biotecnología*

*Passiflora* es un género de cerca de 400 especies de vides, árboles y arbustos. Una de sus especies más conocidas es la fruta de la pasión (o granadilla), nombrada no por supuestos poderes románticos sino más bien

Selección de cultivos de tejidos de arroz para la transferencia de genes, utilizando un "cañón de partículas".

por la forma de sus estigmas, anteras, corona, sépalos y pétalos que evoca las enseñanzas cristianas acerca de la pasión de Cristo.

Inés Sánchez, especialista en biotecnología de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), está usando las herramientas y los conocimientos disponibles en el CIAT para convertir esta fruta en un renglón más productivo de la economía de Colombia y de otras partes.

El Centro pone los productos de su investigación a disposición de los países en desarrollo de diversas maneras. Una de ellas es mediante la colaboración con programas nacionales de investigación, como CORPOICA. Durante los últimos 2 años, Sánchez ha tenido acceso completo a los conocimientos expertos del personal del Centro y a su equipo de laboratorio y personal de apoyo. Se beneficia mucho, comenta ella, del "gran flujo de ideas" que se presenta dentro de las instalaciones del CIAT. Sánchez también comparte lo que aprende en el CIAT con sus colegas de CORPOICA.



Alguna vez, la demanda de mercado de pasifloras fue alta, pero luego disminuyó. "Allí es donde entra mi trabajo", dice Sánchez. "Mediante el fitomejoramiento, podremos ubicar a las pasifloras nuevamente como una de las frutas más importantes del país". Ella está usando marcadores moleculares para ayudar en la clasificación taxonómica de 115 especies colombianas de *Passiflora* y parientes silvestres. "Con los marcadores, no sólo tendremos una clasificación, sino una manera de identificar los caracteres que necesitamos; por ejemplo, resistencia a dos virus que amenazan la fruta. También estamos buscando un producto con color, aroma y textura uniformes para exportación. Y, al mismo tiempo, estamos tratando de encontrar resistencia al hongo que causa la antracnosis. Si podemos desarrollar un producto con todas estas cualidades, también podremos encontrarle un mercado estable".

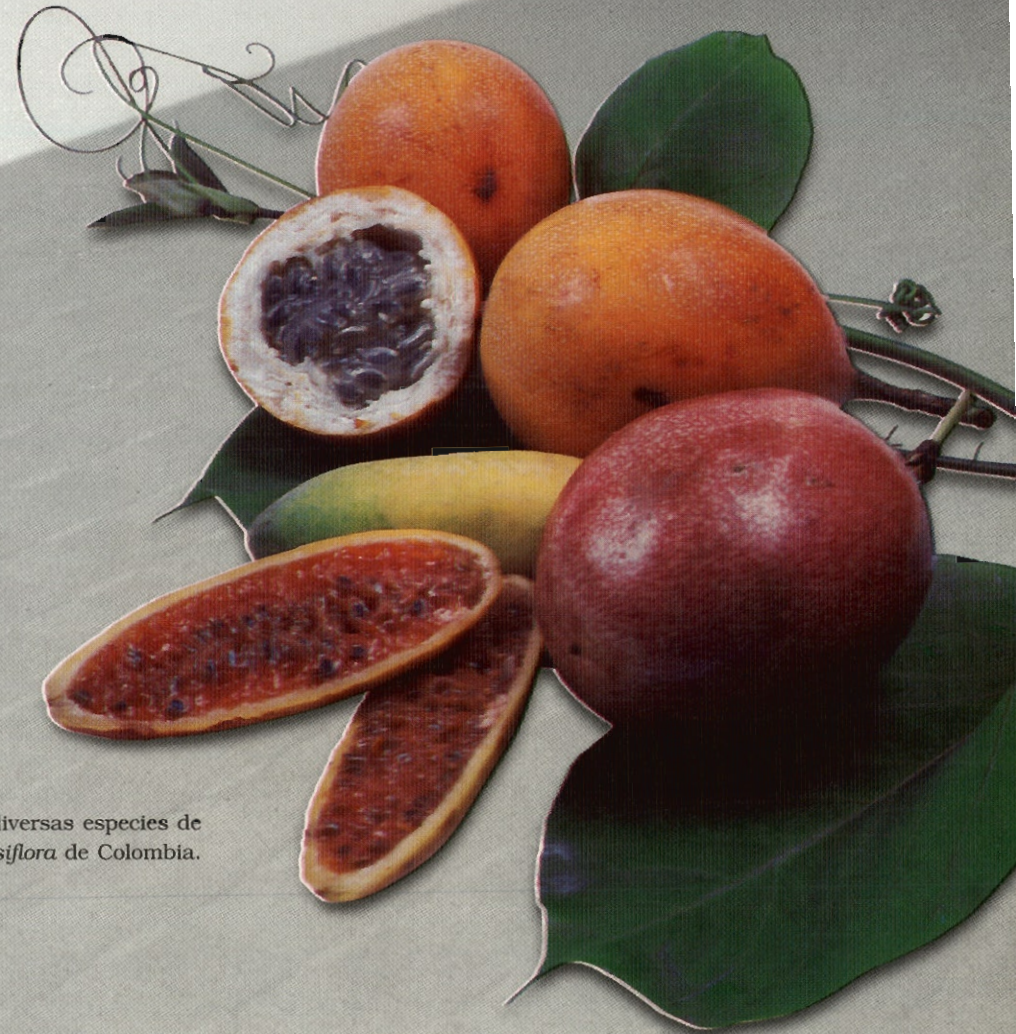
Daniel Debouck, líder del proyecto de conservación de recursos genéticos del CIAT, se muestra entusiasmado con el tipo de colaboración representado por el trabajo de Sánchez. Debouck, cuyo trabajo en diversidad del frijol se conoce ampliamente, es responsable del manejo de cerca de 71,000 accesiones de germoplasma, que cubren casi 1,000 especies biológicas que van desde pequeñas hierbas hasta grandes árboles. Una de las contribuciones más útiles que hace el CIAT, explica Debouck, es proveer

información que permite a las personas abordar mejor los temas de biodiversidad a nivel local.

