



COLECCION HISTORICA

ISSN 0120-3169

ISSN 0120-3150

CIAT REPORT INFORME CIAT 1991

Highlights for 1990
and Early 1991

Actividades Sobresalientes en 1990
y Principios de 1991



Centro Internacional de Agricultura Tropical

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

CIAT Publication No. 200
ISSN 0120-3169
ISSN 0120-3150
Press run: 5000
Printed in Colombia
September 1991

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991.
CIAT Report/Informe CIAT 1991. Amaya, S. (ed.). Cali,
Colombia. xii, 162 p.

Contents

Contenido

	Page Página
Foreword	v
Prólogo	ix
Germplasm Research and Development Germoplasma: Investigación y Desarrollo	1
The Umubano Climbing Bean: A Promising Option for Rwandan Farmers El Frijol Trepador Umubano: Opción Promisoria para los Agricultores de Ruanda	3
Another Victory over Golden Mosaic in Central America: New, Tolerant Bean Lines Otra Victoria sobre el Mosaico Dorado en Centroamérica: Nueva Generación de Frijoles Tolerantes	13
Progress Made in the Cryopreservation of Cassava Shoot Tips Avances en la Crioconservación de Apices de Yuca	22
Rayong 3: Record Adoption of a Cassava Variety for Starch Rayong 3: Excepcional Acogida de una Variedad de Yuca para Almidón	28
The "Hoja Blanca" Virus and Rice Blast: In Search of Genes for Stable Resistance El Virus de la Hoja Blanca y el Añublo del Arroz: En Busca de Genes de Resistencia Estable	34
184-Zhuhuacao: A South American Forage Succeeds in China 184-Zhuhuacao: Exitosa Forrajera Suramericana en China	44
Tropical Forage Species: Understanding Their Mechanisms of Adaptation to Acid Soils Especies Forrajeras Tropicales: Explorando sus Mecanismos de Adaptación a Suelos Acidos	49
Management and Conservation of Natural Resources Manejo y Conservación de Recursos Naturales	59
Use of Agrochemicals in Rice Production Decreases in Colombia and Venezuela Desciende Uso de Agroquímicos en la Producción de Arroz en Colombia y Venezuela	61
Erosion Control and Preservation of Soil Fertility: Trials in Asia and Latin America Control de Erosión y Preservación de la Fertilidad de los Suelos: Ensayos en Asia y América Latina	68
Tropical Forage Species: Their Contribution to Nutrient Recycling in Savanna Ecosystems Especies Forrajeras Tropicales: Su Contribución al Reciclado de Nutrimentos en los Ecosistemas de Sabana	81

	Page Página
Pastures and Soil Recovery: Trials in Colombia Las Pasturas y la Recuperación del Suelo: Ensayos en Colombia	90
Farmers and Development Agricultores y Desarrollo	99
Small Farmers Participate in Technology Design: The Case of <i>Semillas Pescador</i> Pequeños Agricultores Participan en el Diseño de Tecnologías: El Caso de <i>Semillas Pescador</i>	101
Women Farmers as Researchers: Participatory Approach to Bean Breeding in Africa Agricultoras como Investigadoras: Estrategia Participativa para el Mejoramiento del Frijol en Africa	110
Integrated Cassava Development: New Perspectives for the Farmers of Ceará Desarrollo Integrado de Yuca: Nuevas Perspectivas para Agricultores de Ceará	118
Local Women Entrepreneurs Process Cassava in Ecuador Microempresarias Procesan Yuca en Ecuador	128
Financial Report Informe Financiero	137
Expenditures in 1990 Gastos en 1990	137
Sources of Funds in 1990 Fuentes de Fondos en 1990	138
Collaborative Projects in 1990 Proyectos Colaborativos en 1990	140
Publications Publicaciones	146
Center's Organization Organización del Centro	155
Board of Trustees 1990, 1991 Junta Directiva 1990, 1991	155
Principal Staff (up to 31 March 1991) Personal Principal (a 31 Marzo 1991)	156
Consultative Group on International Agricultural Research Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional	160

Foreword

This report highlights some of CIAT's activities during 1990 and early 1991. These activities are a small sample of the Center's work and accomplishments. They represent the fruits of past efforts and the adoption of new approaches intrinsic to CIAT's strategic plan for the 1990s and beyond.

Some of the accomplishments reported are the result of many years of work in germplasm development for beans, rice, cassava, and tropical pastures, carried out in close collaboration with national research programs. The examples given are only a few of the many successful varietal releases resulting from this collaboration and of their widespread adoption by farmers. They are climbing bean varieties in Rwanda and parts of Zaire, bean lines tolerant of bean golden mosaic in Central America, and the forage legume *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 in subtropical China.

Germplasm development has focused on the incorporation, through plant improvement, of host-plant resistance or tolerance and adaptation to major biotic and abiotic stresses in production regions of the tropics. Recent advances in plant biology expand research opportunities in this area. Several emerging biotechniques are being explored jointly by CIAT and advanced research institutions around the world for their potential application to overcoming research and production constraints. This is exemplified in three instances: the identification and tagging of resistance genes to the "hoja blanca" virus—a recurrent disease of economic importance to rice production in Latin America; the advances in long-term cryopreservation of cassava germplasm; and the breakthrough in genetic transformation of *Phaseolus* beans.

CIAT's efforts to increase sustainable production are not restricted to obtaining host-plant resistance or tolerance of biotic stresses and adaptation to environmental constraints. In order to secure lasting increases in production, it is imperative that the natural resource base be preserved and enhanced. This can be accomplished by adopting sustainable production systems that improve the inherent production capacity of tropical and subtropical soils, and by practices that minimize the use of chemical pesticides.

Examples that illustrate the advances and contributions to the above objective are erosion control in cassava fields in Asia and Latin America; integrated pest

management in rice fields of Colombia and Venezuela; and the accumulation and recycling of nutrients by forage species in acid, infertile soils in lowland Colombia.

A major goal of CIAT's and CGIAR's strategies is the alleviation of poverty in rural and urban areas of the developing world. For accomplishing this goal, the importance of agricultural research has been established. However, other elements have to fall into place before an objective of this magnitude can be achieved, particularly by public-funded institutions and programs operating on their own. The last section of this report illustrates how small farmers, both men and women, can participate and become major contributors to the research and development process.

The examples presented are of small farmers in Rwanda selecting and testing bean varieties and setting breeding targets to suit their farming systems; in Colombia, producing seed of improved bean varieties; and in Brazil and Ecuador, forming cooperatives to produce, process, and market cassava products. These examples show how participatory research and community-based enterprises can contribute in substantial ways to agricultural research and development.

CIAT's initial purpose was to assemble technologies for agricultural development in the vast, lowland areas of tropical America. It was soon realized that appropriate technologies had to be developed *in situ*. Thus, the Center focused its efforts on applied commodity research. Beginning with an extremely narrow, often nonexistent, knowledge base, the commodity research programs expanded substantially the knowledge foundation and developed many technologies which are being increasingly adopted. Their impact is reflected in national production statistics. This production impact has been facilitated by CIAT's training of a large cadre of national program scientists.

The Center's strategic plan for the 1990s and beyond postulates commodity research with a sustainability perspective as essential, but not sufficient, for sustainable agricultural production. The integration of technological components into viable and productive farming systems is the necessary complement. CIAT's new programs aim to effect this integration within selected agroecosystems of tropical America, incorporating contributions from sister international research centers and national programs. The new programs on land use, and on hillside, forest margins, and savanna agroecosystems will provide useful feedback at the strategic and applied research levels to CIAT's commodity programs and its partners. After many years of commodity research, CIAT is ready to implement

a resource management research strategy through an interinstitutional approach. This is very much in line with the vision the founders had for CIAT and the CGIAR.

The overall objective of the resource management initiative is to help develop land use strategies at the national level, and sustainable farming systems at the agroecosystem, watershed, and community levels. These land use strategies and farming systems should help increase productivity and incomes and, at the same time, relieve market and social pressures on the most fragile environments.

Furthermore, because poverty and deterioration of the resource base are often closely interlinked, their alleviation through agricultural research can be achieved more effectively by integrating genetic solutions and resource management at the farm level. CIAT's new strategy proposes moving forcefully in this direction to integrate macro-level, land use perspectives with those at the commodity and production system level. Emphasis will be given to those agroecosystems that have high social priority or that represent an opportunity for sustainable agriculture in tropical America.

The activities presented in this report serve as evidence of the timeliness and relevance of CIAT's new strategy to improve economic efficiency, while promoting equity and preserving the resource base. We believe that the report also demonstrates that CIAT is ready and able to implement this new strategy.



Gustavo A. Nores
Director General



Frederick E. Hutchinson
Chairman of the Board

Prólogo

Este informe destaca una pequeña muestra de actividades representativas del trabajo y los logros del CIAT en 1990 y comienzos de 1991. Son ellas el fruto tanto de esfuerzos pasados como de la adopción de nuevas orientaciones emanadas del plan estratégico del CIAT para los años 90 y siguientes.

Algunos de los logros registrados son el resultado de muchos años de trabajo en el desarrollo del germoplasma de frijol, arroz, yuca y pastos tropicales. Ese trabajo ha sido realizado en estrecha colaboración con los programas nacionales de investigación. Los ejemplos seleccionados son sólo algunas de las muchas liberaciones exitosas de variedades que resultaron de esa colaboración y algunos casos de su amplia adopción por los agricultores. Son ellos las variedades de frijol trepador en Ruanda y en partes de Zaire; las líneas de frijol tolerantes al mosaico dorado en América Central; y la leguminosa forrajera *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 en China subtropical.

El desarrollo del germoplasma ha hecho énfasis en la incorporación a éste, a través del fitomejoramiento, de resistencia o tolerancia de la planta hospedante y de adaptación a las principales limitaciones bióticas y abióticas que afectan las regiones agrícolas del mundo. Los progresos recientes en fitobiología amplían las oportunidades en este campo. El potencial de varias de las nuevas biotecnologías está siendo explorado conjuntamente por el CIAT y por instituciones avanzadas de investigación en el mundo, para aplicarlo a la solución de problemas de producción e investigación. Los ejemplos alusivos son: la identificación y marcación de genes de resistencia al virus de la hoja blanca —una enfermedad recurrente de importancia económica para la producción de arroz en América Latina; los avances en la crioconservación a largo plazo del germoplasma de yuca; y la transformación genética del frijol *Phaseolus*.

Los esfuerzos del CIAT para incrementar la producción sostenible no se limitan a la resistencia o tolerancia de las variedades a los factores bióticos, o a su adaptación a limitaciones ambientales. Con el fin de obtener incrementos duraderos en producción, resulta imperativo preservar y mejorar los recursos naturales. Esto se puede lograr con sistemas de producción sostenibles que mejoren la capacidad productiva de los suelos tropicales y subtropicales, así como con prácticas que reduzcan al mínimo el empleo de pesticidas químicos.

Algunos de los adelantos y aportes al objetivo anterior son el control de la erosión en cultivos de yuca en Asia y América Latina; el manejo integrado de plagas en cultivos de arroz en Colombia y Venezuela; y la acumulación y reciclado de nutrimentos por ciertas especies forrajeras en los suelos ácidos e infértiles de las llanuras bajas colombianas.

Uno de los propósitos principales en las estrategias del CIAT y del GCIAI es el alivio de la pobreza rural y urbana del mundo en desarrollo. En esta tarea, el papel de la investigación agrícola está establecido. Sin embargo, otros elementos son indispensables para que pueda alcanzarse un objetivo de tal magnitud, particularmente por entidades y programas públicos por sí solos. La última sección de este informe destaca la participación de pequeños agricultores —hombres y mujeres— y su contribución al proceso de investigación y desarrollo.

Los ejemplos que se presentan son todos de pequeños agricultores. Como aquellos de Ruanda que seleccionan y prueban variedades de frijol y orientan el fitomejoramiento hacia las necesidades de sus sistemas de producción; los de Colombia, que producen semilla de variedades mejoradas de frijol; y los de Brasil y Ecuador, que se asocian en cooperativas para producir, procesar, y comercializar productos derivados de la yuca. Estos ejemplos muestran cómo la investigación participativa y las empresas comunitarias contribuyen sustancialmente a la investigación y desarrollo agrícolas.

El propósito inicial del CIAT era acopiar tecnologías para el desarrollo agrícola de las grandes extensiones de tierras bajas del trópico americano. Muy pronto se vio que las tecnologías apropiadas debían desarrollarse *in situ*. Por consiguiente, el Centro se concentró en la investigación aplicada de cultivos. Partiendo de un acervo de conocimientos muy reducido, y a menudo inexistente, los programas de investigación en cultivos ampliaron considerablemente tales conocimientos y desarrollaron numerosas tecnologías que están siendo progresivamente adoptadas. Su impacto se refleja en las estadísticas nacionales de producción. Este impacto se ha facilitado con la capacitación ofrecida por el CIAT a un gran número de investigadores de programas nacionales.

El plan estratégico del Centro para los años 90 y siguientes postula que una investigación en cultivos con perspectiva sostenible es necesaria, pero no suficiente, para la producción agrícola sostenible. La integración de componentes tecnológicos en sistemas de producción viables y productivos es el complemento necesario. Los nuevos programas del CIAT se proponen esta integración en los agroecosistemas seleccionados de América tropical, incorporando aportes de centros internacionales de investigación hermanos y de programas nacionales. Estos nuevos programas sobre uso de tierras, y sobre agroecosistemas de ladera, de márgenes de bosque, y de sabanas proporcionarán retroalimentación, al nivel de investigación aplicada y estratégica, al CIAT y a sus colegas. Después de muchos años de investigación

en cultivos, el CIAT está listo para desarrollar una estrategia de investigación sobre manejo de recursos con dimensión interinstitucional, que corresponde a la visión que tuvieron del CIAT y del GCIAI sus fundadores.

El objetivo general del manejo de recursos propuesto es contribuir al desarrollo de estrategias de uso de la tierra a nivel nacional, y de sistemas de producción sostenibles a nivel de agroecosistemas, de cuencas hidrográficas, y de comunidades. Estas estrategias y sistemas de producción deberán incrementar la productividad y los ingresos, aliviando al mismo tiempo la presión social y la que impone el mercado sobre los ambientes más frágiles.

Más aún, como la pobreza y el deterioro de los recursos están con frecuencia interrelacionados, la investigación agrícola puede lograr más efectivamente su disminución integrando las soluciones genéticas y de manejo de recursos a nivel de la finca. La nueva estrategia del CIAT se propone avanzar en esa dirección integrando perspectivas de macronivel y de uso de tierras con aquellas a nivel de cultivo y de sistema de producción. Se dará énfasis a los agroecosistemas de alta prioridad social o que ofrezcan oportunidades para la agricultura sostenible en América tropical.

Las actividades aquí presentadas son evidencia de la oportunidad y relevancia de la nueva estrategia del CIAT para mejorar la eficiencia económica al tiempo que promueve la equidad y la preservación del acervo de recursos naturales. Creemos que este informe demuestra también que el Centro está preparado para poner en práctica tal estrategia.



Gustavo A. Nores
Director General



Frederick E. Hutchinson
Presidente de la Junta



Germplasm Research and Development

Germoplasma: Investigación y Desarrollo

CCIAT's operational mandate for the 1980s emphasized food production and poverty alleviation in developing countries of the tropics. In carrying out the responsibilities inherent in this mandate, the Center concentrated its germplasm research on commodities with potential to improve the incomes and/or nutritional levels of farmers and consumers, particularly those with limited resources. These commodities were beans, cassava, rice, and pastures for the less fertile soils of the Latin American tropical lowlands.

CIAT's emphasis on input efficiency in the development of germplasm-based technology has sought to genetically induce resistance to or tolerance of major pests and diseases, to minimize the need for agrochemicals, and to select germplasm adapted to soil constraints. Considerable progress has been made in the last 15 years on all three fronts. Moreover, impact on production has been achieved and statistics are showing that production is increasing for all CIAT's commodities. On-going research will certainly reinforce these trends.

Building on these foundations and on the increased capacity of national research programs to conduct applied research, CIAT's germplasm improvement activities are adopting a more strategic research focus in the 1990s. The contribution of modern plant biology is already significant in CIAT's commodity programs, which receive specialized support in the areas of biotechnology and virology from the respective research support units. In addition, the Genetic Resources Unit maintains the international germplasm resources which provide the

El mandato operativo del CIAT para los años ochenta hizo énfasis en la producción de alimentos y en la disminución de la pobreza en los países en desarrollo de los trópicos. En cumplimiento de tales responsabilidades, el Centro enfocó su investigación en el germoplasma de las especies cultivables con potencial para mejorar los ingresos y/o los niveles de nutrición de agricultores y consumidores, particularmente aquellos de escasos recursos. Tales especies fueron el frijol, la yuca, el arroz, y los pastos para los suelos poco fértiles del trópico bajo latinoamericano.

En desarrollo de la tecnología basada en el germoplasma, el CIAT ha puesto énfasis en el uso eficiente de insumos. Para ello busca incorporar al germoplasma resistencia o tolerancia a las plagas y enfermedades más importantes, minimizar el empleo de agroquímicos, y seleccionar germoplasma adaptado a limitaciones edáficas. En estos tres aspectos el Centro ha logrado considerable progreso en los últimos 15 años. Además, se ha logrado impacto en la producción de las especies en investigación, el cual se refleja en las estadísticas. La investigación en marcha seguramente reforzará estas tendencias. Sobre tales bases, y en vista de la mayor capacidad de los programas nacionales para hacer investigación aplicada, el CIAT ha adoptado un enfoque más estratégico para su investigación en los años noventa. La contribución, en este sentido, de la fitobiología avanzada es significativa para los programas del Centro, los cuales reciben apoyo en biotecnología y virología de las respectivas unidades de investigación. Además, la Unidad de Recursos Genéticos mantiene el acervo internacional de germoplasma para investigación tanto del

basis for the commodity programs' research and for scientific research worldwide, except for rice, whose international collection is maintained at IRRI.

This 1991 report reflects the transition taking place in CIAT's germplasm-based activities. The selected articles that follow illustrate impact, expressed as adoption and production of germplasm developed by CIAT in collaboration with national research programs, in places as far apart as Rwanda, Thailand, and China. Other articles highlight advances in research in Latin America on sources of disease tolerance and resistance and on mechanisms of forage adaptation to soil constraints. In many of these projects, contributions from advanced research laboratories around the world have been significant. Future advanced research networks for CIAT commodities will play a major role in ensuring that the benefits of modern plant biology are fully accessible to farmers in developing countries.