**Vivir para Siempre**  
*Métodos alternativos para la conservación de la diversidad de la yuca*

Para conservar la biodiversidad de cultivos agrícolas, la ciencia ha usado tradicionalmente dos enfoques básicos: uno es la conservación in situ, o la

conservación del germoplasma en su hábitat original donde puede evolucionar en respuesta a los cambios ambientales, y el otro es la conservación ex situ, que significa generalmente almacenamiento en condiciones controladas en bancos de germoplasma.



Productos de diversas especies de *Passiflora* de Colombia.

Pero las plantas que se propagan vegetativamente, no sexualmente, requieren de arreglos especiales de almacenamiento para su germoplasma. El material de siembra de estas plantas no proviene de semilla, sino de las partes vegetativas de la planta madre. Esto se cumple en algunos de los alimentos más apetecidos del mundo, como lo son el plátano, la papa y la yuca.

Desde finales de los años 70, el CIAT ha protegido la diversidad de la yuca, manteniendo el cultivo in vitro —literalmente, “en vidrio”— mediante un proceso conocido como cultivo de tejidos, en el cual los esquejes de la planta se regeneran en tubos de ensayo en medios artificiales. De esta forma se ha producido

generación tras generación de yuca, manteniendo la colección más grande del mundo (5,537 clones) durante años. Pero este proceso tiene un costo: cada vez que un clon de yuca “se subcultiva”, dice William Roca, especialista en biotecnología, éste puede mantenerse solamente de 8 a 22 meses antes de tener que ser subcultivado nuevamente.

Daniel Debouck, líder del proyecto de conservación de los recursos genéticos del CIAT, considera importante tener acceso a cuantas opciones de conservación sea posible. “Tenemos una responsabilidad, una función social”, dice. “En nuestras colecciones, mantenemos miles de líneas locales”.

La criopreservación es una de las alternativas que incluye el almacenamiento de germoplasma en nitrógeno líquido a 196 grados centígrados bajo 0. A esa temperatura, explica Roosevelt Escobar, asistente de investigación del CIAT, “el crecimiento se detiene por completo. Esto nos da la oportunidad de mantener una colección básica para siempre, al menos en teoría”. Hace poco el CIAT empezó a usar la criopreservación (a veces denominada crioconservación) con la yuca. Hasta el momento, los investigadores no han observado ningún efecto negativo de este tipo de almacenamiento en los clones cultivados posteriormente.

Entre tanto, Claudia Guevara, agrónoma del CIAT, continúa su trabajo en cultivo de tejidos en busca de alternativas adicionales a los métodos tradicionales de conservación de la yuca. Su equipo de trabajo está realizando ensayos con dos métodos para detener o desacelerar el crecimiento de la yuca almacenada en cultivo de tejidos. Las dos alternativas, déficit hídrico mediante sustancias osmóticas y control de etileno, deben reducir el crecimiento notablemente. Guevara espera al menos doblar el tiempo antes de que cada clon tenga que subcultivarse —reduciendo considerablemente, por tanto, los costos involucrados. Ella también almacenará cuidadosamente duplicados de los clones en otro sitio.



Yuca fresca del campo del agricultor.



Con el método de déficit hídrico, los investigadores reducen la presión osmótica de las células de los tejidos que se están cultivando mediante alcoholes derivados de azúcares, cultivando la planta en condiciones que simulan un ambiente desértico. "Así estaríamos desacelerando su metabolismo", explica Guevara. El truco está en determinar la cantidad y la combinación correcta de los compuestos; cualquier exceso podría matar a la planta.

El método de control de etileno se basa en el hecho de que el etileno (el mismo producto químico natural que hace que los tomates y los plátanos maduren) se origina dentro de los tubos de ensayo del cultivo de tejidos como producto de la respiración.

Su acción puede ser alterada por productos químicos que inhiben el etileno y prolongan la viabilidad de los cultivos. Después de 9 meses, uno de los medios de ensayo redujo la longitud de las

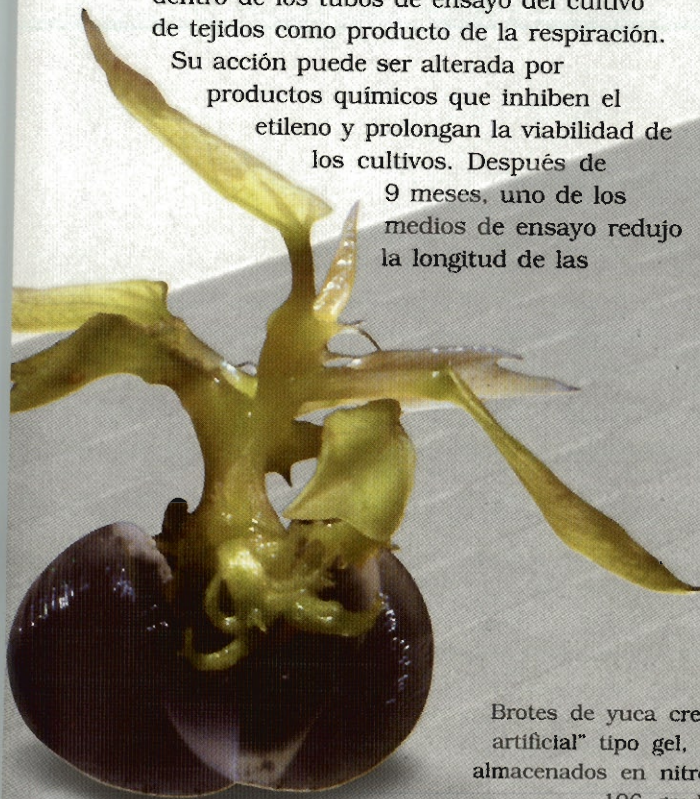
plántulas en un tercio, en comparación con el testigo. Las diversas concentraciones de otro producto químico que inhibe etileno también redujeron el crecimiento y mantuvieron las plantas viables con retoños múltiples. Estos resultados preliminares han abierto el camino para un nuevo experimento con tratamientos seleccionados y un mayor número de variedades de yuca.

"Espero que este trabajo ayude a proteger la diversidad biológica al poner métodos de preservación de bajo costo al alcance de otras instituciones que no pueden afrontar los costos de la criopreservación", concluye Guevara.

### **Hongos Amistosos**

*La búsqueda de endofitos tropicales que protegen las gramíneas sin causar daño al ganado bovino*

La agricultura no ofrece excepciones, sólo confirmaciones, a la regla general de que



Brotos de yuca crecen en "semilla artificial" tipo gel, después de ser almacenados en nitrógeno líquido a -196 grados centígrados.

Clones de yuca mantenidos in vitro en el banco de germoplasma del CIAT.



todo en la vida está basado en ajustes y compensaciones. Los endofitos son hongos microscópicos que viven dentro de las plantas sin causar daño a sus hospedantes. En el caso de muchas de las gramíneas de clima templado, los endofitos realmente ayudan a sus plantas hospedantes al ser tóxicos para supuestos invasores, como pueden ser los insectos. Las gramíneas infectadas por endofitos son muy valoradas en los campos de golf del Hemisferio Norte, pues no requieren de productos químicos para controlar enfermedades o insectos.

El ajuste es porque, en algunas especies de endofitos, la toxicidad que repele las plagas también enferma al ganado bovino que consume las gramíneas. Pero existen

cepas que no tienen este efecto y que pueden usarse sin riesgo en gramíneas forrajeras. Durante mucho tiempo se asumió que no se podían encontrar endofitos de este tipo en gramíneas tropicales. Pero investigaciones recientes del CIAT, apoyadas por el gobierno japonés y realizadas en cooperación con el Instituto Nacional de Investigación en Praderas de ese país, indican lo contrario.

“Las plantas infectadas con endofitos persisten durante más tiempo, resisten mejor a la sequía y tienen un sistema radical grande y profundo”, dice Segenet Kelemu, fitopatóloga del proyecto de forrajes tropicales del CIAT. Su tarea es encontrar cepas dentro de la población nativa de endofitos del trópico que beneficien a las

plantas sin causar efecto nocivo en los animales. Después de 2 años de búsqueda, ella ha encontrado hongos endofíticos en gramíneas que son “muy similares a los encontrados en climas templados”.

Con base en herramientas de bajo perfil tecnológico y en razonamientos anticuados, ella examinó cuidadosamente la literatura existente sobre toxicidad en ganado y encontró que esta toxicidad se había registrado en animales que pastaban *Brachiaria*. Hay muchas especies de *Brachiaria*; por tanto, Kelemu limitó su búsqueda a las especies conocidas por su resistencia a insectos y cuyas ubicaciones específicas se conocían. Ella ha aislado ahora un hongo y está trabajando en la identificación de su especie.

“Si podemos tener endofitos con todos los efectos benéficos de la protección fitosanitaria y resistencia a la sequía, pero sin toxicidad, sería un gran avance”, dice Kelemu. “Lo bueno de estos endofitos es que, una vez que la planta está infectada, la asociación es permanente”.

### **El Mejor Amigo de la Diversidad** Los agricultores conservan mezclas de frijol en Perú

El agricultor es un valioso aliado en el esfuerzo para conservar la biodiversidad de los cultivos agrícolas. A menudo es difícil forjar la alianza entre conservacionistas, científicos y agricultores, porque las fuerzas del mercado o las políticas gubernamentales empujan al agricultor hacia prácticas agrícolas que trabajan en contra de la diversidad —por ejemplo, el monocultivo y la deforestación por quema.



Hojas de plantas idénticas de *Brachiaria* (trasfondo) infectadas artificialmente por un agente patógeno. Las hojas sanas contienen endofitos que las protegen de la enfermedad. El uso de *Brachiaria* ha ayudado a intensificar la producción pecuaria en gran parte de América tropical.

Pero este no es el caso de Cajamarca, una comunidad en las tierras altas de los Andes peruanos. En las laderas escarpadas y rocosas de Cajamarca, los agricultores hacen el mejor uso posible de un ambiente que es marginal para la producción de frijol. No sólo es el suelo pobre, sino que las laderas también son azotadas por heladas, granizo y sequía. Esta tierra, sin embargo, custodia gran parte de la diversidad de frijol, debido, sin duda, al hecho de que la zona es considerada como uno de los centros de origen del cultivo.

Sam Fujisaka, antropólogo del CIAT, está estudiando la diversidad del frijol en Cajamarca y ha encontrado que los agricultores son los mejores amigos de la diversidad. "Ellos han solucionado sus problemas ambientales cultivando una *variedad* de cultivos", dice Fujisaka. "Por ende, la mayoría de estos agricultores

tienen, además del frijol, un apreciable número de cereales andinos y tubérculos de las tierras altas de los Andes. Al mantener esa variabilidad, los agricultores saben que algunos frijoles tendrán un mejor desempeño, independientemente de las condiciones, y otros presentarán un desempeño inferior.

Fujisaka cuenta que los agricultores le han dicho, "este año todas las semillas de *estos frijoles* tendrán un buen desempeño porque hubo sequía, o, *estos otros frijoles* producirán bien porque se presentó una helada seguida de una sequía".

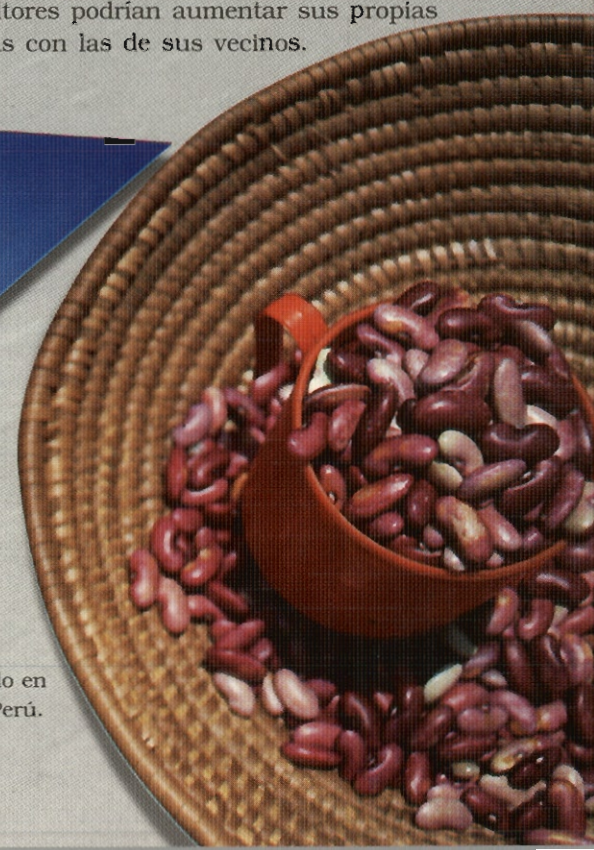
Los productores de frijol de Cajamarca no han ignorado los nuevos cultivares de frijol introducidos por el gobierno nacional u otras entidades (muchas veces con el apoyo del CIAT, por intermedio de un proyecto que cuenta con financiación

suiza), pero las nuevas variedades no han reemplazado las mezclas tradicionales. "Las variedades modernas han asumido un lugar al lado de las tradicionales", dice Fujisaka. "Los agricultores valoran tener una mezcla altamente heterogénea de semilla".