This report on germplasm-based activities covers only a small part of CIAT's efforts in this direction. The following section highlights aspects of management and conservation of natural resources in CIAT's activities. The close integration of germplasm-based research with concerns for the environment is clearly demonstrated by the examples selected. The third section of the report deals with the role of farmers as major actors in agricultural research and development, and with the contributions that CIAT is making in opening up new ways of working with rural communities.

Centro como de otros científicos a nivel mundial. Se exceptúa el arroz, cuya colección internacional se conserva en el IRRI.

Este informe de 1991 refleja la transición en las actividades del CIAT relacionadas con germoplasma. Los artículos a continuación ilustran el impacto, en términos de adopción y producción, del germoplasma desarrollado por el CIAT en colaboración con programas nacionales. Se presentan resultados de países tan distantes entre sí como Ruanda, Tailandia y China. Otros artículos destacan los avances en América Latina sobre fuentes de tolerancia y resistencia a enfermedades, y sobre mecanismos de adaptación de las especies forrajeras a limitaciones edáficas. En muchos de estos proyectos ha sido significativa la contribución de laboratorios de investigación avanzada en varias partes del mundo. El desarrollo futuro de redes de investigación avanzada sobre las especies de interés para el CIAT permitirá que los beneficios de la fitobiología moderna sean plenamente accesibles para los agricultores de los países en desarrollo.

Esta descripción sobre actividades relacionadas con germoplasma comprende una pequeña parte de las que adelanta el CIAT en este terreno. La sección siguiente destaca aspectos de manejo y conservación de los recursos naturales en las actividades del Centro. La integración del aspecto medio ambiente en la investigación sobre germoplasma resalta en los ejemplos seleccionados. La tercera sección trata sobre el papel de los agricultores como actores principales en la investigación y desarrollo agrícolas, y sobre las contribuciones del CIAT a la búsqueda de nuevos caminos de trabajo con comunidades rurales.

The Umubano Climbing Bean: A Promising Option for Rwandan Farmers

El Frijol Trepador Umubano: Opción Promisoria para los Agricultores de Ruanda

In 1986, the Grain Legume Program of the Institut de Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR), with support from CIAT scientists, started to promote climbing beans in regions where they were not commonly grown. This bean type, common in northern Rwanda, is highly productive, yielding 2 to 4 times more than bush beans. By the end of the year, a collaborative research project was set up by Rwanda's Ministry of Agriculture, the Agropastoral Project of Nyabisindu (financed by Germany), and Projet Kigali-Nord (PKN) (financed by France). By 1988, farmer acceptance of the technology for growing climbing beans was already evident.

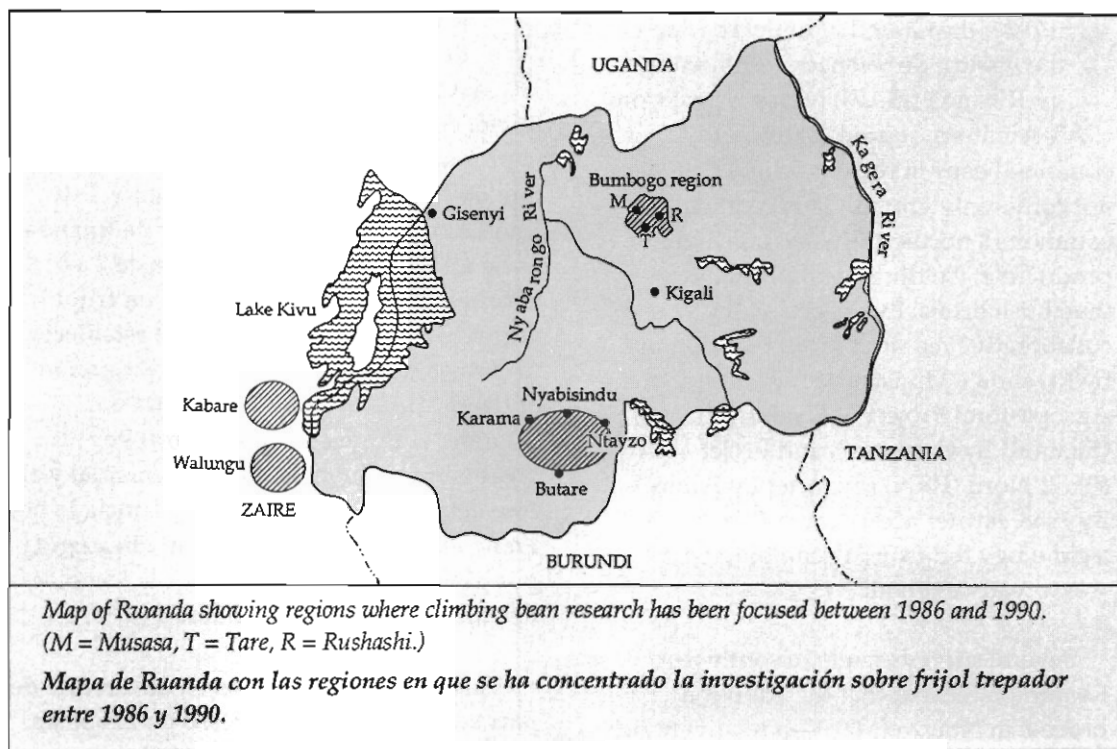
Several surveys made in southwest Rwanda indicated that the adoption process in Ntazyo (Map)—a relatively rich region, with fertile soils, where bush beans yield 1200 kg/ha on the average—was different from that of Karama, a region with fertility problems and high root-rot pressure. When bush bean yields had fallen to 300 kg/ha or less in Karama, the farmers adopted soybeans to ensure household protein consumption. By introducing climbing beans, a second option for replacing bush beans became available to farmers.

In 1990, in the Bumbogo region, north of Kigali (Map), CIAT and ISAR pooled their personnel and methodologies with the PKN to investigate the impact of climbing bean varieties on a target population of 20,000 families situated at altitudes between 1460 and 2225 m.a.s.l. The farmers' former experience with climbing beans had been varied: in Musasa, more than 85% traditionally planted climbing beans, whereas in Rushashi only 30% had

En 1986, el Programa de Leguminosas de Grano del Institut de Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR) inició, con el apoyo de científicos del CIAT, la promoción del frijol trepador en regiones que no lo cultivaban habitualmente. Este tipo de frijol, común en el norte de Ruanda, es de alta productividad pues da de 2 a 4 veces el rendimiento normal de un frijol arbustivo. A fines de ese año, se estableció un proyecto colaborativo de investigación entre el Ministerio de Agricultura de Ruanda, el Proyecto Agropastoril de Nyabisindu (financiado por Alemania) y el Proyecto Kigali-Nord (PKN) (financiado por Francia). En 1988 ya era evidente la acogida por parte de los agricultores de la tecnología del cultivo del frijol trepador.

Varias encuestas hechas en el suroeste del país señalaron que el proceso de adopción en Ntazyo (Mapa)—región relativamente rica, de suelos fértiles, donde el frijol arbustivo rendía 1200 kg/ha en promedio—era diferente del que ocurría en Karama—región con problemas de fertilidad y fuerte presión de la pudrición radical. Cuando el rendimiento del frijol arbustivo descendió en Karama a 300 kg/ha o menos, los agricultores adoptaron la soya para garantizar el consumo familiar de proteína. La introducción del frijol trepador se convirtió en la segunda opción para sustituir al arbustivo.

En 1990, en la región de Bumbogo, al norte de Kigali (Mapa), el CIAT y el ISAR, compartiendo personal y metodologías con el PKN, investigaron el impacto de algunas variedades trepadoras de frijol. La población estudiada comprendía 20,000 familias establecidas entre los 1460 m y los 2225 m de altura. Su experiencia como cultivadores de frijol trepador variaba: en Musasa, más de 85% sembraba por tradición el frijol trepador; en Rushashi, en cambio, sólo 30% tenía algún conocimiento



some knowledge of climbers. A survey showed that the adoption rate for the new climbing cultivars was about the same for the two municipalities: 72% in Musasa and 71% in Rushashi. To further promote this impressive acceptance of new climbers, the PKN set up 1200 demonstration plots in March 1990 (Photo 1).

An agricultural environment favorable to climbers

The aforementioned study further revealed that the new climbing varieties were compatible, in general, with existing farming practices in the Bumbogo region. Of 116 farmers, 84% grew climbers; of these, about two-fifths planted both local and improved climbers, two-fifths relied on one or two of the ISAR/CIAT introductions, and one-fifth

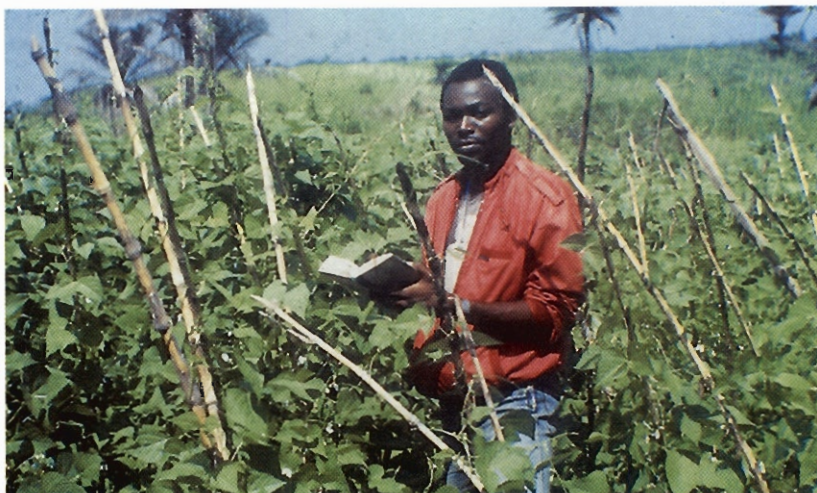
de aquél. Una encuesta indicó que la tasa de adopción de las nuevas variedades trepadoras era casi igual en ambos sitios: 72% en Musasa y 71% en Rushashi. Para promover aún más esta aceptación sorprendente de los nuevos trepadores, el PKN estableció a partir de marzo de 1990, 1200 parcelas demostrativas (Foto 1).

Medio agrícola favorable para los trepadores

El estudio anterior reveló además que las nuevas variedades trepadoras eran compatibles, en general, con las prácticas de cultivo propias de la región de Bumbogo. En una muestra de 116 agricultores, 84% sembraban variedades de frijol trepador; de éstos, cerca de dos quintos (34%) sembraron trepadores locales e introducidos; otros dos quintos (34%) sembraron uno o dos de los introducidos por ISAR/CIAT; y un quinto

1 Technician from the Projet Kigali-Nord, Rwanda, evaluating a demonstration plot of introduced climbing beans.

1 Técnico agrícola del Proyecto Kigali-Nord, Ruanda, evaluando una parcela demostrativa de frijol trepador introducido.



1

used only their local climbing mixture. It is important to note that most of the farmers (97%) continued to plant bush bean mixtures, climbing bean mixtures, or mixtures of the two, to maintain a diversity of bean types. At present, the introduced climbers are not usually mixed with local climbers because of their different vegetative cycles. Moreover, the farmers want to maximize production of one: the Umubano. This cultivar is accession G2333, originally introduced by CIAT from Mexico, and released in 1986 as Umubano in Rwanda and as Aliya in Zaire. Because of its high seed production and edible leaves, its adaptation to local biotic and abiotic conditions, and its marketability, the farmers greatly appreciate Umubano and plant more and more every year.

There has been some concern (often expressed by newer growers) about the climbers' ability to intercrop and the effects of their introduction on general crop diversity. Yet, in March to June of 1990 (season B in Rwanda) intercropping was practiced slightly more often with climbers than with bush beans: 77% of the plots planted to climbing varieties were

(32%) sembró solamente su mezcla local de trepadores. Conviene hacer notar que la mayoría de los cultivadores (97%) continúa sembrando mezclas de arbustivos, de trepadores, o de unos con otros, para mantener una diversidad de tipos de frijol. Hasta ahora, los trepadores introducidos no suelen entrar en mezclas con los locales porque su ciclo vegetativo es diferente. Además, los agricultores desean maximizar la producción de uno de ellos, el Umubano. Este cultivar es la accesión G2333 —introducida por el CIAT y originaria de México— que fue liberada en 1986 como Umubano en Ruanda y como Aliya en Zaire. Por su alta producción de grano y de hojas comestibles, por su adaptación a factores bióticos y abióticos locales, y por su aceptación en el mercado, los agricultores aprecian mucho a Umubano y cada año lo siembran más.

Ha habido cierta preocupación —a menudo expresada por los nuevos cultivadores— sobre la técnica para intercalar las variedades trepadoras con otros cultivos, y el efecto sobre la diversidad agrícola de la región al introducir esas variedades. No obstante, entre marzo y junio de 1990 (época B en Ruanda), en el 77% de las parcelas que tenían variedades trepadoras se habían



intercropped, mostly with bananas (Photo 2), versus 69% of the plots planted with bush beans. Moreover, long-term analyses showed that improved climbing types are generally replacing other beans rather than other crops. Plots that are now used for climbers originally grew bush beans (86% of farmers) and/or local climbing bean mixtures (30%).

A new technology

The introduction of climbing beans is comparable with that of a new crop because the farmer must adopt new agronomic practices. Among these are the use of stakes to support the beans and their installation, which requires considerable labor (Photo 3). The climbers also may need as much as 40 t/ha of compost or manure if their yields are to cover the investment made in stakes and additional labor. Thus, even if they have all the necessary inputs on the farm, the cultivation of climbing beans is a high-input technology for Rwandan farmers.

intercalado principalmente plantas de banano (Foto 2); en 69% de las parcelas se intercalaron frijoles arbustivos. Asimismo, análisis a un plazo más largo indicaron que los trepadores introducidos suelen sustituir a otros tipos de frijol antes que otros cultivos. Las parcelas en que actualmente se cultivan trepadores provienen de la reducción en el área dedicada al frijol arbustivo (86% de los agricultores) o en aquella plantada con mezclas de trepadores locales (30% de los agricultores).

Nueva tecnología

La introducción del frijol trepador es comparable a la de un nuevo cultivo porque exige al agricultor adoptar nuevas prácticas agronómicas. Una de éstas consiste en las estacas para sostener el frijol, cuya instalación requiere mucha mano de obra (Foto 3). Además, los trepadores necesitan hasta 40 t/ha de compost o estiércol para que su rendimiento cubra la inversión en estacas y mano de obra adicional. Así pues, la tecnología del frijol trepador es de alto nivel para el agricultor ruandés, aunque éste disponga de todos los insumos necesarios en su propio predio.

2 Climbing beans growing under bananas on a farm in Rwanda.

2 Frijol trepador bajo banano en un predio familiar de Ruanda.

3 Stakes for supporting climbing beans in an experimental plot in Bas-Zaïre.

3 Estacas de soporte para las plantas de frijol trepador en una parcela experimental en Bas-Zaïre.

Farmers are already familiar with about 15 plant species that can provide them with stakes. *Eucalyptus* and *Pennisetum* are the most commonly used. The stakes are cut from anti-erosion contour lines and small forest reserves, gathered at random, or bought at sales outlets, which have developed over the last five years. The price of a bundle of stakes varies according to their durability (from 1 to 6 seasons), quantity purchased, available wood in the area, and demand.

Advantages and yields

In Bumbogo, as in other areas of the Great Lakes Region, farmers eat bean leaves, green beans, and fresh bean seeds as intermediary foods between dry bean harvests. Umubano is very popular because its leaves, according to farmers, are "very delicious" and "better than spinach." The climbers provide more intermediary products than bush beans; leaves, for instance, are collected over six weeks from climbers, but only over three weeks from bush types.

The most important bean season in Rwanda is season A. In season B, only about 50% of beans grown in season A are grown because heavy rains favor the proliferation of diseases. Because climbers are in general more tolerant of diseases and Umubano is resistant to anthracnose, its comparative advantage is even higher in season B (Table 1). For example, in Bumbogo, in 1990 B, Umubano occupied 25% of the area planted with beans, and produced 48.5% of the total harvest (Photo 4). If bush beans had been planted

Los agricultores conocen ya unas 15 especies de plantas que les proporcionan estacas. Las de *Eucalyptus* y *Pennisetum* son las más usadas. Las estacas proceden de las barreras contra la erosión, de pequeñas reservas forestales, de recolección al azar, o de sitios de venta, surgidos éstos en los últimos cinco años. El precio de un manojo de estacas depende de su duración (de 1 a 6 cultivos), de la cantidad comprada, de las especies leñosas disponibles, y de la demanda.

Ventajas y rendimientos

En Bumbogo, como en otras regiones de los Grandes Lagos, los agricultores consumen hojas de frijol, frijol habichuela, y grano verde fresco como alimentos intermedios para los días que median entre las dos cosechas de frijol seco. Umubano es muy popular porque sus hojas, según los agricultores, son "deliciosas y mejores que las de espinaca". Los trepadores dan más productos intermedios que los arbustivos; las hojas, por ejemplo, se recolectan durante seis semanas en los primeros, y sólo durante tres semanas en los últimos.

La principal época de cultivo del frijol en Ruanda es la época A. En la B se siembra sólo un 50% del frijol cultivado en la época A, porque la lluvia intensa durante aquélla favorece la proliferación de enfermedades. Como generalmente los trepadores toleran mejor las enfermedades que los arbustivos, y dado que Umubano es resistente a la antracnosis, la ventaja comparativa de éste es aún mayor en la época B (Cuadro 1). A manera de ejemplo, en la época B de 1990, Umubano ocupó en Bumbogo el 25% del área cultivada con frijol, y produjo en ella 48.5% del total cosechado (Foto 4). Si el frijol arbustivo se hubiera sembrado en la

Bean type	Average yield (Rendimiento promedio) (kg/ha)	
	Season A ^a	Season B ^a
Bush bean mixtures (Mezclas arbustivas)	600	350
Umubano	1600	1350
Local climbing bean mixtures (Mezclas trepadoras locales)	1000	800

a. Season A = September to December; Season B = March to June.

Table 1. Average yields of bean types in Projet Kigali-Nord on-farm trials between 1986 and 1990, Bumbogo, Rwanda.