El CIAT está estudiando los sistemas de los agricultores con la esperanza de encontrar maneras de trasladar estos sistemas a otras zonas donde hay interés de una conservación *in situ* participativa. Para el CIAT, dice Fujisaka, una transferencia de este tipo "sería un resultado muy importante". Además, al CIAT le gustaría formular formas de trabajar más estrechamente con los pequeños agricultores para mantener la diversidad. El Centro está discutiendo con los productores un intercambio de semilla local, en el cual los agricultores podrían aumentar sus propias mezclas con las de sus vecinos.



Frijol en la plaza de mercado en el Valle de Cajamarca, en Perú.



# Portafolio de Proyectos del CIAT

## Impacto de la Investigación Agrícola

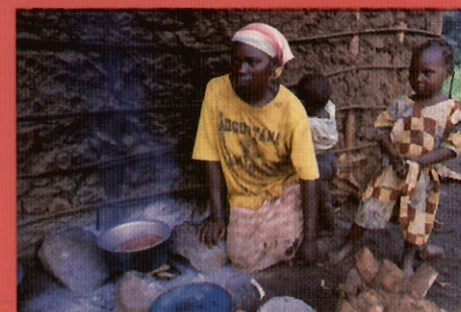
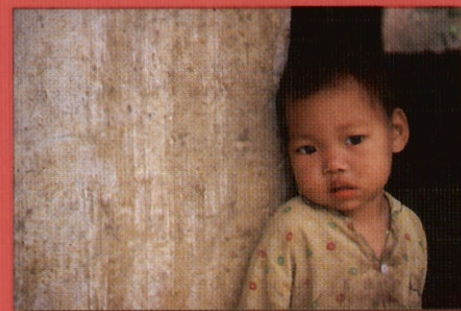
- Impacto: La Diferencia que Hace la Ciencia
- Perfil del Proyecto
- Resúmenes de Impacto
- Bases de Datos:
  - Tendencias en frijol (Africa y América Latina y el Caribe)
  - Tendencias en yuca (Africa, Asia y América Latina y el Caribe)
  - Tendencias en producción de leche de vaca (América Latina y el Caribe)
  - Tendencias en producción pecuaria (América Latina y el Caribe)
  - Tendencias en arroz (América Latina y el Caribe)
- Colecciones de Documentos
  - Resúmenes sobre el Impacto de la Investigación Agrícola
  - Publicaciones 1997
- Informes de Investigaciones Recientes
  - Informe Anual 1997
- Herramientas
  - Modelo de Análisis de Excedentes Económicos (MODEXC)

## Información sobre Impacto en Internet

**L**o invitamos a visitar una nueva sección de la página electrónica del CIAT que contiene información sobre el impacto de la investigación agrícola. La sección incluye resúmenes breves de estudios de impacto realizados por el CIAT en cooperación con programas nacionales, informes técnicos con un recuento detallado de estos estudios, una base de datos en la cual se pueden efectuar búsquedas de resúmenes de estudios publicados sobre la evaluación de impacto, y una serie de bases de datos sobre tendencias en producción de frijol, yuca, productos pecuarios y arroz. También está a disposición un modelo económico para analizar el impacto de la investigación, tanto hacia el pasado como hacia el futuro.

En las siguientes páginas, presentamos otra información disponible en nuestro sitio en la Red que puede ser útil para los lectores de *CIAT en Perspectiva*. Agradecemos sinceramente cualquier comentario sobre esta página institucional o sobre nuestra información sobre impacto.

<http://www.ciat.cgiar.org>



## El Sistema GCIAI



El CIAT es uno de los 16 centros auspiciados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAI). El GCIAI es un consorcio de países y de organizaciones que, como donantes, se comprometen con la agricultura sostenible en el mundo en desarrollo. El Grupo es patrocinado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y por el Banco Mundial.

## Los Donantes del CIAT

El CIAT recibe en la actualidad recursos financieros, bien sea del GCIAI 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 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

Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN)

Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO)

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" (COLCIENCIAS)

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Nestlé de Colombia S.A.

Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA)

### Dinamarca

Ayuda Danesa para el Desarrollo Internacional (Danida)

### España

Ministerio de Agricultura

### Estados Unidos de América

Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID)

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Fundación Ford

Fundación Kellogg

Fundación Rockefeller

Fondo Común para Productos

Agropecuarios Básicos (CFC)

Fondo Internacional para el Desarrollo

Agrícola (IFAD)

### Francia

Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD)

Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo y la Cooperación (ORSTOM)

Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INRA)

Ministerio de Asuntos Exteriores

### Holanda

Dirección General para la Cooperación Internacional (DGIS)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)

### Italia

Ministerio de Asuntos Exteriores

### Japón

Fundación Nippon

Ministerio de Asuntos Exteriores

### México

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

### Noruega

Ministerio Real de Asuntos Exteriores

### Nueva Zelanda

Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio (MFAT)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

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)  
Comisión Europea (CE)

## Nuestra Misión

**¿Qué?** Contribuir a aliviar el hambre y la pobreza

**¿Dónde?** en los países tropicales en desarrollo

**¿Cómo?** aplicando la ciencia a la generación de tecnología que lleve a aumentos duraderos en la producción agrícola, al tiempo que se preserva la base de los recursos naturales.

## Nuestro Portafolio de Proyectos

La investigación del CIAT gira alrededor de los proyectos enumerados a continuación. Estos proyectos proporcionan los elementos para integrar la investigación dentro del Centro y para organizar la cooperación con nuestros colegas. (A solicitud del interesado podemos hacerle llegar resúmenes de los proyectos.)

### Vínculos Institucionales

El Impacto de la Investigación Agrícola  
Métodos de Participación de los  
Agricultores en la Investigación y  
Análisis de la Participación de Hombres  
y Mujeres en la Actividad Agrícola  
Participación Colaborativa en la  
Investigación y el Desarrollo Agrícolas

### Mejoramiento de Cultivos

Mejoramiento del Frijol para África y América Latina  
Redes Regionales del Frijol en África Subsahariana  
Mejoramiento de la Yuca para el Mundo en Desarrollo  
Mejoramiento del Arroz para América Latina y el Caribe  
Gramíneas y Leguminosas Tropicales para Usos Múltiples

### Agrobiodiversidad

Conservación Integral de los Recursos Fitogenéticos Neotropicales  
Mejoramiento de la Biodiversidad mediante la Biotecnología

### Plagas y Enfermedades

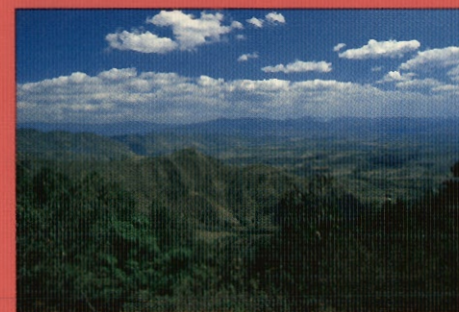
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades

### Suelos y Sistemas

Mejoramiento de la Calidad del Suelo en Ambientes Marginales  
Sistemas Sostenibles para Pequeños Productores  
Agroempresas Rurales para Pequeños Productores

### Manejo de Tierras

Manejo Comunitario de los Recursos Naturales en Cuencas Situadas en Zonas de Ladera  
Uso de la Tierra y su Impacto Ambiental



## Nuestro Énfasis en Cultivos y en Agroecosistemas

El CIAT hace investigación a nivel internacional en cuatro productos agrícolas básicos, que son vitales para los pobres: el frijol, la yuca, los forrajes tropicales y el arroz. Nuestro trabajo en los primeros tres tiene alcance mundial, mientras que la investigación en arroz está enfocada hacia América Latina y la región Caribe.

En América Latina, nuestra investigación en manejo de los recursos naturales está organizada, en su mayor parte, alrededor de tres agroecosistemas frágiles: las laderas, los márgenes de bosque y las sabanas. Los científicos del CIAT estudian también aspectos clave del manejo de los recursos en la investigación sobre cultivos que hacemos para África y Asia.

## Vínculos Institucionales

El CIAT hace parte de un sistema mundial de investigación y desarrollo agrícolas que está en la fase naciente. Su fortaleza depende, no sólo de la excelencia de cada uno de sus miembros, sino también de la energía que ellos invierten en esfuerzos conjuntos. Por tal motivo, trabajamos arduamente para establecer vínculos con otras instituciones mediante la investigación colaborativa organizada en proyectos.

Nuestro círculo de socios colaboradores es cada vez más amplio. Comprende otros

centros internacionales, los institutos nacionales de investigación, las universidades, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Trabajamos con ellos mediante diversos convenios innovadores, como consorcios y redes, a nivel local, regional y mundial. Mediante alianzas estratégicas con institutos avanzados conseguimos que este valioso conocimiento científico se aplique a los retos más importantes de la agricultura tropical.

Como un servicio a nuestros socios colaboradores, el Centro ofrece diversas opciones de capacitación y presentación de conferencias, servicios especializados de información y documentación, un amplio programa de comunicaciones y varios sistemas de información.

## Junta Directiva

Robert D. Havener (Presidente),  
Estados Unidos  
Consultor

Gustavo E. Gómez (Vicepresidente),  
Colombia  
Consultor

Wallace Beversdorf, Estados Unidos  
Líder, R&D  
Novartis Seeds AG, Suiza

L. Fernando Chaparro, Colombia  
Director General  
Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" (COLCIENCIAS)

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

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

Colette M. Girard, Francia  
Profesora  
Instituto Nacional de Agricultura París-Grignon

Antonio Gómez M., Colombia  
Ministro de Agricultura

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

Samuel Jutzi, Suiza  
Profesor, Universidad de Kassel, Alemania

Masashi Kobayashi, Japón  
Líder de Proyecto  
Instituto de Avances en la Investigación sobre Tecnología Orientada Biológicamente (BRAIN)

Victor Manuel Moncayo, Colombia  
Rector, Universidad Nacional

Bongiwe Njobe-Mbuli, Sudáfrica  
Director General  
Departamento Nacional de Agricultura

Samuel Paul, India  
Presidente, Centro de Asuntos Públicos



Armando Samper, Colombia  
Presidente Emérito, Junta Directiva del  
CIAT

Grant M. Scobie, Nueva Zelanda  
Director General, CIAT

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

Paul L. G. Vlek, Holanda  
Profesor, Universidad Georg-August  
Alemania

Martin S. Wolfe, Reino Unido  
Consultor

## Personal Principal

### Administración

Grant M. Scobie, Director General  
Jacqueline Ashby, Directora de  
Investigación, Manejo de los Recursos  
Naturales

Jesús Cuéllar, Administrador Ejecutivo  
Juan Antonio Garafulic, Contralor  
Financiero

Douglas Pachico, Director de Planeación  
Estratégica

Rafael Posada, Director de Cooperación  
Regional

Aart van Schoonhoven, Director de  
Investigación, Recursos Genéticos

Christine Schreuder, Asistente del Director  
General

\* Se retiró durante el periodo cubierto por  
este informe.