Cuadro 1. Rendimiento de varios tipos de frijol en ensayos en fincas del Proyecto Kigali-Nord entre 1986 y 1990, Bumbogo, Ruanda.

on the same area, total production would have been 36% less (Table 2). The newly introduced climbers, therefore, reduce the fluctuation between seasons A and B in total production.

The experience in Karama

In this region with low-fertility soils in southwestern Rwanda, ISAR and CIAT serve a population of 10,000 households. Here, Umubano is also popular among farmers. However, the more prosperous farmers plant Gisenyi 2-bis, another climbing cultivar, recently introduced, which is highly appreciated for its large seeds.

misma área, la producción total hubiera sido 36% menor (Cuadro 2). Por consiguiente, los trepadores recientemente introducidos amortiguan las fluctuaciones en la producción total entre las épocas A y B.

La experiencia en Karama

En esta región de suelos poco fértiles al suroeste de Ruanda, el ISAR y el CIAT atienden una población de 10,000 familias. Aquí también Umubano es popular entre los agricultores. Sin embargo, los más prósperos siembran Gisenyi 2-bis, otro cultivar trepador recientemente introducido, muy apreciado por su grano grande.

4 Typical yield of a well-cultivated climbing bean, Rwanda.

4 Producción típica de una planta bien cultivada de frijol trepador en Ruanda.



4

The two climbers outyield bush beans by more than 200% (Table 3). This difference is larger than that found in Bumbogo and shows the wide variability in regional production data for climbers.

In Karama, the cost-benefit analysis indicates that climbers easily cover the additional costs of production, namely, labor, manure, and stakes (Table 4). Climbers, in contrast to bush types, gave positive return per working day in Karama; compared with soybeans, the return from climbers was 49% higher (RF115 versus RF77). In fact, under farmers' conditions the value of production per hectare of climbing beans (RF90,125) was 2.3 times higher than that of one hectare of soybeans (RF40,000).

Los dos trepadores estudiados superan en más de 200% a los frijoles arbustivos (Cuadro 3). Esta diferencia es mayor que la hallada en Bumbogo y revela la gran variabilidad regional de los datos de producción de los trepadores.

En Karama, el análisis de costo-beneficio indica que los trepadores cubren de sobra los costos adicionales de su cultivo, como son mano de obra, abono y estacas (Cuadro 4). Los trepadores, a diferencia de los arbustivos, dieron en Karama un retorno positivo por cada día de trabajo. Cuando los trepadores se compararon con la soya, ese retorno fue 49% mayor (115 FR vs. 77 FR); en efecto, en las condiciones del agricultor, el valor de la producción por hectárea de frijol trepador (90,125 FR) fue 2.3 veces mayor que el de una de soya (40,000 FR).

Table 2. Percentage of area planted in, and production of, several bean types, by household, Bumbogo, Rwanda, 1990.^a

Cuadro 2. Porcentaje de área sembrada y de producción de varios tipos de frijol en predios familiares, Bumbogo, Ruanda, 1990.^a

Bean type	Area (%/household) (predio)		Production (%/household) (predio)	
	Season A	Season B	Season A	Season B
Bush bean mixtures (Mezclas arbustivas)	73.5	53.5	56.3 (166.2)	26.8 (23.3)
Umubano + other improved climbers (Umubano + otros trep. mejorados)	12.8	25.1	26.2 (77.4)	48.5 (42.1)
Local climbing bean mixtures (Mezclas trepadoras locales)	13.7	21.4	17.5 (51.7)	24.7 (21.4)
Total			(295.3)	(86.8)

a. Season A = September to December; Season B = March to June.

Numbers in parentheses indicate kg/household. (Las cifras entre paréntesis indican kg/predio.)

Table 3. Comparison between climbing bean and bush bean yields in farmers' fields, Karama, Rwanda, 1990.

Cuadro 3. Rendimiento del frijol trepador comparado con el del frijol arbustivo en fincas de agricultores en Karama, Ruanda, 1990.

Bean type	Mean yield ^a (kg/ha)	Standard deviation (Desviación estándar)	N
Climbing beans (Trepadores)			
Umubano	3096 a	1093	12
Gisenyi 2-bis	1321 b	754	10
Bush beans (Arbustivos)			
Local mixture	453 c	390	15

a. Numbers followed by the same letter do not differ at $P = 0.05$, according to Duncan's Multiple Range Test. (Las cifras seguidas por la misma letra no difieren al nivel $P = 0.05$, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.)

Table 4. Partial budget for climbing bean versus bush bean cultivation, Karama, Rwanda, 1990.

Cuadro 4. Presupuesto parcial comparativo de un cultivo de frijol trepador y de otro de frijol arbustivo, Karama, Ruanda, 1990.

Item (Rubro)	Climbing bean (Frijol trepador)		Bush bean (Frijol arbustivo)	
	Amount (per ha)	Value (RF/ha) ^a	Amount (per ha)	Value (RF/ha) ^a
Labor ^b (Mano de obra) (days)	373	37,300	320	32,500
Stakes ^c (Estacas) (no.)	40,000	7,200	—	—
Manure (Abono) (t) ^d	30	30,000	10	10,000
Seed (Semilla) (kg) ^c	150	7,500	150	7,500
Capital costs ^e (Costos de capital)		2,680		609
Variable costs (Costos variables)		84,680		50,609
Returns ^f (Retornos)				
Yield (Rendimiento) (kg/ha)	2,575		459	
Value (RF/ha)		90,125		15,750
Difference ^g		5,445		-34,859
Return per working day (Retorno/día de trabajo)		115		-9

a. RF80.00 = US\$1.00 (1990). [80 Francos Ruandeses (FR) = US\$1 (1990).]

b. For soil preparation, manuring, planting, weeding, stake transportation, staking, harvesting, and recovering stakes. In the Karama region, a working day is valued at RF100, and the shadow price is RF47. [Preparación del suelo, abonamiento, siembra, desyerbas, transporte y colocación de estacas, cosecha, y recuperación de estacas. En Karama un día de trabajo vale 100 FR y el 'precio de sombra' (salario fuera del cultivo) es de 47 FR.]

c. The only purchased inputs. Cost was calculated at almost RF0.17 per stake of *Pennisetum purpureum* per season. (Únicos insumos comprados. Se calcularon 0.17 FR por estaca de *Pennisetum purpureum* y por época de cultivo.)

d. Opportunity costs. (Costos de oportunidad.)

e. 6% per 6 months. (Por semestre, 6%.)

f. Bean harvest valued at RF35/kg. (Precio del frijol cosechado, 35 FR/kg.)

g. Difference = returns - variable costs. (Diferencia = retornos - costos variables.)

Umubano seed was marketed in the Karama village at RF110 (US\$1.50) per kg, when the price of other beans was RF35 per kg. This shows how much farmers appreciate this variety and represents a reward for those early adopters who can now sell seed.

La semilla de Umubano se mercadeaba en Karama a 110 FR (1.5 dólares US) por kilo, cuando el precio de otros frijoles era de 35 FR por kilo. Esto manifiesta la gran estima que los agricultores tienen por esta variedad, y representa una recompensa para los primeros adoptadores, quienes pueden hoy vender semilla de Umubano.

Benefits from research

For southern Rwanda alone it is estimated that, in the year 2000, adoption of climbing bean cultivars will produce, as net profit, US\$2 million for small-scale bean growers, and more than US\$17 million as accumulated profits in the decade 1990-2000.

Thus, the rate of return on investment in research will be 44%—a very attractive one when compared with standard rates for similar investments in the public sector. For this calculation, only 25% to 50% of total discounted benefits were attributed to research; the rest was considered as returns to investment in extension. Total benefits resulting from the introduction of climbers are expected to be much larger, because climbers are now grown in farmers' fields all over Rwanda and southern Kivu (Zaire).

Beneficios de la investigación

Solamente en el sur de Ruanda, en el año 2000, la adopción de los cultivares trepadores producirá 2 millones de dólares como utilidad neta para los pequeños cultivadores de frijol, y más de 17 millones como utilidad acumulada en la década 1990-2000.

La tasa de retorno respecto a la inversión en investigación será entonces de 44%, que es muy atractiva si se la compara con la tasa estándar para inversiones similares del sector público. Al hacer estos cálculos se atribuyó a la investigación sólo de 25% a 50% del total de los beneficios netos; el resto se consideró como un retorno a la inversión en extensión rural. Se espera que el beneficio total generado por la introducción de los trepadores será mucho mayor, ya que este tipo de frijol se ve hoy en los campos de los agricultores de todo Ruanda y del sur de Kivu, en Zaire.

Another Victory over Golden Mosaic in Central America: New, Tolerant Bean Lines

Otra Victoria sobre el Mosaico Dorado en Centroamérica: Nueva Generación de Frijoles Tolerantes

During the last months of 1990, a new generation of beans characterized by a degree of tolerance, previously unrecorded, of the bean golden mosaic virus (BGMV) disease, reached farmers' fields in Central America. These tolerant lines are being developed by scientists from the Programa Cooperativo de Frijol de Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL), which consists of the respective national agricultural research institutions and CIAT. The project is funded by the Swiss Development Cooperation (SDC).

The new bean lines are being enthusiastically accepted by Central American farmers. For example, even though Guatemalan consumers prefer black-seeded beans, a red line ('Doricta') is being planted in the eastern part of the country. This line has impressed farmers not only for its tolerance of golden mosaic but also for its high yields and good flavor.

Golden mosaic

The BGMV induces one of the major diseases of dry beans in Central America. This virus is transmitted by whiteflies (*Bemisia tabaci*), which are principally attracted by cash crops such as soybeans, tobacco, tomato, and cotton.

Plants suffering the disease grow stunted, their pods and seeds become severely deformed, and the leaves turn bright yellow (hence its name). In certain areas of Central America, where the virus is endemic, production losses have reached 100%.

En los últimos meses de 1990, una nueva generación de frijoles, con un grado de tolerancia al virus del mosaico dorado del frijol (VMDF) nunca antes registrado, ha llegado a los campos de agricultores centroamericanos. Estas líneas están siendo desarrolladas por científicos del Programa Cooperativo de Frijol de Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL), del cual forman parte las respectivas instituciones nacionales de investigación agrícola y el CIAT, con el financiamiento de la Corporación Suiza de Desarrollo (COSUDE).

Las nuevas líneas de frijol están recibiendo entusiasta aceptación por parte de los agricultores centroamericanos. Por ejemplo, a pesar de que los consumidores guatemaltecos prefieren el frijol negro, en el oriente del país se está cultivando una línea de frijol rojo ('Doricta') que ha impresionado a los agricultores no sólo por su resistencia al mosaico dorado sino también por sus altos rendimientos y buen sabor.

El mosaico dorado

El VMDF induce una de las principales enfermedades del frijol en Centroamérica. Este virus es transmitido por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual es atraída principalmente por cultivos comerciales como la soya, el tabaco, el tomate y el algodón.

Las plantas que padecen la enfermedad se pueden quedar enanas, y las vainas, al igual que las semillas, se deforman severamente; las hojas adquieren un color amarillo brillante (de ahí su nombre). En ciertas zonas de Centroamérica, donde la presencia del virus es endémica, se han detectado pérdidas hasta del 100% de la producción.

This has been the main reason why many farmers in this region have completely abandoned bean cropping, thus risking their nutritional status, and that of consumers, as beans are an essential source of low-cost, high-quality protein for Central Americans.

Bean improvement for Central America

Since its beginnings in the 1970s, CIAT's Bean Program has placed high priority on Central America. In 1981, a project for improving bean production in Central America and the Caribbean was implemented to promote regional cooperation in this field. By the mid-1980s, the project had evolved into a solid research network which supported each country's efforts.

Since late 1979, bean lines with some tolerance of golden mosaic had been identified in Guatemala. These lines were released by the Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) under the names of ICTA Quetzal, ICTA Tamazulapa, and ICTA Jutiapán.

The good quality of these lines and ICTA's strategy of stimulating farmer participation in their evaluation and development led to their rapid acceptance. By the end of 1984, it was estimated that more than half of Guatemala's bean farmers had substituted some of the new varieties for their local materials, which brought Guatemala to self-sufficiency in beans. The tolerant lines were distributed throughout Central America, including Mexico and Cuba, by the research network.

Esta ha sido la principal causa por la cual muchos agricultores de la región han abandonado completamente el cultivo de frijol, poniendo en peligro su nutrición y la de la población en general, ya que el frijol es una fuente esencial de proteínas de alta calidad y bajo costo para los centroamericanos.

Fitomejoramiento de frijol para Centroamérica

Desde su iniciación en los años setenta, el Programa de Frijol del CIAT ha dado alta prioridad a Centroamérica. En 1981, el programa inició un proyecto de mejoramiento de la producción de frijol en Centroamérica y el Caribe mediante el cual promovió la cooperación regional en ese campo. A mediados de la década, este proyecto se había transformado en una sólida red de investigación que servía de apoyo a los esfuerzos de cada país.

Desde finales de 1979 se habían identificado en Guatemala líneas de frijol con alguna tolerancia al mosaico dorado. Estas líneas fueron liberadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) con los nombres de ICTA-Quetzal, ICTA-Tamazulapa e ICTA-Jutiapán.

La buena calidad de estas líneas y la estrategia por parte del ICTA de estimular la participación de agricultores en su evaluación y desarrollo condujeron a su rápida aceptación. Hacia fines de 1984, se calculaba que más de la mitad de los cultivadores de frijol de Guatemala habían sustituido sus materiales criollos por alguna de las nuevas variedades, lo cual llevó al país a la autosuficiencia en frijoles. Las líneas tolerantes se extendieron a través de la red centroamericana de investigación al resto de países del área, incluidos México y Cuba.

These achievements earned CIAT the 1984 King Baudoin prize from the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR).

The second generation

Encouraged by the initial success, the research network continued improving agronomic characteristics of the main varieties to increase their resistance to golden mosaic and to transfer it to red beans. These grain types are favored in other countries in the area, such as Honduras, El Salvador, and Nicaragua.

In 1990, during on-farm trials in Guatemala, Honduras, and El Salvador, a red bean line, identified by CIAT code DOR 364, was so attractive to farmers that they began saving seeds from the farm trials. Besides its resistance to BGMV and good flavor, the line yielded, on average, 30% more than 'Rojo de Seda,' a traditional variety in Central America. In the presence of the disease, DOR 364 outproduced traditional varieties by more than 100% (Photos 1 and 2).

Furthermore, a study performed in Costa Rica revealed that consumers liked the flavor and color of the new beans, as well as their shorter cooking time, their uniform tenderizing, and how they thicken the soup. In Guatemala, many farmers now prefer DOR 364 to black beans for home consumption.

In view of these factors, ICTA in Guatemala; the Centro de Tecnología

Estos logros hicieron al CIAT merecedor en 1984 del premio Rey Balduino otorgado por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAI).

La segunda generación

Alentada por los primeros éxitos, la red de investigadores siguió mejorando las características agronómicas de las principales variedades cultivadas, aumentando los niveles de resistencia al mosaico dorado y transfiriéndolos a frijoles rojos. Estos son apetecidos en otros países de la región, como Honduras, El Salvador y Nicaragua.

En 1990, después de pasar por pruebas de finca en Guatemala, Honduras y El Salvador, una línea de frijol rojo, conocida por el código CIAT, DOR 364, resultó tan atractiva para los agricultores que éstos empezaron a quedarse con semillas durante los ensayos de finca. Además de su resistencia al VMDF y su buen sabor, la línea rendía en promedio 30% más que la variedad Rojo de Seda, tradicional entre los agricultores centroamericanos. En presencia de la enfermedad, la línea DOR 364 superó en un 100% la producción de las variedades tradicionales (Fotos 1 y 2).

Por otro lado, un estudio realizado en Costa Rica reveló que a los consumidores les agradaban el sabor y el color de la nueva línea, así como su menor tiempo de cocción, ablandamiento uniforme de los granos y el espesor de la sopa producida con ellos. En Guatemala, muchos agricultores están prefiriendo a DOR 364 más que a los frijoles negros para su consumo doméstico.

En vista de estos factores, el ICTA, en Guatemala; el Centro de Tecnología



1

Agrícola (CENTA) in El Salvador; and the Secretaría de Recursos Naturales (SRN) in Honduras, released DOR 364 in 1990 under the names 'Doricta,' 'CENTA Cuzcatleco,' and 'Dorado,' respectively.

In Honduras, golden mosaic entered the country from the west and is now spreading rapidly over most of the bean-producing area. "This new bean variety fits our objective of increasing bean productivity and, at the same time, is helping us stem the spread of golden mosaic in Honduras," says Federico Rodríguez, SRN's Bean Program coordinator and current chairman of PROFRIJOL's Executive Committee. Rodríguez adds: "This bean is a good answer to a specific problem (golden mosaic) for which we fortunately had a solution (varietal tolerance)."

The SRN is actively promoting the new variety while carrying out a program to improve the seed produced by the farmers themselves (Photo 3). Production should therefore increase, not only because of a **more resistant material** but also because of improved seed quality.



2

Agrícola (CENTA), en El Salvador; y la Secretaría de Recursos Naturales (SRN), en Honduras, decidieron liberar a DOR 364 en 1990 con los nombres de 'Doricta,' 'CENTA Cuzcatleco' y 'Dorado', respectivamente.

En Honduras, el mosaico dorado entró por el occidente del país y está avanzando hasta cubrir casi toda la región frijolera. "Esta nueva variedad se ajusta a nuestros objetivos de aumentar la productividad del frijol mientras ayuda a contener el avance del mosaico dorado en Honduras", dice Federico Rodríguez, coordinador del Programa de Frijol de la SRN y actual presidente del Comité Ejecutivo de PROFRIJOL. Rodríguez agrega: "Este frijol representa una buena respuesta para un problema específico (el mosaico dorado), para el cual, afortunadamente, contábamos con la solución (tolerancia varietal)".

La SRN está promoviendo la nueva variedad mientras lleva a cabo un programa de mejoramiento de la semilla que producen los agricultores mismos (Foto 3). De este modo se aumenta la producción, pues no sólo se ha introducido un material más resistente, sino que al mismo tiempo se mejora la calidad de la semilla.

1 Marcos Rodas, from the village of Morocelí, Honduras, holds 'DOR 364 bean seeds in his hands. He so liked them that he plans to increase the area planted to DOR 364 next season.