### Vínculos Institucionales

Ann Braun, Entomóloga y Líder de Proyecto  
Alfredo Caldas, Coordinador, Capacitación  
y Conferencias

Nancy Johnson, Economista Agrícola  
(Rockefeller Research Fellow)

Kathryn Laing, Coordinadora Asistente del  
Programa del Sistema del GCIAI sobre  
Investigación Participativa y Análisis del  
Papel del Hombre y la Mujer (Research  
Fellow)

Louise Sperling, Antropóloga

### Mejoramiento de Cultivos

Carlos Bruzzone, Mejorador de Arroz  
(Científico Posdoctoral)

Carlos Iglesias, Mejorador de Yuca y Líder  
de Proyecto\*

César Martínez, Mejorador de Arroz  
(Consultor)

John Miles, Mejorador de Forrajes

Luis Sanint, Economista Agrícola

Shree Singh, Mejorador de Frijol

Ann Marie Thro, Mejoradora de Yuca y  
Coordinadora de la Red de Biotecnología  
de Yuca

### Malawi

Vas Dev Aggarwal, Mejorador de Frijol

### Tailandia

Kazuo Kawano, Mejorador de Yuca\*

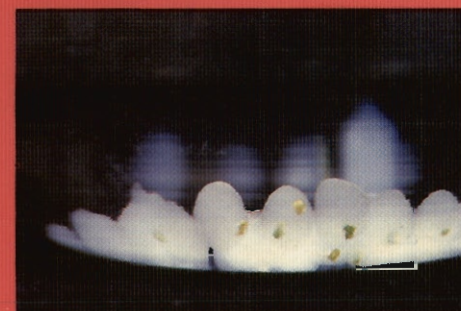
### Uganda

Howard Gridley, Mejorador de Frijol

### Agrobiodiversidad

Fernando Angel, Biólogo Molecular (Senior  
Research Fellow)\*

Stephen Beebe, Especialista en  
Germoplasma



Daniel Debouck, Especialista en Recursos Genéticos y Líder de Proyecto  
 Martín Fregene, Fitogenetista (Research Fellow)  
 Claudia Lucero Guevara, Agrónoma (Científica Asociada)  
 Rigoberto Hidalgo, Agrónomo (Científico Asociado)\*  
 Carlos Lascano, Nutricionista de Rumiantes  
 Zaida Lentini, Fitogenetista  
 Alvaro Mejía, Especialista en Biotecnología (Científico Posdoctoral)  
 William Roca, Especialista en Biotecnología y Líder de Proyecto  
 Joseph Tohme, Geneticista

#### **Manejo de Plagas y Enfermedades**

Elizabeth Alvarez, Patóloga  
 Pamela Anderson, Entomóloga y Coordinadora del Proyecto de MIP contra la Mosca Blanca  
 Anthony Bellotti, Entomólogo de Yuca-MIP y Líder de Proyecto  
 Lee Calvert, Virólogo Molecular  
 César Cardona, Entomólogo de Frijol y Líder de Proyecto  
 Fernando Correa, Patólogo de Arroz y Líder de Proyecto  
 Segenet Kelemu, Patóloga de Forrajes  
 Francisco Morales, Virólogo  
 Daniel Peck, Entomólogo de Forrajes (Científico Posdoctoral)  
 Lincoln Smith, Entomólogo de Yuca (Senior Research Fellow)\*

#### **Brasil**

Bernardo Ospina, Coordinador de Capacitación (Senior Research Fellow)

#### **Kenia**

John Nderitu, Entomólogo de Frijol (Research Fellow), Iniciativa para las Tierras Altas de África

#### **Tanzania**

Kwasi Ampofo, Entomólogo  
 Pyndji Mukishi, Patólogo (Research Fellow) y Coordinador de la Red de Frijol para África Oriental y Central

#### **Uganda**

Robin Buruchara, Patólogo de Frijol

#### **Suelos y Sistemas**

Edgar Amézquita, Edafólogo  
 Edmundo Barrios, Especialista en Sistemas de Producción - Suelos (Research Fellow)  
 Rupert Best, Especialista en Poscosecha y Líder de Proyecto  
 Myles Fisher, Ecofisiólogo (Consultor)  
 Arjan Gijssman, Edafólogo (Research Fellow)  
 Federico Holmann, Especialista en Ciencias Pecuarias  
 Peter Kerridge, Agrostólogo y Líder de Proyecto  
 Idupulapati Rao, Nutricionista y Fisiólogo de Plantas  
 Jerome Ribet, Edafólogo (Consultor)  
 Richard Thomas, Microbiólogo de Suelos y Líder de Proyecto  
 Oswaldo Voysest, Agrónomo y Coordinador de la Red de Frijol para la Zona Andina  
 Christopher Wheatley, Especialista en Poscosecha

#### **Brasil**

Michael Thung, Agrónomo (Consultor)

#### **Costa Rica**

Pedro Argel, Agrónomo Especialista en Forrajes (Consultor)

#### **Filipinas**

Werner Stür, Agrónomo Especialista en Forrajes

#### **Guatemala**

Rogelio Lépiz, Agrónomo y Coordinador de la Red de Frijol para América Central

#### **Tailandia**

Reinhardt Howeler, Agrónomo de Yuca

#### **Uganda**

Soniia David, Socióloga Rural  
 Cary Farley, Geógrafo Agrícola (Rockefeller Research Fellow)  
 Roger Kirkby, Agrónomo, Líder de Proyecto y Coordinador Panafricano (para toda África)  
 Charles Wortmann, Agrónomo

#### **Manejo de Tierras**

Nathalie Beaulieu, Especialista en Teledetección (Research Fellow)  
 Rubén Darío Estrada, Economista Agrícola (Senior Research Fellow)  
 Samuel Fujisaka, Antropólogo Agrícola  
 Glenn Hyman, Geógrafo y Líder de Proyecto Encargado  
 Peter Jones, Geógrafo Agrícola y Líder de Proyecto\*  
 Edwin Bronson Knapp, Edafólogo  
 Gregoire Leclerc, Especialista en Teledetección  
 Helle Munk Ravnborg, Socióloga Rural (Research Fellow)\*

José Ignacio Sanz, Especialista en  
Sistemas de Producción y Líder de  
Proyecto

Eric Veneklaas, Ecólogo Tropical (Research  
Fellow)\*

Douglas White, Economista Agrícola  
(Científico Posdoctoral)

Manuel Winograd, Científico Ambiental

### **Honduras**

Miguel Ayarza, Edafólogo, Coordinador  
para la Zona de Laderas

Héctor Barreto, Edafólogo

### **Nicaragua**

Ronald Vernooy, Sociólogo Rural

### **Información**

William Bell, Funcionario Principal de  
Información, Unidad de Sistemas de  
Información