1 Marcos Rodas, de la localidad de Morocelí, Honduras, sostiene en sus manos frijoles DOR 364, los cuales le gustaron y ha decidido sembrar en un área mayor en la próxima temporada.

2 A farmer from the Santa Gertrudis Farm Cooperative, in Jutiapa, Guatemala, observes his field of DOR 364 with satisfaction: it has not been attacked by golden mosaic, the most prevalent bean disease in the area.

2 Un agricultor, perteneciente a la Cooperativa Integral Agrícola de Santa Gertrudis, en Jutiapa, Guatemala, observa su cultivo de DOR 364 con satisfacción, pues no le ha caído el mosaico dorado, la plaga más frecuente en la región.

3 Sonia Gamero, agronomist with the Bean Program of Honduras's Secretaría de Recursos Naturales, discusses the DOR 364 bean line with a farmer.

3 Sonia Gamero, agrónoma del Programa de Frijol de la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras, entrevista a un agricultor acerca de sus experiencias con la línea de frijol DOR 364.



3

This approach is also being followed by Guatemala, where a cooperative for small-scale, bean-seed producers is already operating with support from PROFRIJOL and CIAT's Seed Unit. This strategy for promoting cooperatives is proving effective in Central America, where it not only helps improve the seed used by farmers but also helps introduce new, improved varieties (Box 1).

The third generation

Researchers from the PROFRIJOL network continue looking for superior materials in order to solve the various problems with beans in Central America, Mexico, and the Caribbean. For increased effectiveness, the network has parceled out the work in such a way that each country assumes responsibility for researching a specific and important aspect of a problem common to the region.

Este enfoque también está siendo seguido por Guatemala, donde ya hay en funcionamiento, con el apoyo de PROFRIJOL y de la Unidad de Semillas del CIAT, una cooperativa de pequeños productores de semilla de frijol. La estrategia cooperativa está demostrando su eficacia en Centroamérica no sólo para mejorar la semilla que utilizan los agricultores sino también para introducir variedades mejoradas (Recuadro 1).

La tercera generación

Los investigadores de la red de PROFRIJOL continúan buscando materiales superiores para resolver los diversos problemas del frijol en Centroamérica, México y el Caribe. Para una mayor eficacia, la red ha distribuido el trabajo de tal modo que cada país asuma la responsabilidad de investigar un aspecto particular e importante de un problema común para la región.

Artisanal production of bean seed in Central America

Producción artesanal de semillas de frijol en Centroamérica

Santa Gertrudis, a small-farmer cooperative in Quezada, Jutiapa Department, Guatemala, has contributed not only to improving bean seed quality but also to increasing significantly the production of this species in the last three years. In fact, 70% of the area planted (1610 ha) by the 295 producers participating in the artisanal bean seed production project corresponds to improved materials, particularly those with resistance to common problems such as golden mosaic.

The cooperative began its work in 1987 by producing ICTA Ostúa seed, a variety that ICTA had released recently and was moderately tolerant of golden mosaic. Since then, seed production of improved varieties has soared: from 127 kg in 1987 to approximately 45,000 kg in 1990.

Agronomist Roni Osman Carrillo, from the Dirección General de Servicios Agrícolas de Guatemala (DIGESA), estimates that yields from the project's improved seed surpass those currently obtained from other seed by 20%, and surpass regional yields by 32%. This means that 11 additional tons of beans have been produced because of improved seed.

The project is sponsored by the Programa Cooperativo de Frijol de Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL), and CIAT's Seed Unit. It serves as a model for other Central American countries, as in the case of Honduras, where another artisanal seed production project is being carried out.

En tres años de labores, la cooperativa Santa Gertrudis, integrada por pequeños agricultores en Quezada, departamento de Jutiapa, Guatemala, ha contribuido no sólo a mejorar la calidad de la semilla de frijol sino a aumentar significativamente la producción de esta especie. En efecto, el 70% del área sembrada (1610 ha) por los 295 productores que participan en el proyecto, corresponde a materiales mejorados, particularmente aquellos resistentes a problemas frecuentes allí como es el mosaico dorado.

La cooperativa inició su trabajo en 1987 con la producción de semillas de ICTA Ostúa, una variedad medianamente tolerante al mosaico dorado, liberada en esa época por el ICTA. Desde entonces, la producción de semilla de variedades mejoradas ha crecido vertiginosamente: de 127 kg en 1987 a aproximadamente 45,000 kg en 1990.

El ingeniero Roni Osman Carrillo, de la Dirección General de Servicios Agrícolas de Guatemala (DIGESA), calcula que, con la semilla mejorada procedente del proyecto, los rendimientos del frijol superan en 20% los obtenidos actualmente con otras semillas y en 32% los rendimientos obtenidos en la región. Eso significa que, por efecto de las semillas mejoradas, se han producido allí 11 toneladas adicionales de frijol.

El proyecto es patrocinado por el Programa Cooperativo de Frijol de Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL) y por la Unidad de Semillas del CIAT y está sirviendo de modelo para otros países centroamericanos. Es el caso de Honduras, donde se lleva a cabo un proyecto semejante de producción artesanal de semillas.

Guatemala is responsible for the BGMV work. In the Cuyuta coastal area, southern Guatemala, conditions are ideal for the proliferation of the whitefly and the golden mosaic virus that it carries. In this area, there are red-seeded lines that are even more tolerant of BGMV than DOR 364, and black-seeded lines which are similarly tolerant. Both types of lines are being selected by ICTA and PROFRIJOL researchers.

"We would like to highlight six of these lines," says Silvio Hugo Orozco, CIAT researcher and regional coordinator of the PROFRIJOL network. "Three are black-seeded types (DOR 448, DOR 390, and DOR 446) and the other three are red-seeded types (DOR 483, DOR 482, and DOR 391), all of which have outyielded the check varieties ICTA Quetzal and Rojo de Seda by 100% or more."

The future: transgenic beans

An important step toward achieving higher and more stable levels of resistance to BGMV was taken with the establishment of perhaps one of the most advanced virology projects to date (Box 2). It aims to incorporate in the bean plant genome partial or mutated viral genes which interfere with the replication or infection of the intact virus in plants transformed by genetic engineering.

The project includes the participation of advanced research laboratories at the University of Wisconsin-Madison, and of a private enterprise which developed an innovative plant transformation technique. It promises considerable progress in plant breeding, not just for beans and virus resistance traits but also for other crops and agronomic characters of economic importance.

Guatemala es responsable del trabajo con VMDF. Al sur del país, en la región costera de Cuyuta, se presentan condiciones ideales para la proliferación de la mosca blanca vectora y del virus del mosaico dorado. En esta zona, investigadores de PROFRIJOL y del ICTA están seleccionando líneas de grano rojo con tolerancia al VMDF aún mayor que la de DOR 364, así como líneas de grano negro con igual nivel de tolerancia.

"Queremos destacar seis de estas líneas", dice Silvio Hugo Orozco, investigador del CIAT quien coordina la red PROFRIJOL a nivel regional. "Entre ellas hay tres de grano negro (DOR 448, DOR 390 y DOR 446) y tres de grano rojo (DOR 483, DOR 482 y DOR 391) que superaron a las variedades testigo con 100% o más de rendimiento".

El futuro: frijoles transgénicos

Un paso importante hacia la obtención de niveles de resistencia más altos y estables al virus del mosaico dorado se dio al iniciarse uno de los proyectos quizás más avanzados de virología hasta ahora (Recuadro 2). Su propósito es incorporar en el genoma de la planta de frijol genes virales parciales o mutados, los cuales interferirán en la replicación o ciclo infectivo del virus natural en las plantas transformadas por ingeniería genética.

En este proyecto participan laboratorios de investigación avanzada de la Universidad de Wisconsin-Madison y una empresa privada que desarrolló una técnica novedosa de transformación de plantas. Con él serán posibles importantes avances en el fitomejoramiento, no sólo respecto al frijol y a los mecanismos de resistencia a los virus, sino también de otros cultivos y caracteres agronómicos de importancia económica.

Transgenic beans: a breakthrough Frijoles transgénicos: un logro científico



When treated with a chemical substrate, a marker gene gives a blue color to a transgenic bean. The seed on the left, from a non-transformed bean plant, does not have the marker gene. (Reproduced from CRSP's photograph.)

Al tratarlo con un sustrato químico, un gen marcador le da coloración azul al frijol transgénico. La semilla de la izquierda, de una planta de frijol no transformada, no tiene el gen marcador. (Reproducción de foto de CRSP.)

For the first time, useful foreign genes have been introduced into beans by genetic engineering techniques. The purpose is to help eradicate a major disease affecting the crop in Latin America: bean golden mosaic.

The plant transformation technique, developed by Agracetus, Inc., from Middleton, WI, uses an electrically charged particle accelerator to shoot molecular "bullets" of viral DNA clones over radicles of pregerminated bean seeds. In this way the foreign genes are incorporated into meristematic tissue and, eventually, into the bean genome. The "vector" gene consists of two marker genes linked to the intact or modified genes responsible for coding either the virus protein cover or the putative polymerase gene. When this gene expresses itself in the bean plant, it interferes with the infection process of the virus inoculated by the whitefly vector. Thus, the bean is rendered resistant to the disease.

Por primera vez se ha logrado introducir genes foráneos en el frijol mediante técnicas de ingeniería genética. El propósito es contribuir a la erradicación de una seria enfermedad viral que afecta este cultivo en América Latina: el mosaico dorado.

La técnica de transformación de plantas desarrollada por Agracetus, Inc., con sede en Middleton, Wisconsin, emplea un acelerador de partículas por descarga eléctrica que dispara 'proyectiles' de clones del ADN viral sobre radículas de semillas pregerminadas. En esta forma los genes foráneos se integran al tejido meristemático y, eventualmente, al genoma del frijol. El gen 'vector' consta de dos genes marcadores ligados a los genes, intactos o modificados, que sirven para codificar bien sea la cubierta proteica del virus o bien el supuesto gen de la enzima polimerasa. Cuando este gen se expresa finalmente en la planta de frijol, interfiere con el proceso infectivo del virus inoculado por la mosca blanca vectora. De esta manera el frijol se torna resistente a la enfermedad.

DNA from the golden mosaic virus had to be isolated and characterized by using molecular cloning techniques. This technique, also used by CIAT's Virology Research Unit for diagnostic purposes, showed that geminivirus isolates of the golden mosaic virus in Caribbean and Central American beans are different from those that occur in Brazil.

This collaborative research project, sponsored by the BEAN/COWPEA CRSP (Collaborative Research Support Program) and financed by USAID (U.S. Agency for International Development), includes the University of Wisconsin-Madison; Agracetus, Inc., a biotechnology company; and CIAT's Virology Research Unit. The project developed in answer to the lack of a reliable plant regeneration method using tissue culture techniques. It opens up the way for increasing pest and disease resistance and improving the nutritional quality of economically important crops in developed and developing countries.

Para este fin, el ADN del virus del mosaico dorado tuvo que ser aislado y caracterizado por medio de técnicas de clonación molecular. Estas técnicas, empleadas también por la Unidad de Investigación en Virología del CIAT para diagnóstico, demostraron que los aislamientos de geminivirus del mosaico dorado en frijoles del Caribe y América Central son distintos de los que se encuentran en Brasil.

Este proyecto colaborativo de investigación, patrocinado por el BEAN/COWPEA CRSP (Programa de Apoyo en Investigación Colaborativa en Frijol y Caupí) y por la USAID (Agencia de los E.U. para el Desarrollo Internacional), incluye a la Universidad de Wisconsin-Madison; a Agracetus, Inc., una empresa de biotecnología; y a la Unidad de Virología del CIAT. El proyecto respondió a la carencia de un método confiable de regeneración de plantas de frijol empleando técnicas del cultivo de tejidos. Con él se amplían las perspectivas de incrementar la resistencia a plagas y enfermedades y de mejorar la calidad nutritiva en cultivos de importancia en países en desarrollo y desarrollados.

Progress Made in the Cryopreservation of Cassava Shoot Tips

Avances en la Crioconservación de Apices de Yuca

An important advance in the development of a protocol to preserve cassava germplasm in liquid nitrogen (at -196°C) has been made by CIAT and the International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Cryopreservation now appears as a potentially effective, safe, and economic tool for germplasm conservation.

Deep-freezing is ideal for storing germplasm because it stops all cell functions, making it possible to conserve germplasm for an indefinite time. In addition, when metabolism and cellular growth are halted, the risk of mutations occurring is highly reduced. In traditional germplasm conservation methods, mutations can result from internal or external factors of the storage processes.

The two most common ways to conserve cassava germplasm are planting in the field and slow-growth in vitro cultivation of shoot tips. The latter methodology was developed by CIAT, which currently uses it to store 4300 clones—the largest and most complete cassava collection in the world—in a 50-m^2 laboratory area. This collection, however, is active, which means that the clones must be transferred to a fresh medium every 12 to 18 months.

Over the past few years, CIAT has been investigating ways of establishing a base cassava collection under long-term storage and free from potentially negative genetic changes. Under cryopreservation, a germplasm collection would require minimal maintenance, consisting mostly of keeping a constant ultra-low temperature. The resulting costs would be less than those for in vitro or field conservation.

Un paso importante en el desarrollo de un protocolo para conservar germoplasma de yuca congelado en nitrógeno líquido (a -196°C) han dado el CIAT y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, en inglés). Con este avance la crioconservación aparece como una herramienta potencialmente eficaz, segura y económica.

El supercongelamiento resulta ideal para almacenar germoplasma pues detiene todas las funciones de la célula, lo cual permite su conservación por tiempo indefinido. Por otro lado, al detenerse el metabolismo y el crecimiento celular, se reduce considerablemente el riesgo de que ocurran las mutaciones debidas a factores internos o externos en los procesos tradicionales de almacenamiento.

Las dos formas más comunes de conservar germoplasma de yuca son la plantación en el campo y el cultivo de ápices in vitro, en crecimiento lento. Esta última metodología fue desarrollada por el CIAT que la utiliza actualmente para almacenar 4300 clones —la mayor y más completa colección de yuca del mundo— en un espacio de laboratorio de 50 m^2 . Esta colección, sin embargo, es *activa*, lo cual quiere decir que los clones se deben transferir a un medio fresco cada 12 a 18 meses.

Desde hace algunos años, el CIAT ha venido investigando la posibilidad de establecer una colección *básica* de yuca, conservada a largo plazo y libre de cambios genéticos potencialmente negativos. El mantenimiento que requeriría una colección de germoplasma supercongelado sería mínimo ya que consistiría principalmente en mantener constantemente una temperatura ultrabaja. Por consiguiente, los costos de la crioconservación resultarían menores que los de la conservación in vitro o en el campo.

The challenge of cryopreservation

In the past, plant cryobiology has made it possible to preserve fruits, vegetables, and other vegetable products, or to lengthen their storage life. The possibility of extending these methods to conservation—and later revival—of live tissue is no longer science fiction. Processes, such as preventing or retarding cellular deterioration, suspended animation, and indefinite conservation of vegetative genomes, are now commonplace for cellular biologists.

But freezing even a single, undifferentiated cell is difficult, because of the risk of killing it. Factors such as the rate of freezing and the thawing method are critical for successfully freezing and reviving a cell. A violent drop in temperature may either interfere with the cell's biochemical and physical processes; form ice crystals inside and outside the cell; or cause the concentration of solutes within the cell to fluctuate, thus killing it.

There is, however, a specific temperature at which almost all freezable water can be extracted from the cell without damaging it. This temperature varies between -25°C and -45°C , according to species and type of tissue. At this temperature, the cell releases almost all its intracellular water, which means that the rate of dehydration at cooling time is vital to its survival after freezing. However, if the temperature is not low enough, the cell may suffer biochemical damage because metabolism has not been completely stopped. This is the reason for using liquid nitrogen at -196°C .

El desafío de crioconservar

En el pasado, la criobiología de plantas permitió conservar frutas, hortalizas y otros productos vegetales, o ampliar su período de almacenamiento. La posibilidad de extender estos métodos a la conservación—y posterior reanimación— de tejido vivo ya no es ciencia ficción. Procesos tales como la prevención o el retraso del deterioro celular, así como la animación suspendida y la conservación indefinida de genomas vegetales, ya no resultan extrañas para los biólogos celulares.

Pero la congelación, incluso de una sola célula, es difícil, pues se corre el peligro de matarla. Factores tales como la tasa de congelamiento y el método de descongelamiento son críticos para congelar y revivir con éxito una célula. Una reducción violenta de la temperatura puede, ya sea interferir con los procesos bioquímicos y físicos de la célula, formar cristales de hielo dentro y fuera de ella, o provocar fluctuaciones en la concentración de solutos, factores estos que pueden ocasionar su muerte.

Existe, sin embargo, una temperatura definida en la cual se puede extraer casi toda el agua congelable de la célula sin que ésta sufra daño, la cual oscila entre -25°C y -45°C , de acuerdo con la especie y con la clase de tejido. A esta temperatura, la célula libera casi toda el agua intracelular, lo que significa que el nivel de deshidratación de las células en el momento de enfriamiento es vital para su supervivencia después del congelamiento. Por otro lado, si la temperatura de congelación no es lo suficientemente baja, la célula puede experimentar daños de tipo bioquímico debidos a que el metabolismo no se ha detenido completamente. He ahí la razón para utilizar el nitrógeno líquido a -196°C .

A step-by-step process

CIAT's cryopreservation project began in 1988, when different protocols for freezing cassava were tested without success. In 1989, good results were obtained with cryopreservation of zygotic embryos and cassava seed: between 90% and 98% of each were recovered. These tests provided better understanding of the factors affecting cooling, freezing, and revival.

Cassava is highly heterozygous, that is, its genes contain various types of information coming from different parent plants. If propagation is carried out through seed, specific gene combinations which have resulted from decades of clonal (vegetative) selection may be lost through the recombination of genes. Thus, the project concentrated its efforts on the cryopreservation of vegetative material, such as shoot tips, rather than of seed. The cassava variety M Col 22 was used, because this variety has been extensively investigated.

"We studied each factor affecting the shoot tip survival in order to select optimal treatments," explains María Luisa Marín, IBPGR's postdoctoral fellow, who conducted the project in CIAT's Biotechnology Research Unit. She adds: "Each experiment provided more information, which brought us closer to the goal of the sample's survival."

One important factor was treating the sample before it was frozen. Preculture for a period of 3 to 5 days in cryoprotective media such as sorbitol and dimethyl sulfoxide helped obtain the first viable tissues after freezing

Suma de pequeños avances

El proyecto de supercongelamiento del CIAT se inició en 1988. Desde entonces, se ensayaron —sin éxito— protocolos de congelación de yuca. En 1989 se obtuvieron buenos resultados con la crioconservación de embriones cigóticos y semillas de yuca: de ambos se recuperaron entre un 90% y un 98%. Estos ensayos ayudaron a entender mejor los factores que influyen en los procesos de enfriamiento, congelación y reanimación de esos organismos.

La yuca es altamente heterocigótica, es decir, sus genes contienen diversos tipos de información proveniente de plantas progenitoras distintas; al propagarse por semilla, se pueden perder en la recombinación de genes determinadas combinaciones génicas resultantes de décadas de selección clonal. Así pues, el proyecto concentró sus esfuerzos en la crioconservación de material vegetativo, como los ápices, para lo cual se utilizó la variedad de yuca M Col 22, que se ha investigado ampliamente.

"Nosotros estudiamos cada uno de los factores que afectan la supervivencia de los ápices con el fin de seleccionar los tratamientos óptimos", explica María Luisa Marín, científica posdoctoral del IBPGR, quien condujo el trabajo del proyecto en la Unidad de Investigación en Biotecnología del CIAT. "Cada experimento brindaba más información que nos acercaba a la meta de la supervivencia de la muestra", agrega.

Un factor importante fue el tratamiento de la muestra antes de su congelación. El precultivo por un período de 3 a 5 días en medios crioprotectores tales como el sorbitol y el dimetil sulfóxido ayudó a conseguir los primeros tejidos viables después de su congelación

them in liquid nitrogen. However, it was still not possible to recover shoots or plants.

Evaluating several substances as cryoprotectors, such as Murashige-Skoog salts, sucrose, sorbitol, dimethyl sulfoxide, and glycerol in different combinations, made it possible for the first time to recover whole plants from frozen shoot tips (Photos 1 to 3). Their dehydration after applying the liquid cryoprotector in the preculture phase, that is, before controlled freezing, was key to success.

When doubling the dimethyl sulfoxide concentration in the preculture medium, the overall tissue survival increased slightly, but plant recovery decreased. With higher sucrose concentration, both tissue survival and plant recovery increased, whereas higher concentrations of agar negatively affected both factors.

The size of shoot tips was also studied, and turned out to be critical for survival. For shoot tips longer than 2 mm, the survival rate was very low (8%), and only produced calluses, whereas shoot tips smaller than 1 mm had a survival rate of 72%; 20% of these became plants.

Finally, toward the second half of 1990, cassava plants were obtained from shoot tips cryopreserved in liquid nitrogen, according to the protocol developed at CIAT.

More recently, the working group began testing this protocol with other cassava varieties that perform

en nitrógeno líquido, pero aún no era posible la recuperación de brotes ni de plantas.

La evaluación de varias sustancias como crioprotectoras, tales como sales Murashige-Skoog, sacarosa, sorbitol, dimetil sulfóxido y glicerol en diversas combinaciones, permitió recuperar, por primera vez, plantas completas provenientes de ápices congelados en nitrógeno líquido (Fotos 1 a 3). Decisiva para el éxito fue la deshidratación del ápice después de la aplicación del crioprotector líquido en la fase de precultivo, es decir, antes de enfriarlo en forma controlada.

Al duplicar la concentración de dimetil sulfóxido en el medio de precultivo aumentó levemente la supervivencia total de los tejidos, pero con detrimento de la recuperación de plantas. Al aumentar la concentración de sacarosa, aumentaron tanto la supervivencia de los tejidos como la recuperación de plantas, mientras que la mayor concentración de agar tuvo un efecto negativo sobre ambos factores.

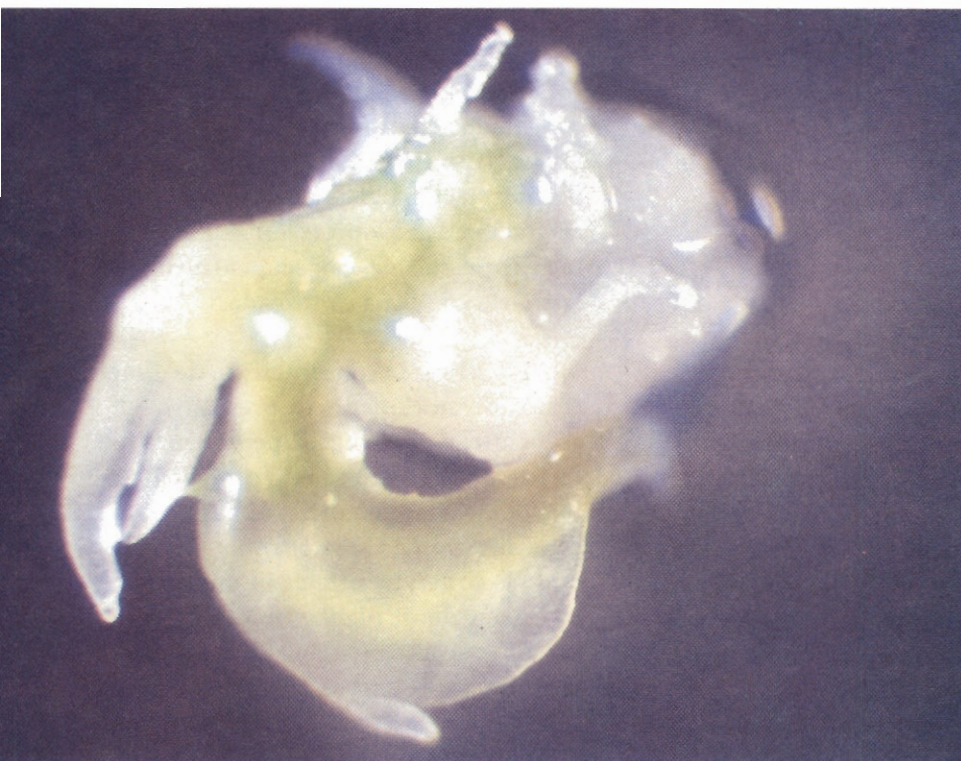
También se estudió el tamaño de los ápices por congelar, factor que resultó decisivo para su supervivencia. En ápices de más de 2 mm de longitud, la supervivencia era muy baja (8%), y cuando sobrevivían sólo producían callo. Por otro lado, los ápices menores de 1 mm sobrevivieron en un 72%, y un 20% de ellos se convirtió en plantas.

Por fin, hacia el segundo semestre de 1990 se pudieron obtener plantas provenientes de ápices de yuca crioconservados en nitrógeno líquido mediante el uso del protocolo desarrollado en el CIAT.

Ultimamente, el grupo de trabajo ha iniciado pruebas de este protocolo con otras variedades de yuca que se desempeñan



1

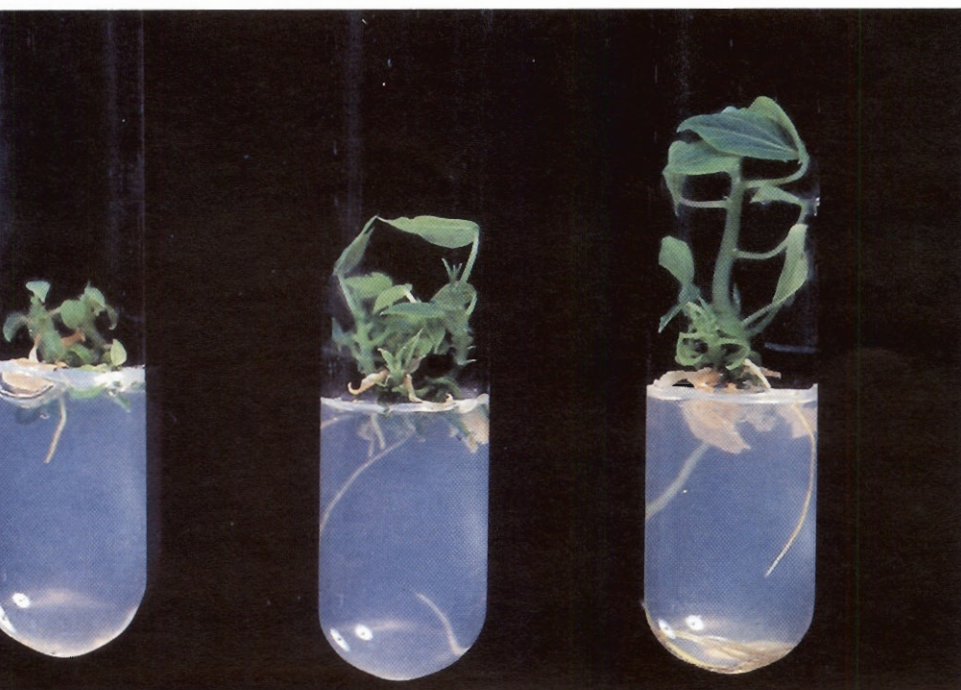


2

Initial stages of shoot and plant formation from cassava shoot tips (cv. M Col 22) retrieved from liquid nitrogen storage (-196 °C):

- 1 Viable apical meristem (green tissue) grows slowly after retrieval and in vitro culturing; note nonviable foliar and basal tissue (white tissue).
- 2 Further growth and differentiation of the meristem tip into an apical bud.
- 3 Fully developed cassava plantlets.

Etapas iniciales de formación de brotes y plantas de yuca (cv. M Col 22) a partir de ápices que fueron criopreservados en nitrógeno líquido (-196 °C):



3

- 1 Meristema apical viable (tejido verde) creciendo lentamente después de haber sido criopreservado y cultivado in vitro; los tejidos foliares y basales blancos no son viables.
- 2 Crecimiento subsiguiente y diferenciación del ápice meristemático como brote apical.
- 3 Plantitas de yuca completamente desarrolladas.

4 Cryopreservation of cassava shoot tips in CIAT's biotechnology laboratory: liquid nitrogen supply tank (left); storage tank with capacity for over 6000 cryotubes (right).

4 Crioconservación de ápices de yuca en el laboratorio de biotecnología del CIAT: tanque de abastecimiento de nitrógeno líquido (izq.); tanque de almacenamiento con capacidad para más de 6000 crioprobetas (der.).



4

very well in in vitro culture and which, on the whole, represent varieties from almost all cassava-producing regions.

The technology's potential

This technology has potential to make significant savings in storage costs for the cassava germplasm collection. The highest of these costs is the intensive use of specialized labor, both in the field and in the active in vitro bank. It is hoped that cryopreservation will reduce these expenses substantially. Also expected to be reduced is the space required for a collection as large as the one maintained by CIAT (Photo 4).

William Roca, head of CIAT's Biotechnology Research Unit, comments: "This project is an example of effective collaboration between two sister institutions, CIAT and IBPGR. It is the first step toward making it feasible to preserve a base germplasm bank in liquid nitrogen. But there is still a long way to go before the use of cryobiology in conserving a crop as important as cassava becomes a practical reality."

muy bien en el cultivo in vitro y que en gran medida representan variedades de casi todas las regiones productoras de yuca.

Alcance de la tecnología

Esta tecnología permitirá ahorros importantes en los costos de almacenamiento de la colección de germoplasma de yuca. El mayor de estos costos es el uso intensivo de mano de obra especializada, tanto en el campo como en el banco activo in vitro. Se espera que la crioconservación reduzca estos gastos sustancialmente, así como el espacio requerido para una colección tan grande como la que mantiene el CIAT (Foto 4).

William Roca, jefe de la Unidad de Investigación en Biotecnología del CIAT, comenta: "Este proyecto es un ejemplo de colaboración efectiva entre dos instituciones hermanas, el CIAT y el IBPGR, con el cual se ha dado el primer paso para hacer factible conservar un banco básico de germoplasma en nitrógeno líquido. Pero todavía hay un trecho importante por recorrer para llegar a la utilización práctica de la criobiología en la conservación de un cultivo de importancia mundial como es la yuca".

Rayong 3: Record Adoption of a Cassava Variety for Starch

Rayong 3: Excepcional Acogida de una Variedad de Yuca para Almidón

Thailand's cassava variety, Rayong 3, another member of the successful Rayong group, was released to farmers in 1983. In seven years, it has spread over 80,000 ha and it is commanding premium prices from cassava processors.

Rayong 3 did not appear as promising in the experimental fields. "I still remember clearly the very plant coded M Mex 55, sitting in the corner of a field at CIAT's headquarters in Palmira, Colombia," says Kazuo Kawano, CIAT's cassava breeder based in Bangkok where he heads the CIAT group of scientists who cooperate with cassava researchers in Asia. "From this accession and M Ven 307, the cross CM 407 was made at CIAT in 1974. Sophon Sinthuprama—chief of the Root Crop Branch of the Field Crops Research Institute, Department of Agriculture—brought to Thailand, from his training at CIAT, in Colombia, 50 seeds of the cross, along with seeds from 15 other cassava lines of potential interest to the country."

Charn Tiraporn, chief of the Field Crop Research Center in Rayong, planted the seeds and evaluated the lines between 1976 and 1983. Tiraporn then selected CM 407-7 as a promising starch cultivar for Thailand. It was released in 1983 under the name Rayong 3 (Photo 1).

Both Kawano and Tiraporn had some misgivings about the potential of Rayong 3. "I could never make myself like Rayong 3 very much," says Kawano, "because it was only good for the more fertile soils, it was more susceptible to weed problems, and it had more germination problems than Rayong 1." (Rayong 1 is the country's most widespread cassava variety.) Yet, starch producers and

La variedad de yuca Rayong 3, otra integrante del exitoso grupo de variedades 'Rayong' de Tailandia, fue liberada para uso de los agricultores en 1983. En siete años, se ha extendido por 80,000 ha y los procesadores de yuca están pagando precios superiores por ella.

Rayong 3 no parecía tan promisorio en los campos experimentales. "Aún recuerdo claramente la accesión M Mex 55, ubicada en una esquina del campo en la sede principal del CIAT en Palmira, Colombia", dice Kazuo Kawano, fitomejorador de yuca del CIAT con sede en Bangkok, quien coordina el grupo de científicos que cooperan con los investigadores asiáticos de yuca. "De esta accesión y de M Ven 307, se hizo el cruce CM 407 en CIAT en 1974. Sophon Sinthuprama —jefe de la sección de Cultivos de Raíz del Instituto de Investigación en Cultivos, Departamento de Agricultura— trajo consigo, de su viaje de capacitación en Colombia, 50 semillas del cruce, junto con semillas de otras 15 líneas de yuca con potencial para Tailandia".

Charn Tiraporn, jefe del Centro de Investigación en Cultivos de Rayong, sembró las semillas y evaluó las líneas entre 1976 y 1983. Tiraporn seleccionó luego a CM 407-7 como un cultivar promisorio para la producción de almidón. Este fue liberado en 1983 con el nombre Rayong 3 (Foto 1).

Tanto Kawano como Tiraporn tenían ciertas reservas sobre el potencial de Rayong 3. "A mí nunca me gustó mucho Rayong 3", dice Kawano, "debido a que sólo prosperaba en los suelos más fértiles, era más susceptible a las malezas, y tenía más problemas de germinación que Rayong 1". (Rayong 1 es la variedad de yuca más popular en el país.) Sin embargo, los productores de almidón y

1 The Thai scientists responsible for breeding and releasing Rayong 3, Sophon Sinthuprama (left) and Charn Tiraporn (second right), at the Rayong Field Station. They are accompanied by Rupert Best, leader (center), and Kazuo Kawano, breeder (right), from CIAT Cassava Program.

1 Los científicos tailandeses responsables del mejoramiento y liberación de Rayong 3, Sophon Sinthuprama (izq.) y Charn Tiraporn (segundo der.), en Rayong Field Station. Los acompañan Rupert Best, líder (centro), y Kazuo Kawano, fitomejorador (der.), del Programa de Yuca del CIAT.



1

cassava chippers were of a different mind. Because the new variety produced more starch than Rayong 1, cassava processing industries were willing to pay a premium price for it and were actively promoting its adoption among producers. The influential Thai Cassava Association donated US\$80,000 to the Extension Department of the Rayong Center for the multiplication of Rayong 3 and many starch producers even distributed stakes free of charge to farmers.

A foreign currency earner

Thailand's cassava production is a well-organized, highly export-oriented industry. About 1.5 million hectares are planted with cassava, mostly by small farmers.

los picadores de yuca tenían una idea diferente. Como la nueva variedad producía más almidón que Rayong 1, las industrias procesadoras de yuca estaban dispuestas a pagar un precio mayor por ella e inclusive estaban promoviendo su adopción por parte de los productores. La influyente Asociación de Yuqueros de Tailandia donó US\$80,000 al Departamento de Extensión del Centro Rayong para la multiplicación de Rayong 3, y muchos productores de almidón distribuyeron estacas gratis a los agricultores.

Importante productor de divisas

La producción de yuca en Tailandia es una industria bien organizada y orientada a la exportación. Hay cerca de 1.5 millones de hectáreas sembradas de yuca, en su mayor parte por pequeños agricultores.

Most of it is processed into cassava pellets, chips, starch, and other raw materials for various industrial purposes. Thailand's cassava exports total more than 10 million tons of processed roots, which bring in about US\$700 million in foreign currency, making cassava the country's most important agricultural export, together with rice and rubber.

The European Common Market is Thailand's main customer for cassava. Because this market is limited by a Voluntary Export Agreement, Thailand is looking for new markets for its increasing cassava production. Although cassava production costs are low and yields are high, Thai scientists are constantly looking for new, cost-reducing technologies in order to compete successfully in the international market with other cassava exporters.

Fresh-root yields of Rayong 3 are about the same as those of Rayong 1; however, Rayong 3's starch production is higher—a plus when it comes to selling to starch plants. Processors also look favorably upon Rayong 3 because it takes only two days of sun-drying, versus three days for other popular cassava varieties (Table). This amounts to an increase of 30% in drying capacity for processors without additional capital outlays. Also, shorter drying times help processors beat the rains, which sometimes cause losses and delays.

Thai farmers planting Rayong 3 are increasing their revenues by at least 10% to 15%.

La mayor parte se procesa para la elaboración de gránulos (pellets) y trozos, así como almidón y otras materias primas industriales. Las exportaciones de yuca de Tailandia suman más de 10 millones de toneladas de raíces procesadas, que producen unos US\$700 millones y hacen de este cultivo la principal exportación agrícola del país junto con el arroz y el caucho.