Elizabeth Goldberg, Jefe, Unidad de  
Información y Documentación

Nathan Russell, Jefe, Unidad de  
Comunicaciones

Ricardo Uribe, Ingeniero de Sistemas y de  
Redes (Research Fellow)

### **Personal Administrativo**

Fabiola Amariles, Jefe, Administración del  
Personal Internacional

Walter Correa, Coordinador, Servicios de  
Investigación\*

Luz Stella Daza, Auditora Interna

Alfonso Díaz, Superintendente,  
Operaciones de Campo\*

Sibel González, Jefe, Protección y  
Seguridad Institucional

Fernando Posada, Jefe, Oficina del CIAT en  
Miami

Jorge Saravia, Jefe, Oficina de Apoyo a los  
Proyectos

Germán Vargas, Jefe, Recursos Humanos

### **Personal de Otras Instituciones**

Paul Calatayud, Entomólogo de Yuca,  
Instituto Francés de Investigación  
Científica para el Desarrollo y la  
Cooperación (ORSTOM)

Marc Châtel, Mejorador de Arroz, Centro de  
Cooperación Internacional en  
Investigación Agrícola para el Desarrollo  
(CIRAD)

Benoit Clerget, Mejorador de Maíz, Centro  
Internacional de Mejoramiento de Maíz y  
Trigo (CIMMYT)

Geo Coppens, Fitogenetista, CIRAD y el  
Instituto Internacional de Recursos  
Fitogenéticos (IPGRI)

Carlos De León, Patólogo de Maíz, CIMMYT

Dennis Friesen, Edafólogo, Centro  
Internacional para el Desarrollo de

Fertilizantes (IFDC)

James Gibbons, Fitomejorador, Fondo  
Latinoamericano y del Caribe para Arroz  
de Riego (FLAR)

Luigi Guarino, Científico de Diversidad  
Genética, IPGRI

Michiel Hoogendijk, Especialista en  
Germoplasma, IPGRI

Helle Knudsen, Especialista en  
Documentación, IPGRI

José Ramón Lastra, Patólogo y Director  
Regional para el Grupo de las Américas,  
IPGRI

Karl Müller-Sämaan, Agrónomo,  
Universidad de Hohenheim\*

Luis Narro, Fitomejorador, CIMMYT

Michel Valés, Patólogo de Arroz, CIRAD

Valérie Verdier, Patóloga de Yuca, ORSTOM



David Williams, Científico Principal de  
Diversidad Genética, IPGRI  
Stanley Wood, Coordinador Técnico,  
Proyecto de Establecimiento de  
Prioridades de Investigación para ALC,  
Instituto Internacional de Investigaciones  
sobre Política Alimentaria (IFPRI)/CIAT  
Nadine Zakhia, Tecnóloga de Alimentos,  
CIRAD

## Oficinas del CIAT Alrededor del Mundo

### Sede

Apartado Aéreo 6713  
Cali, Colombia  
Teléfono: (57-2)445-0000 (directo) ó  
(1-650)833-6625 (vía E.U.)  
Fax: (57-2)445-0073 (directo) ó  
(1-650)833-6626 (vía E.U.)  
Correo electrónico: [ciat@cgiar.org](mailto:ciat@cgiar.org)  
Internet: <http://www.ciat.cgiar.org>

### Brasil

Bernardo Ospina  
Embrapa/CNPMF, Caixa Postal 007  
CEP 44380-000  
Cruz das Almas, Bahía, Brasil  
Teléfono: (55-75)721-2534  
Fax: (55-75)721-2534  
Correo electrónico:  
[ospina@cnpmf.embrapa.br](mailto:ospina@cnpmf.embrapa.br)

### Ecuador

Daniel Danial  
MAG-INIAP-CIAT  
Avn. Eloy Alfaro y Amazonas  
Edificio MAG Piso 4  
Quito, Ecuador  
Teléfono: (593-2)500316  
Fax: (593-2)500316  
Correo electrónico: [angela@ciat.sza.org.ec](mailto:angela@ciat.sza.org.ec)

### Estados Unidos

Fernando Posada  
CIAT-Miami  
1380 N.W. 78th Ave.  
Miami, FL 33126, Estados Unidos  
Teléfono: (1-305)592-9661  
Fax: (1-305)592-9757  
Correo electrónico: [f.posada@cgiar.org](mailto:f.posada@cgiar.org)

### Filipinas

Werner Stür  
CIAT, c/o IRRI  
P.O. Box 933  
1099 Manila, Filipinas  
Teléfono: (63-2)818-1926 u 844-3351  
Fax: (63-2)891-1292 u 817-8470  
Correo electrónico: [w.stur@cgiar.org](mailto:w.stur@cgiar.org)

### Guatemala

Rogelio Lépiz  
PROFRIJOL  
Primera Avenida 8-00  
Zona 9  
Apartado Postal 231-A  
Guatemala, Guatemala  
Teléfono: (502)3610925  
Fax: (502)3316304  
Correo electrónico: [profrijol@guate.net](mailto:profrijol@guate.net)

### Honduras

Héctor Barreto  
CIAT-LADERAS  
Colonia Palmira, Edificio Palmira  
2do. Piso, frente Hotel Honduras Maya  
Apartado 1410  
Tegucigalpa, Honduras  
Teléfono: (504)321-862, 391-431 ó 391-432  
Fax: (504)391-443  
Correo electrónico: [ciathill@hondutel.hn](mailto:ciathill@hondutel.hn)

### Kenia

John Nderitu  
Africa Highlands Initiative-CIAT  
KARI Regional Research Centre  
P.O. Box 169  
Kakamega, Kenia  
Correo electrónico:  
[ciat-kenya@tt.sasa.unep.no](mailto:ciat-kenya@tt.sasa.unep.no)

### Malawi

Vas Dev Aggarwal  
CIAT-Malawi  
Chitedze Research Station  
P.O. Box 158  
Lilongwe, Malawi  
Teléfono: (265)822-851 ó 767-264  
Fax: (265)782-835  
Correo electrónico: [ciat-malawi@cgiar.org](mailto:ciat-malawi@cgiar.org)