El Mercado Común Europeo es el principal comprador de la yuca tailandesa. Puesto que este mercado está restringido por un Acuerdo Voluntario de Exportaciones, Tailandia está buscando nuevos mercados para su creciente producción de yuca. Aunque los costos de producción de ésta son bajos y los rendimientos altos, los científicos tailandeses constantemente están buscando nuevas tecnologías para reducir los costos y competir exitosamente con otros exportadores de yuca en el mercado internacional.

Los rendimientos en peso fresco de Rayong 3 son similares a los de Rayong 1; sin embargo, la producción de almidón es mayor—una ventaja al venderlo a las plantas de rallado. A los procesadores también les gusta Rayong 3 debido a que su secado al sol sólo toma dos días, mientras que otras variedades populares de yuca demoran tres días (Cuadro). Esto significa para los procesadores un aumento del 30% en su capacidad de secado sin necesidad de realizar nuevas inversiones. Además, los períodos más cortos de secado ayudan a los procesadores a eludir las lluvias que a veces causan retrasos y pérdidas.

Con la siembra de Rayong 3, los agricultores tailandeses están aumentando sus ingresos en un 10% o 15% por lo menos.

Comparison of traditional Rayong 1 and improved Rayong 3 cassava varieties.^a

Comparación entre las variedades de yuca Rayong 1 (tradicional) y Rayong 3 (mejorada).^a

Characteristic	Rayong 3 (improved)	Rayong 1 (traditional)
Fresh-root yields (t/ha) [Rendimiento en peso fresco (t/ha)]	15.5	16.3
Stem and leaf yields (t/ha) [Rendimiento en estacas y hojas (t/ha)]	9.2	11.7
Harvest index (Índice de cosecha)	0.63	0.58
Dry-matter content (%) [Contenido de materia seca (%)]	33.2	28.8
Starch content (%) [Contenido de almidón (%)]	28.2	24.5
Fertilizer response (Respuesta a fertilización)	*** ^b	**
Tolerance of poor soils (Tolerancia a suelos pobres)	*	***
Competition with weeds (Competencia con malezas)	**	***
Stake quality (germination) [Calidad de las estacas (germinación)]	**	***
Drying time for chips (days) [Tiempo de secado de trozos (días)]	2	3

a. Averages of 6 regional farm trials, 1988-1989. (Promedio de 6 ensayos regionales de finca, 1988-1989.)

b. * = low; ** = intermediate; *** = high. (* = menor; ** = intermedia; *** = alta.)

This margin translates, so far, into a total benefit of more than US\$4 million for farmers who have adopted it. Additional benefits are being accrued by chip, pellet, and starch producers who use Rayong 3, which explains why they are paying a premium price of about 0.10 Baht per kilogram of Rayong 3 (a 15% price differential) and are promoting its adoption among client suppliers (Photo 2).

Este margen se traduce, hasta el momento, en un beneficio total de más de US\$4 millones para los agricultores que lo han adoptado. Los productores de trozos, gránulos y almidón que utilizan Rayong 3 están percibiendo beneficios adicionales, lo cual explica por qué ellos pagan cerca de 0.10 Baht por kilogramo de Rayong 3 (un sobreprecio del 15%) y están promoviendo su adopción entre sus proveedores (Foto 2).



2 Thai chipping plant owner displays the prices he pays for fresh cassava according to dry-matter (starch) content. These price incentives to farmers have encouraged the spread of Rayong 3, which has higher DM content than other varieties.

2 El propietario de una planta picadora de yuca en Tailandia exhibe los precios que paga por la yuca fresca según su contenido de almidón (materia seca). Los incentivos en precios para los agricultores han estimulado la difusión de Rayong 3 cuyo contenido de materia seca es más alto que el de otras variedades.

2

Private sector supports diffusion

Rayong 3 was released in 1983 in four provinces of northeastern Thailand, all of which are major cassava producers. This area was also chosen for its adequate extension services and the high number of cassava processors. In each province, a farm trial was established.

At first, the variety did not spread rapidly because of insufficient planting material. Yet, an innovative approach was adopted by the Crop Promotion Division of the Thai Department of Agricultural Extension to accelerate the rate of diffusion: each of about 15 farmers with medium-sized farms (5 to 10 hectares) was provided with free planting material (600-1200 stakes) for about 0.2 hectares.

El sector privado colabora con la difusión

Rayong 3 fue liberado en 1983 en cuatro provincias del nordeste de Tailandia, las cuales son importantes productoras de yuca. Esta área también fue escogida por tener adecuados servicios de extensión y gran número de procesadores de yuca. En cada una de las provincias se estableció un ensayo de finca.

Al principio, la variedad no se difundió muy rápidamente debido a la falta de material de siembra. La División de Promoción de Cultivos del Departamento Tailandés de Extensión Agrícola adoptó, sin embargo, un enfoque innovador para acelerar la tasa de difusión: a cada uno de los agricultores participantes (unos 15), con fincas de tamaño mediano —entre 5 y 10 ha— se les proporcionó gratuitamente material de siembra (600-1200 estacas) para unas 0.2 hectáreas.

At harvest, the farmers could keep 20% of the resulting stakes for themselves and the remainder was distributed to other farmers in the same area. By 1986, a more serious diffusion effort could take place with planting material from 16 hectares of seed plots. By 1989, there were about 300 ha producing planting material in the area, which by 1990 were increased to 1000 hectares.

Thai officials have recorded approximately 26,000 hectares planted with Rayong 3 on about 10,000 farms of the northeast. The Thai Crop Promotion Division estimates that about 80,000 ha could be planted in the entire country. Within the last five years, the new variety has taken over more than 5% of Thailand's cassava-producing area.

"An interesting aspect of this process has been the participation of commercial processors," points out Guy Henry, CIAT cassava economist who has been studying Rayong 3's adoption. "In this case, their interests have matched those of small-scale producers, who are their client suppliers. This explains why processors have taken part in providing technology to their suppliers."

The link between Thailand's private and official sectors is producing an additional benefit: it is broadening Thailand's cassava genetic base which suffers from overreliance on a single, well-adapted variety (Rayong 1). This is important for crop security in the event of occurrence of diseases or pests to which Rayong 1 may be susceptible.

En la cosecha, los agricultores podían quedarse con un 20% de las estacas resultantes y el resto se distribuyó entre otros agricultores en la misma área. Hacia 1986, se pudo realizar un esfuerzo más serio de difusión con material de siembra producido en 16 hectáreas. Hacia 1989, había cerca de 300 ha para producción de semilla en la zona, las cuales aumentaron a 1000 ha para 1990.

Los funcionarios tailandeses han registrado aproximadamente 26,000 ha sembradas de Rayong 3 en cerca de 10,000 fincas del nordeste. La División Tailandesa de Promoción de Cultivos estima que cerca de 80,000 ha estarían sembradas en todo el país. En los últimos cinco años, la nueva variedad se ha tomado cerca del 5% del área en yuca de Tailandia.

"Un aspecto interesante de este proceso ha sido la participación de los procesadores industriales", señala Guy Henry, economista del Programa de Yuca del CIAT quien ha estado estudiando la adopción de Rayong 3. "En este caso, sus intereses han coincidido con los de los pequeños productores, que son sus proveedores exclusivos. Ello explica por qué los procesadores han tomado parte en la oferta de tecnología a los proveedores".

El vínculo entre los sectores privado y oficial está produciendo un beneficio adicional: está ampliando la base genética de la yuca en Tailandia, la cual adolece de excesiva dependencia de una sola variedad bien adaptada (Rayong 1). Este factor es importante para la seguridad del cultivo en el caso de que se presenten enfermedades o plagas a las cuales Rayong 1 pueda ser susceptible.

The "Hoja Blanca" Virus and Rice Blast: In Search of Genes for Stable Resistance

El Virus de la Hoja Blanca y el Añublo del Arroz: En Busca de Genes de Resistencia Estable

Within the last three years, phytopathologists from CIAT's Rice Program have increased their efforts in pursuit of two goals: incorporating resistance to the "hoja blanca" virus (RHBV) in tropical Indica rice germplasm, and developing stable resistance to rice blast.

The "hoja blanca" virus has markedly reduced rice yields in Colombia, Peru, Ecuador, and Cuba (Photo 1). It is found in almost all rice-producing countries of the Americas. Rice blast, one of the world's most serious rice diseases, is caused by the fungus *Pyricularia oryzae*. It attacks the leaves and panicle necks of the rice plant, drastically reducing its yields (Photos 2 and 3).

Without adequate control, these two pathogens would reduce rice production in the tropics to such a level that the nutrition of millions of consumers would be seriously threatened.

Studying rice blast in a "hot spot"

To identify stable resistance to rice blast (SRB) in upland rice, the Rice Program selected the Santa Rosa experiment station, near Villavicencio, in the Colombian Eastern Plains (Llanos Orientales). The station receives an annual rainfall of 2700 mm, its average annual temperature is 26 °C, and its average relative humidity is 85%. Furthermore, there is evidence, confirmed by laboratory and greenhouse tests, that the station is host to diverse pathotypes, or races, of *P. oryzae*. These characteristics make Santa Rosa a "hot spot" for field evaluations of SRB.

En los últimos tres años los fitopatólogos del Programa de Arroz del CIAT han intensificado la búsqueda de dos objetivos: incorporar resistencia al virus de la hoja blanca (RHBV) en el germoplasma de arroz Indica del trópico, y desarrollar resistencia estable al añublo del arroz.

El RHBV ha reducido notablemente el rendimiento del arroz en Colombia, Perú, Ecuador y Cuba, y se ha hecho presente en casi todos los países cultivadores de arroz del continente americano (Foto 1). El añublo del arroz, considerado como una de las enfermedades más serias del cultivo en todo el mundo, es causado por el hongo *Pyricularia oryzae* que ataca las hojas y el cuello de la panícula en las plantas, reduciendo drásticamente su rendimiento (Fotos 2 y 3).

Sin un control adecuado, la acción de estos dos patógenos reduciría mucho la producción de arroz en el trópico y, por ende, afectaría seriamente la nutrición de millones de consumidores habituales del grano.

Estudio del añublo en 'sitio crítico'

Para identificar la resistencia estable al añublo (REP) en el arroz de secano, el Programa de Arroz eligió la estación Santa Rosa, cercana a Villavicencio, en los Llanos Orientales de Colombia. Esta estación recibe 2700 mm de lluvia al año, su temperatura promedio anual es de 26 °C, y su humedad relativa promedio es de 85%. Además, hay evidencia, comprobada en estudios de laboratorio y de invernadero, de que allí se alojan diversos patotipos o razas de *P. oryzae*. Estas características convierten a Santa Rosa en sitio crítico ('hot spot') para la evaluación de campo de la REP.

2 Rice leaves (left) showing orange-colored lesions caused by blast fungus (*P. oryzae*). Plants of a susceptible variety (right) severely affected by the disease.

2 Hojas de un cultivo de arroz (izq.) con lesiones color naranja causadas por el añublo (*P. oryzae*). Plantas de una variedad susceptible (der.) en un estadio avanzado de la enfermedad.

1 The rice plant on the left shows characteristic RHBV symptoms.

1 Planta de arroz (izq.) con síntomas característicos de hoja blanca.



1



2



3 Rice panicles affected by neck blast. Inset: a panicle showing the black spot typical of rice blast.

3 Panículas de arroz afectadas por el añublo del cuello. En el recuadro, una panícula con la mancha típica de la enfermedad.

3



Since 1982, more than 900 crosses (most were three-way crosses) have been evaluated. Those susceptible to leaf and neck blasts and those having inadequate plant types were eliminated, following standard evaluation methods for rice. Selected F₄ lines showed more resistance to leaf and panicle-neck blasts than their parents and the checks, thus proving, so far, the effectiveness of this selection method. There are few methods of evaluating SRB, and this one, although having been developed in a hot spot, has yet to prove itself as the best one.

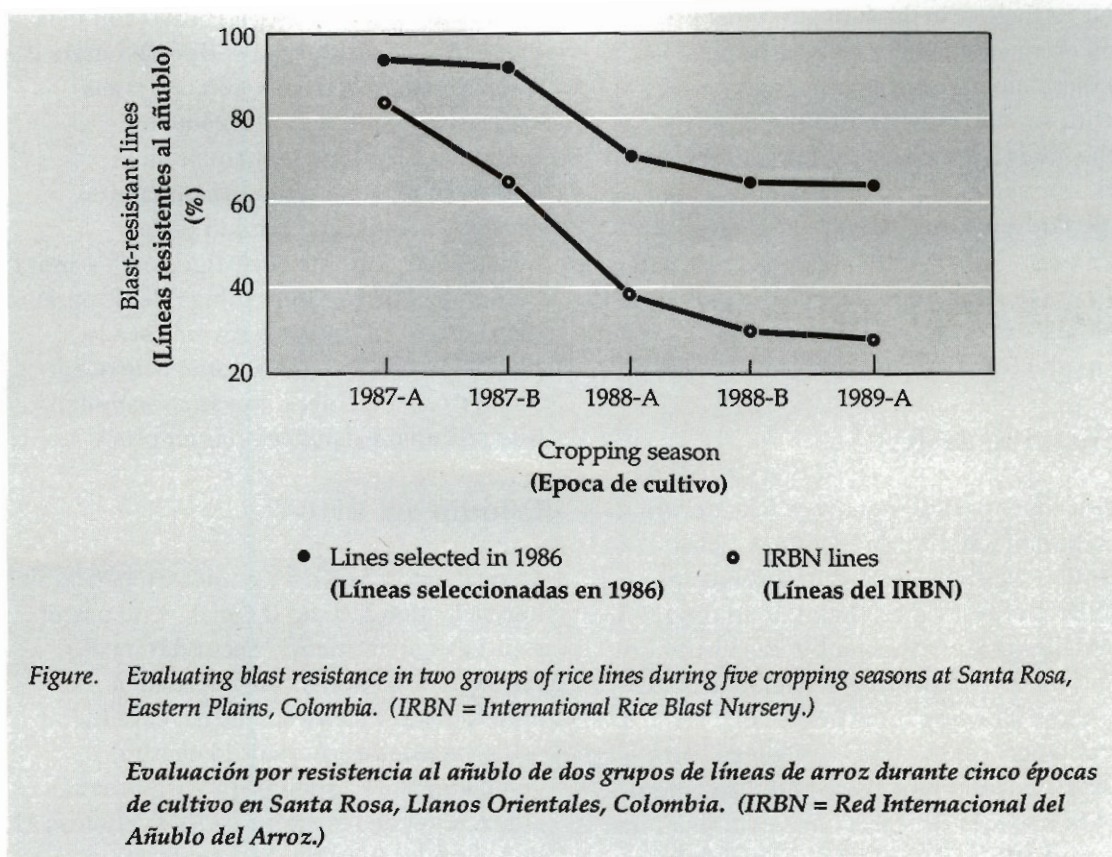
Stable resistance is considered to be polygenic, whereas resistance conferred by one or few genes tends to be unstable. The first type is known as horizontal resistance, and is obviously preferred by breeding programs; the second one is known as vertical resistance, but is of short duration because the gene governing it confers resistance only to a given race of the pathogen. However, even polygenic resistance has broken down in agroecosystems highly favorable to the development of the *P. oryzae* fungus.

To determine the breeding program's effectiveness, 200 advanced upland-rice lines developed at Santa Rosa were compared, starting in 1987, with 109 lines introduced from the International Rice Blast Nursery (IRBN). In the third year of the trial (two planting seasons per year), the percentage of resistant lines in the first group dropped from 93% to 64% and, in the second group, from 84% to 28% (Figure). These reductions were probably caused either by an increase in the frequency of existing pathotypes compatible with the introduced varieties, or by the appearance of new pathotypes in the fungus' natural population.

Desde 1982 se han evaluado más de 900 cruces (la mayoría triples) y se han eliminado los susceptibles al añublo de la hoja, al añublo del cuello, y los que tienen un tipo de planta inadecuado, aplicando las escalas del sistema de evaluación estándar del arroz. Las líneas seleccionadas en la F₄ han sido más resistentes al añublo de la hoja y del cuello de la panícula que sus progenitores y que los testigos, resultado que garantiza hasta ahora el método de selección. Hay pocos métodos para evaluar la estabilidad de la resistencia al añublo, y está por establecerse si el del sitio crítico es el mejor.

La resistencia estable se ha considerado poligénica; la que confieren uno o pocos genes tiende a ser inestable. La primera se denomina resistencia horizontal y supuestamente debe preferirse en los programas de mejoramiento; la segunda (resistencia vertical) se considera de corta duración porque el gen que la causa sólo resiste determinada raza del patógeno. Sin embargo, aun la resistencia poligénica se ha deteriorado en agroecosistemas muy favorables al desarrollo del hongo *P. oryzae*.

Para determinar la eficacia del programa de mejoramiento, se compararon, a partir de 1987, 200 líneas avanzadas de arroz de secano desarrolladas en Santa Rosa con 109 líneas introducidas del Vivero Internacional de Añublo del Arroz (IRBN). Al tercer año del ensayo (dos siembras por año), el porcentaje de líneas resistentes en el primer grupo bajó de 93% a 64%, y en el segundo grupo, de 84% a 28% (Figura). Este descenso probablemente se debió al incremento en la frecuencia de los patotipos existentes compatibles con las variedades introducidas, o a la aparición de nuevos patotipos en la población natural del hongo.



For these reasons, the SRB found in Santa Rosa is being tested in other hot spots of Latin America.

According to this study, only those lines exhibiting high resistance—demonstrated over several semesters—are stable in environments favoring blast epidemics. These lines include IRAT 144, IRAT 146, IRAT 147, ITA 133, some IR lines, and 40 CT lines from CIAT's Rice Program.

When germplasm is exposed to blast from the first generations and that generation exhibiting highest resistance is selected, then it is possible to select rice lines with more stable resistance.

Por ello, la resistencia estable hallada en Santa Rosa se está probando también en otros sitios críticos de América Latina.

Estos estudios han encontrado que solamente las líneas que exhiben alta resistencia—demostrada durante varios semestres—son estables bajo condiciones que favorecen las epidemias de añublo. Entre ellas están IRAT 144, IRAT 146, IRAT 147, ITA 133, algunas líneas IR, y 40 líneas CT del Programa de Arroz del CIAT.

Cuando se expone el germoplasma al añublo desde sus primeras generaciones, seleccionando el que presenta alta resistencia, es posible asimismo seleccionar las líneas de arroz cuya resistencia sea más estable.

Nevertheless, in the future, it must be ascertained whether the type of inheritance of resistance, its relationship with specific races of the fungus, as well as the intensity of disease outbreaks are closely associated with resistance stability. "So far," says Fernando Correa, Rice Program phytopathologist, "this research shows that the more diverse the pathogen population is, as in Santa Rosa, the broader the resistance of selected lines is."

Studying RHBV

Resistance to RHBV shows a Mendelian pattern of inheritance (Photo 4). This pattern was investigated in secondary sources of resistance, that is, in improved varieties that are resistant to the virus. To find these varieties, the genealogical tree of those showing some degree of resistance was studied. Seventeen were evaluated, and nine were found resistant. With these, 15 different cross combinations were made, and the F₁ and F₃ generations were inoculated with the virus. A "segregation" pattern in each cross was thus obtained, which could indicate different resistance genes in the parents. Inoculations were made with the insect vector, *Sogatodes oryzicola*, feeding on 15-day-old seedlings (Photo 5). The cross between resistant and susceptible (Bluebonnet 50) lines indicated that resistance was a dominant character in source materials.

Among RHBV-resistant varieties, some Japonica cultivars (e.g., IRAT 124 and Fanny, the first one also resistant to the insect vector) were selected and crossed with Ceysvoni, which is susceptible to both virus and insect. The cross Fanny x Ceysvoni was considered adequately

No obstante, hay que determinar con más precisión en el futuro si el tipo de herencia de la resistencia, su relación con razas específicas del hongo, así como la intensidad con que se manifiesta la enfermedad, son caracteres altamente asociados con la estabilidad de la resistencia. "En esta investigación" —anota Fernando Correa, fitopatólogo del Programa de Arroz— "cuanto más diversa sea la población del patógeno, como ocurre en Santa Rosa, las líneas que se seleccionen tendrán una resistencia más amplia".

Estudio del RHBV

La resistencia al RHBV indica un patrón de herencia mendeliano (Foto 4). Este patrón se investigó en fuentes secundarias de resistencia, es decir, con variedades mejoradas resistentes al virus. Para hallar estas variedades, se estudió el árbol genealógico de aquellas que presentaban algún nivel de resistencia, y se evaluaron 17, de las cuales 9 fueron resistentes. Con ellas se hicieron 15 combinaciones diferentes de cruces, y las generaciones F₁ y F₃ se inocularon con el virus; se obtuvo así un patrón de 'segregación' en cada cruce que puede indicar diferentes genes de resistencia en los progenitores. Las inoculaciones se hicieron con *Sogatodes oryzicola*, el insecto vector del virus, en plántulas de 15 días de edad (Foto 5). El cruce de resistente x susceptible (Bluebonnet 50) indicó luego que esta resistencia era un carácter dominante en las fuentes.

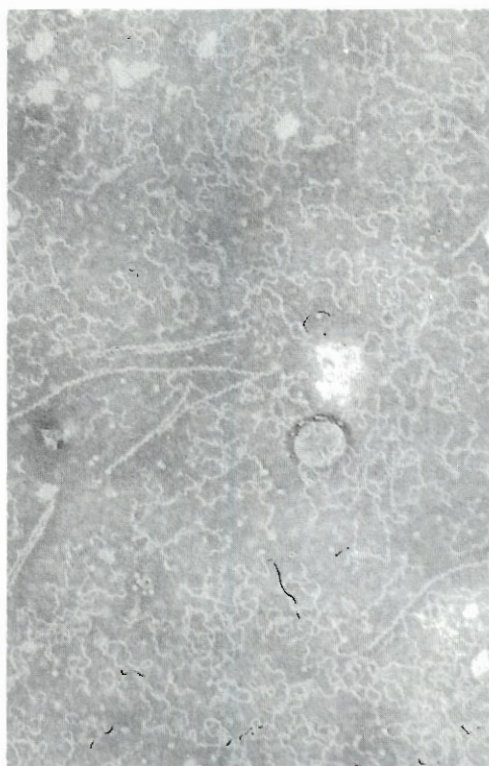
Entre las variedades resistentes al RHBV se escogieron algunos cultivares Japonica (IRAT 124, Fanny) —el primero resistente también al insecto vector— y se cruzaron con Ceysvoni, que es susceptible a ambos. El cruce Fanny x Ceysvoni se consideró

4 RHBV on a foliar extract (elongated filaments and fragments). Microphotographed in CIAT's electronic microscope.

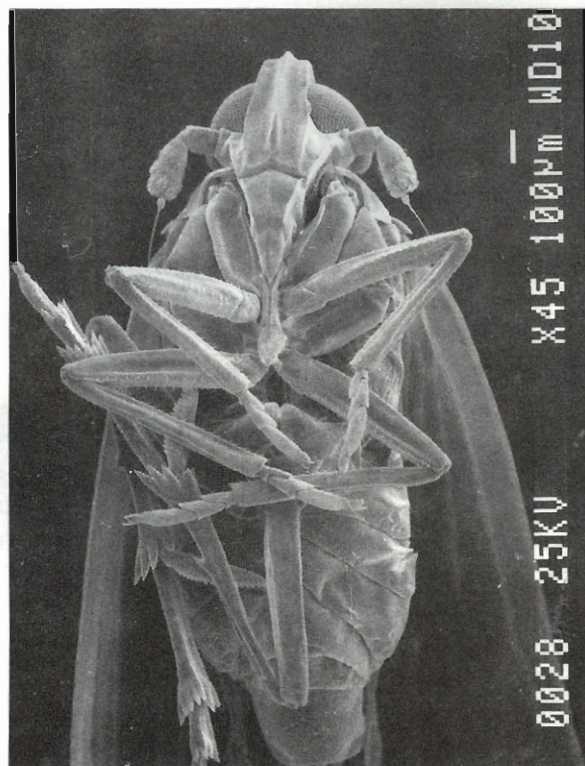
4 Microfotografía del RHBV en extracto foliar (filamentos alargados y fragmentos) tomada en el microscopio electrónico del CIAT.

5 Nymph (enlarged X45) of Sogatodes oryzicola, vector of RHBV. Microphotographed in CIAT's electronic microscope.

5 Ninfa de *S. oryzicola*, insecto vector del RHBV, aumentada X45. Microfotografía tomada en el microscopio electrónico del CIAT.



4



5

resistant because Fanny is highly resistant to the virus. From the F₁ generation, 100 double-haploid lines were developed, through anther culture, for molecular genetic studies which are described below.

adecuado ya que Fanny es altamente resistente al virus; de su F₁ se tomaron, por cultivo de anteras, 100 líneas haploides dobles para los estudios de genética molecular que se describen enseguida.

DNA characterization, gene maps, and gene markers

Since 1989, CIAT's Biotechnology Research Unit (BRU) has participated in this research, applying the restriction fragment length polymorphism (RFLP) technique. Through this technique, rice DNA fragments of different lengths are obtained by means of "restriction" enzymes that "cut" at specific sites on the DNA molecules. For their identification, they are subsequently hybridized with probes, that is, other DNA fragments that are radioactively marked.

Caracterización del ADN, mapas y marcación de genes

Desde 1989, la Unidad de Investigación en Biotecnología (UIB) del CIAT se sumó a esta investigación aportando la técnica RFLP (restriction fragment length polymorphism). Como indica su nombre, esta técnica obtiene fragmentos del ADN, en este caso del arroz, de diferente longitud por medio de enzimas de 'restricción' (corte en sitios definidos); para identificarlos, se hibridizan luego con sondas, o sea, otros fragmentos de ADN marcados radiactivamente.

This technique helps find the gene or genes that give rice its resistance to RHBV, and identify and characterize, according to dominance and multiple alleles, those genes that confer resistance to blast. Moreover, this research will help incorporate RFLP into breeding programs that search for other useful genes.

Four steps are involved in analyzing DNA, the last of which hybridizes resulting DNA fragments with probes derived from the rice genome map developed by Cornell University. Finally, an autoradiogram of the hybridized DNA is obtained.

Cornell University belongs to the rice biotechnology research network coordinated by the Rockefeller Foundation. In 1988, the university's laboratory, under Dr. S. Tanksley's direction, sent to CIAT's BRU 90 DNA fragments, cloned to plasmids, that covered the existing rice genome map. RFLP analysis indicated that 50 clones were polymorphic in Fanny and Ceysvoni. With XbaI and EcoRI enzymes, the highest polymorphism level (55%) was obtained, deemed adequate for gene tagging.

The polymorphic clones received, and others recently requested by CIAT, broadened the coverage of the rice genome map. These clones are being used as probes to detect and select, from the double haploids originating in the Fanny x Ceysvoni cross, DNA fragments linked to the virus and blast resistance genes (Photo 6).

Esta técnica ayuda a encontrar el gen o genes que dan al arroz resistencia al RHBV, y a identificar y caracterizar, respecto a su dominancia y a sus alelos múltiples, los genes que confieren resistencia al añublo. Además, esta investigación ayudará a incorporar el RFLP a programas de mejoramiento que busquen otros genes útiles.

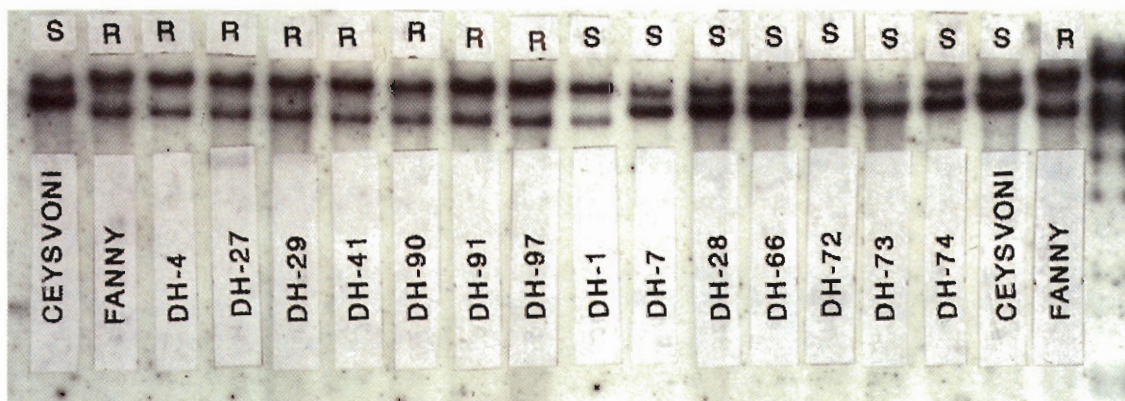
El análisis completo del ADN consta de cuatro pasos, en el último de los cuales se hibridizan los fragmentos de ADN obtenidos con sondas derivadas del mapa del genoma del arroz, mapa éste desarrollado en la Universidad de Cornell. Finalmente, se obtiene la autorradiografía del ADN hibridizado con la sonda.

La Universidad de Cornell pertenece a la red de investigación en biotecnología del arroz coordinada por la Fundación Rockefeller. En 1988, el laboratorio de esa universidad dirigido por el Dr. S. Tanksley, envió a la UIB, clonados en plásmidos, 90 fragmentos de ADN que abarcaban, hasta entonces, el mapa del genoma del arroz. El análisis RFLP indicó que 50 de ellos eran clones polimórficos en Fanny y Ceysvoni. Con las enzimas XbaI y EcoRI se obtuvo el mayor nivel de polimorfismo (55%), considerado suficiente para trabajos de marcación de genes.

Los clones polimórficos recibidos, y otros recientemente solicitados por la UIB, han ampliado el mapa del genoma del arroz. Tales clones se están usando como sondas para detectar y seleccionar, en los haploides dobles provenientes del cruce Fanny x Ceysvoni, fragmentos de ADN ligados a los genes de resistencia al virus y al añublo (Foto 6).

6 Double-haploid (DH) rice lines that are resistant (left) and susceptible (right) to RHBV. The DH lines come from the Fanny x Ceysvoni cross. Below, polymorphic clone RG-190 reveals co-segregation of resistance and susceptibility in DH lines possessing it. (* = a recombinant.)

6 Plantas de líneas haploides dobles (DH) de arroz, resistentes (izq.) y susceptibles (der.) al RHBV. Las líneas DH provienen del cruce Fanny x Ceysvoni. Abajo, el clon polimórfico RG-190 revela la co-segregación de resistencia y susceptibilidad en las líneas DH con el clon RG-190. (* = recombinante.)



6

One hundred plants coming from the double-haploid lines, already analyzed for the presence of resistance genes, were inoculated with RHBV in CIAT's Rice Pathology Laboratory, following standard inoculation procedures. Between 0% and 8% of resistant lines and between 90% and 100% of the few susceptible lines were infected. There were no intermediate reactions.

Un centenar de plantas procedentes de las líneas de haploides dobles, en las que se analizó la presencia de genes de resistencia, fueron inoculadas con RHBV en el Laboratorio de Patología de Arroz del CIAT según el procedimiento estándar de inoculación. Las líneas resistentes presentaron un nivel de infección de 0% a 8%, y las pocas susceptibles que generó el cruce, de 90% a 100% de infección. No hubo reacciones intermedias.

The double-haploid lines were also inoculated in the CIAT-Palmira greenhouse with 18 Colombian blast-fungus isolates. Three reactions were observed, according to type of lesion and foliar area affected. These were immunity, progression from flecks to sporulating lesions, and hypersensitivity (typical reaction of Ceysvoni or related lines).

The relation between an RFLP marker and the RHBV or blast resistance gene will be studied with MAPMAKERTM. This program analyzes distances between genes in a chromosome in order to detect possible linkages among RFLP markers and between one of these and a resistance gene. For blast, this relationship must be studied for each isolate separately, as each race evokes a different type of resistance in the plant.

Progress achieved and future research

Apparently, RHBV resistance is controlled by only one gene. Blast resistance, in contrast, depends on a more complex genetic system. For example, fungus isolate CV26-2, which attacks both parents (Ceysvoni and Fanny) of the evaluated cross, will probably encounter resistance from two recessive genes of those lines. In contrast, one simple gene could be associated with the plant's resistance to several other isolates.

One of the polymorphic DNA clones used is located on chromosome 12 (according to IRRI's numbering system). It has the same RFLP allele as Fanny in the double-haploid RHBV-resistance lines, and the same RFLP allele as Ceysvoni in the susceptible lines; so far, 50 double-haploid

Las líneas de haploides dobles se inocularon también, en el invernadero de CIAT-Palmira, con 18 aislamientos colombianos del hongo causante del añublo. Se observaron tres reacciones, según el tipo de lesión y el área foliar afectada: inmunidad, conversión progresiva de una mancha en lesión esporulante, e hipersensibilidad (reacción típica de Ceysvoni o de las líneas relacionadas con ella).

La relación entre un marcador RFLP y el gen de resistencia al RHBV o al añublo se estudiará empleando MAPMAKERTM. Este programa analiza distancias de un gen a otro en un cromosoma para detectar posibles ligamientos entre marcadores de RFLP, y entre uno de éstos y un gen de resistencia. En el añublo, esa relación debe estudiarse en cada aislamiento por separado, pues cada raza del hongo provoca diferente resistencia en la planta.

Progreso alcanzado y tareas subsiguientes

Aparentemente, la resistencia al RHBV está controlada por un solo gen. La resistencia al añublo, en cambio, depende de un sistema más complejo de genes. El aislamiento CV26-2, por ejemplo, que ataca a los dos padres (Ceysvoni y Fanny) del cruce ensayado, probablemente encontrará resistencia en dos genes recesivos de esas líneas. De otro lado, un mismo gen puede estar relacionado con la resistencia de la planta a varios aislamientos del hongo.

Uno de los clones polimórficos empleados está ubicado en el cromosoma 12 (según numeración del IRRI). Tiene el mismo alelo de RFLP de Fanny en las líneas de haploides dobles resistentes al RHBV, y el mismo alelo de RFLP de Ceysvoni en las susceptibles; hasta ahora se han probado

lines have been tested. "This suggests," says Joseph Tohme, in charge of this BRU project, "that this clone or probe is linked to the RHBV resistance gene. We hope to confirm such a linkage when a large population of polymorphic clones has been tested."

CIAT's BRU and Rice Pathology Section have embarked on four new projects in 1991. These projects will, first, search for the exact location of the resistance gene to RHBV; second, analyze the progenies of two new crosses (Fanny x IRAT 13 and Colombia 1 x Fanny) for another RHBV resistance gene; third, find in the Fanny x IRAT 124 cross a resistance gene to the insect vector; and, finally, because both IRAT 13 and Colombia 1 are resistant to many prevalent races of the *P. oryzae* fungus, study the first two crosses mentioned to map their resistance genes to the blast fungus.

50 líneas haploides dobles. "Por tanto —dice Joseph Tohme, a cargo de este proyecto en la UIB— este clon o sonda está ligado con el gen de resistencia al RHBV. Esperamos confirmar tal ligamiento cuando se haya probado una población grande de clones polimórficos".

A partir de 1991, la UIB y la sección de Patología de Arroz del CIAT desarrollan cuatro nuevos proyectos. Con ellos se proponen, primero, localizar la posición exacta del gen que controla la resistencia al RHBV; segundo, analizar las progenies de dos nuevos cruces (Fanny x IRAT 13 y Colombia 1 x Fanny) para investigar la presencia de otro gen contra el RHBV; tercero, hallar en el cruce Fanny x IRAT 124 un gen de resistencia al insecto vector del virus. Finalmente, puesto que IRAT 13 y Colombia 1 son resistentes a muchas razas predominantes del hongo *P. oryzae*, estudiar los dos primeros cruces mencionados, también resistentes al RHBV, para ubicar en el mapa genómico sus genes de resistencia al hongo causante del añublo.

184-Zhuhuacao: A South American Forage Succeeds in China

184-Zhuhuacao: Exitosa Forrajera Suramericana en China

Eight years after being introduced to Hainan, tropical China, in 1982, *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, or cultivar 184-Zhuhuacao, as it was later called in that country, is now grown on 13,000 hectares.

This forage legume comes from Valle del Cauca, Colombia, where CIAT's agronomist Rainer Schultze-Kraft collected it in 1973. It is successful in China because of its excellent forage and seed production, its tolerance of anthracnose, and its versatility on different-sized farms.