### Nicaragua

Ronald Vernooy  
Apdo. Postal LM-172  
Managua, Nicaragua  
Teléfono: (505-2)663010, 667328 ó 669155  
Fax: (505-2)784089  
Correo electrónico: [r.vernooy@cgiar.org](mailto:r.vernooy@cgiar.org)

**Perú**

Keneth Reátegui  
Eduardo del Aguila 393  
Casilla Postal 558  
Pucallpa, Ucayali, Perú  
Teléfono: (51-64)577573  
Fax: (51-64)571784  
Correo electrónico: r.keneth@cgiar.org

**Tanzania**

Pyndji Mukishi y Kwasi Ampofo  
Selian Agricultural Research Institute  
Box 2704  
Arusha, Tanzania  
Teléfono: (255)57-2268  
Fax: (255)57-8558 u 8264  
Correo electrónico:  
ciat-tanzania@cgiar.org

**Tailandia**

Reinhardt Howeler  
CIAT, Regional Office for Asia  
Department of Agriculture  
Chatuchak, Bangkok 10900, Tailandia  
Teléfono: (66-2)579-7551  
Fax: (66-2)940-5541  
Correo electrónico: r.howeler@cgiar.org

**Uganda**

Roger Kirkby (Coordinador Panafricano),  
Robin Buruchara, Sonia David,  
Cary Farley, Howard Gridley y  
Charles Wortmann  
CIAT Regional Bean Programme  
Kawanda Agricultural Research Institute  
P.O. Box 6247  
Kampala, Uganda  
Teléfono: (256-41)567-670  
Fax: (256-41)567-635  
Correo electrónico: ciat-uganda@imul.com o  
ciat-uganda@cgiar.org



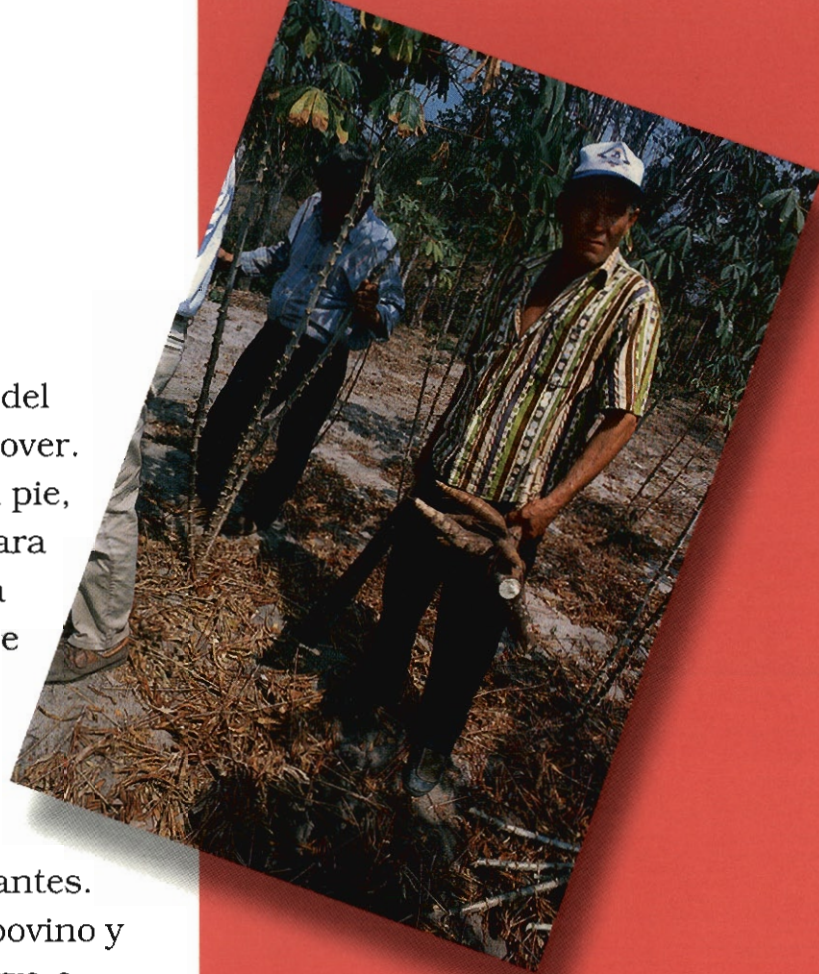


Material de siembra de yuca en el norte de Colombia.

## El Poder de la Perspectiva

**L**a lluvia cesó en noviembre de 1997 en el valle del Río Magdalena y, 3 meses después, no había vuelto a llover. En moto, en bicicleta, en carretas tiradas por caballo y a pie, los pobladores iban al río con contenedores plásticos para llenarlos con agua para su uso diario. Pero una planta seguía triunfando sobre la sequía: el cultivo universal de la población de escasos recursos en el trópico, la yuca.

Tomás Fontalvo, un agricultor que vive cerca de la comunidad de Malambo, en el lado este del Río Magdalena, muestra orgullosamente su finca a los visitantes. Es un lugar variado, con maíz, sorgo, guandul, ganado bovino y yuca. Fontalvo diligentemente dedica parte de su tierra a ensayos de germoplasma. Las plantas de sus parcelas contienen genes de yuca de Asia, África y otras partes de América Latina. Cada sección ordenada tiene caracteres que pueden ayudar a investigadores y agricultores a desarrollar un tipo de yuca apropiado para las condiciones ambientales adversas del nordeste de América Latina y los cambios potenciales en la demanda del mercado.



**“Siento que estoy participando en la investigación. Estoy colaborando en la selección y el mejoramiento de esta yuca. Estoy ayudando a la comunidad”.**

*Tomás Fontalvo, Agricultor colombiano*

CIAT. 1998.  
CIAT en Perspectiva, 1997-98  
Cali, Colombia.

**ISSN 0120-3150**

Tiraje: 2.000  
Impreso en Colombia  
Diciembre 1998

**Texto:** Fred Powledge  
Nathan Russell

**Traducción  
al español:** Lynn Menéndez

**Diseño:** Julio C. Martínez

**Diagramación:** Oscar Idárraga

**Fotos:** Luis Fernando Pino  
Nathan Russell  
Juan Carlos Quintana  
Sam Fujisaka

**Impresión:** Feriva S.A.



El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) forma parte de la red global de investigación agrícola conocida como el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI).