History

Invited by CIAT's former Director General John L. Nickel, who had visited the Chinese Academy of Agricultural Sciences in 1980, a group of scientists visited CIAT in 1982. These scientists, from the South China Academy of Tropical Crops (SCATC), brought with them to China 21 species of forage grasses and legumes for trials.

After three years of field trials at Danxian, Hainan Province (Map), SCATC researchers Chaozu He and Houming Jiang selected accession *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 for its outstanding performance.

Encouraged by preliminary results and the potential of accession *S. guianensis* CIAT 184 in China's tropical and subtropical regions (covering more than 8000 km²), Chaozu He asked CIAT's Tropical Pastures Program for one kilogram of pure seed in 1986. The goal was to establish two multiplication fields, each less than one hectare, at Ledong and

Después de ocho años de su introducción a Hainan, China, en 1982, *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, o cultivar 184-Zhuhuacao, como se le denominó posteriormente en ese país, se cultiva ya en 13.000 hectáreas.

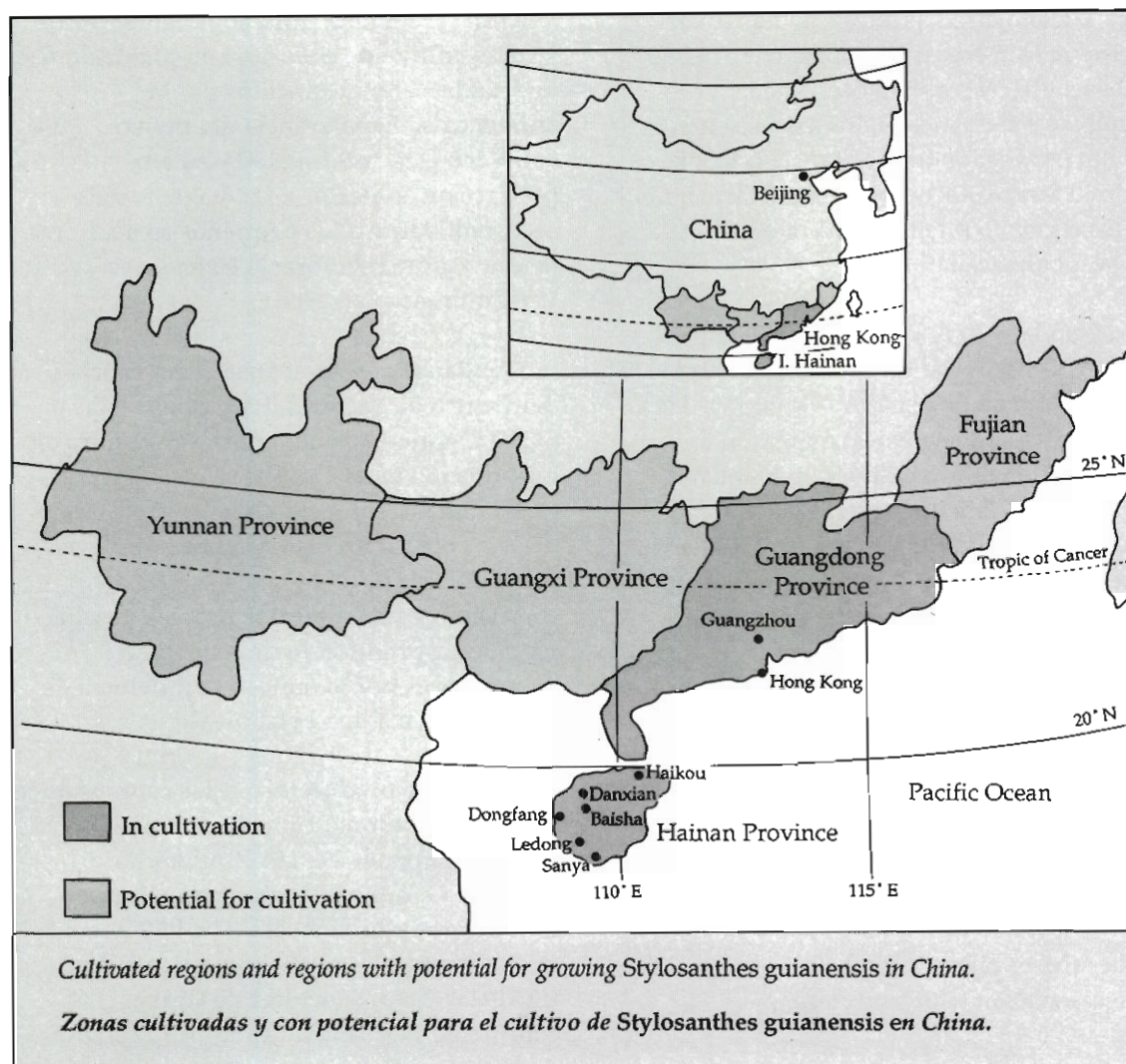
Esta leguminosa forrajera originaria del Valle del Cauca, Colombia, donde el agrónomo del CIAT, Rainer Schultze-Kraft, la recolectó en 1973, ha tenido gran acogida en China por su excelente producción de forraje y de semilla, y por su tolerancia a la antracnosis. También por su versatilidad de uso en explotaciones agropecuarias de distintos tamaños.

Historia

Por invitación del entonces Director General del CIAT, John L. Nickel, quien visitó la Chinese Academy of Agricultural Sciences en 1980, un grupo de científicos chinos visitó el CIAT en 1982. Pertenecían ellos a la South China Academy of Tropical Crops (SCATC) y llevaron de regreso para ensayo 21 especies de gramíneas y leguminosas forrajeras.

Después de tres años de pruebas de campo en Danxian, provincia de Hainan (Mapa), los investigadores de la SCATC, Chaozu He y Houming Jiang, seleccionaron la accesión *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 por su comportamiento sobresaliente.

Motivado por los resultados iniciales y el potencial de la accesión *S. guianensis* CIAT 184 en las zonas tropical y subtropical de China, que comprenden más de 8000 km², en 1986 Chaozu He solicitó al Programa de Pastos Tropicales del CIAT un kilogramo de semilla pura de esta leguminosa. Su propósito era establecer dos campos de multiplicación menores de una hectárea de



Sanya. These fields produced 150 kg of seed, which was used in 1987 to release *S. guianensis* cv. 184-Zhuhuacao and to establish a seed multiplication field.

SCATC also introduced cv. 184-Zhuhuacao to Guangdong Province, mainland China, in 1987, where traditional cultivars *S. guianensis* cv. Cook and cv. Graham, *S. scabra* cv. Seca, and *S. hamata*

extensión, uno en Ledong y otro en Sanya. Estos campos produjeron 150 kg de semilla, la cual se utilizó en 1987 para la liberación de *S. guianensis* cv. 184-Zhuhuacao, y para el establecimiento de un campo de multiplicación de semilla.

En ese mismo año la SCATC introdujo a cv. 184-Zhuhuacao en la provincia de Guangdong, China continental, donde los cultivares tradicionales *S. guianensis* cv. Cook y cv. Graham, *S. scabra* cv. Seca y *S.*

cv. Verano, used as forage and as cover crop in fruit-tree plantations, were being destroyed by anthracnose. The new cultivar's tolerance of this disease and its high production (more than 12 t/ha of dried forage) encouraged small farmers in this region to plant 1000 ha of cv. 184-Zhuhuacao in 1988.

Guodao Liu is a research associate in SCATC's Tropical Pastures Center and is currently training at CIAT (Photo 1). He believes that the greatest limitation to production of this cultivar on mainland China is its late flowering, caused by the subtropical conditions typical of that area. Seed production is therefore confined to Hainan Province, which has a tropical climate.

In 1988, SCATC's fields at Ledong, Hainan, produced 4200 kg of clean cv. 184-Zhuhuacao seed (Photo 2). Guodao Liu estimates that, during 1990, 40 tons of this seed were produced in Hainan and sold (for the equivalent of US\$192,000) to producers on mainland China, who used the seed to plant 13,000 ha as sole crop or in association with fruit trees.

Diverse uses

Producers use this legume in several ways: (1) on small farms, they mix it as green forage with rice or cassava, and feed it to pigs; (2) on larger sized farms, when it is 1.0 to 1.5 m high, they cut it at ground level and sun-dry it to produce hay, which is then ground and mixed with cassava, maize, or rice and fed to poultry; (3) on some farms, they grow it in association with *Brachiaria decumbens* CIAT 606 to graze cattle.

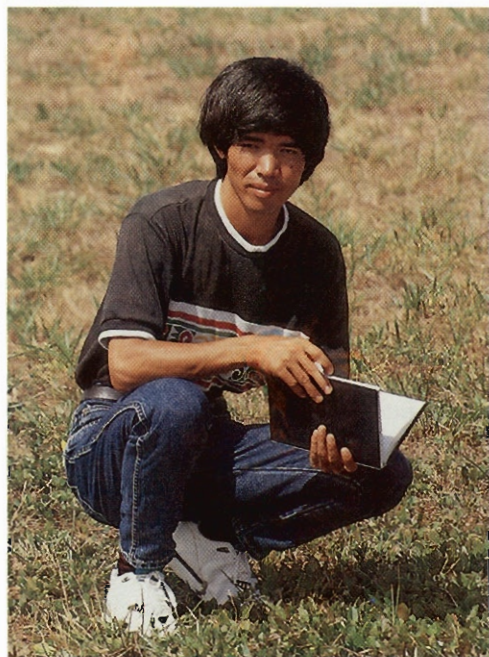
hamata cv. Verano, utilizados como forraje y como cultivo de cobertura en plantaciones de frutales, eran destruidos por la antracnosis. La tolerancia del nuevo cultivar a esta enfermedad y su alta producción, superior a 12 t/ha de forraje seco, motivaron a los pequeños agricultores de esa región a sembrar 1000 ha de cv. 184-Zhuhuacao en 1988.

Guodao Liu es un investigador asociado del Centro de Pasturas Tropicales de la SCATC, quien actualmente se encuentra en capacitación en el CIAT (Foto 1). Él cree que la mayor limitación para la producción de este cultivar en China continental es su floración tardía, ocasionada por las condiciones subtropicales propias de esta región. La producción de semilla se circunscribe, por lo tanto, a la provincia de Hainan, cuyo clima es tropical.

En 1988 se produjeron en los campos de la SCATC en Ledong, Hainan, 4200 kg de semilla limpia de cv. 184-Zhuhuacao (Foto 2). Guodao Liu estima que durante 1990 se produjeron en Hainan 40 toneladas, que se vendieron por el equivalente de US\$192.000 a productores de China continental; éstos la destinaron a la siembra de 13.000 ha, tanto para cultivo puro como para asociación con frutales.

Diversidad de usos

Los productores utilizan esta leguminosa de diversos modos: (1) En explotaciones pequeñas la mezclan como forraje verde con arroz o yuca, y la suministran así a los cerdos. (2) En explotaciones de mayor tamaño la cortan a ras del suelo cuando alcanza entre 1.0 m y 1.5 m de altura, y la secan al sol para producir heno; luego mezclan el heno con yuca, maíz o arroz para alimentar aves. (3) En algunas explotaciones la cultivan en asociación con



1



2

1 Guodao Liu, researcher from SCATC's Tropical Pastures Center, currently training with the Agronomy-Llanos Section of CIAT's Tropical Pastures Program.

1 Guodao Liu, investigador del Centro de Pasturas Tropicales de la SCATC, actualmente en capacitación en la sección de Agronomía-Llanos del Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

2 Harvest and manual cleaning of *Stylosanthes guianensis* cv. 184-Zhuhuacao seed at SCATC field in Ledong, Hainan.

2 Cosecha y limpieza manual de semillas de *Stylosanthes guianensis* cv. 184-Zhuhuacao en campo de la SCATC en Ledong, Hainan.



Chaozu He considers that the inclusion of cv. 184-Zhuhuacao dried forage (at 15%) in rations for poultry and pigs provides the protein and minerals needed to raise them and maintain their productivity. Production costs are thus reduced by using fewer grains, which are costly in China.

Future activities

According to Guodao Liu, future activities will include the development of new techniques for planting, fertilizing, weeding, harvesting, and conditioning cv. 184-Zhuhuacao seeds. These technologies need to be developed because 70% of seeds are currently collected from the ground. Another activity is the evaluation of a CIAT collection of *S. guianensis* which is believed to have accessions equally tolerant of anthracnose and potential for seed production on mainland China. Scientists, although alert to the possible appearance of anthracnose in cv. 184-Zhuhuacao, also intend to expand its production to the provinces of Fujian, Yunnan, and Guangxi, which border Guangdong Province.

"Experience with *Stylosanthes guianensis* in China," concludes Rainer Schultze-Kraft, "shows us how producers adopt well-adapted and productive forages: the forage is not just restricted to grazing ruminants in extensive production systems, as was believed at the initial collection, but it is also used in other production systems, as for poultry or pigs. As a result, the Chinese use of cv. 184-Zhuhuacao has given us an expanded outlook on using tropical forage legumes."

Brachiaria decumbens CIAT 606 para el pastoreo de ganado vacuno.

Chaozu He considera que añadiendo 15% de forraje seco de cv. 184-Zhuhuacao a las raciones para aves y cerdos se les proporciona suficiente proteína y minerales para alimentarlos y mantenerlos en producción; disminuye así la utilización de granos, cuyo costo en China es muy alto.

Acciones futuras

Según Guodao Liu, en el futuro se desarrollarán nuevas técnicas de siembra, fertilización, control de malezas, cosecha y acondicionamiento de la semilla del cv. 184-Zhuhuacao. Estas tecnologías son necesarias ya que actualmente el 70% de la semilla de ese cultivar se obtiene recolectándola en el suelo. Otra actividad será la evaluación de una colección de *S. guianensis* proveniente del CIAT, con la esperanza de encontrar en ella accesiones igualmente tolerantes a antracnosis, y con potencial para la producción de semilla en China continental. A la vez que están alerta a la posible aparición de antracnosis en cv. 184-Zhuhuacao, los científicos piensan expandir su producción a las provincias de Fujian, Yunnan y Guangxi, limítrofes con la provincia de Guangdong.

"La experiencia con *Stylosanthes guianensis* en China", concluye Rainer Schultze-Kraft, "nos demuestra cómo los productores adoptan forrajeras bien adaptadas y productivas. El forraje no sólo tiene uso en la alimentación de rumiantes en explotaciones extensivas, como se pensó cuando se hizo la recolección inicial, sino en otros sistemas de producción como aves o cerdos. Por lo tanto, debemos tener una visión más amplia sobre el uso de las leguminosas forrajeras, tal como se hace en China con cv. 184-Zhuhuacao".

Tropical Forage Species: Understanding Their Mechanisms of Adaptation to Acid Soils

Especies Forrajeras Tropicales: Explorando sus Mecanismos de Adaptación a Suelos Ácidos

Acid soils comprise 40% of the world's arable lands, thus causing serious agricultural problems especially in tropical and subtropical regions. Aluminum toxicity and phosphorus deficiency have been identified as major limiting factors for plant growth in these soils. For example, aluminum toxicity initially affects root tissues, inhibiting their growth and limiting the plant's use of nutrients and water.

One alternative for improving productivity in acid-soil regions in tropical America is to select or breed forage genotypes that are highly tolerant of soil acidity. This research effort is justified because liming and traditional practices for correcting soil acidity and aluminum toxicity are expensive, and because there are forage species and genotypes that differ widely in their tolerance of acid-soil conditions.

Since 1978, CIAT's Tropical Pastures Program has been working on developing low-cost, persistent pastures based on forage grasses and legumes that would help increase beef and milk production in acid-soil areas. These areas cover more than 800 million hectares in the forest and savanna ecosystems of tropical America.

Pastures for acid soils

One strategy for developing these pastures was to select germplasm adapted to the edaphic and climatic conditions prevailing in tropical acid-soil regions.

Los suelos ácidos de baja fertilidad abarcan 40% del área agrícola mecanizable del mundo, la cual presenta por esta causa serios problemas para la agricultura, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales. En estos suelos, la toxicidad del aluminio y la deficiencia de fósforo son los factores que más afectan el crecimiento de los cultivos. Tal efecto se manifiesta inicialmente en los tejidos de la raíz, inhibiendo su crecimiento y limitando el uso del agua y de los nutrimentos por la planta.

Una alternativa para elevar la productividad de las regiones de suelos ácidos en América tropical es el mejoramiento, por selección, de genotipos forrajeros altamente tolerantes a tal condición. Este esfuerzo de investigación se justifica porque el encalamiento y las prácticas tradicionales para su corrección son muy costosas, y porque tanto especies como genotipos forrajeros difieren ampliamente en su tolerancia a los suelos ácidos.

Desde 1978 el Programa de Pastos Tropicales del CIAT trabaja en el desarrollo de pasturas de bajo costo y alta persistencia en ese tipo de suelos, basadas en gramíneas y leguminosas forrajeras. Su propósito es incrementar la producción de carne y leche en zonas de suelos ácidos, las cuales abarcan más de 800 millones de hectáreas en los ecosistemas de bosque y sabana de América tropical.

Pasturas para suelos ácidos

Una de las estrategias para el desarrollo de estas pasturas es la selección de germoplasma adaptado a las condiciones de clima y suelo prevalentes en las regiones tropicales de suelos ácidos.

The Tropical Pastures Program has therefore collected, evaluated, and selected germplasm with potential for productivity in these areas, and has been able to identify key species. Some of these have already been released as cultivars in several countries of tropical America, for example, the grasses *Andropogon gayanus* CIAT 621 (known as cv. Carimagua-1 in Colombia, cv. Planaltina in Brazil, and cv. Sabanero in Venezuela) and *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133 (cv. Llanero in Colombia); and the legumes *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 (cv. Itabela in Brazil) and *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 (cv. Pucallpa in Peru).

An essential part of germplasm selection and improvement is to identify morphological, physiological, and biochemical mechanisms by which plants adapt to acid-soil conditions. Recently, the Tropical Pastures Program began a series of investigations to understand these mechanisms and to develop more efficient fertilization practices. The initial results from these investigations are presented below.

Differences in adaptation between grasses and legumes

For the last 12 years, the Tropical Pastures Program has been finding marked differences between grasses and legumes regarding their adaptation to acid soils. This adaptation includes changes in the plant's roots and shoots in response to growth conditions above and below ground level.

En desarrollo de esta estrategia, el Programa de Pastos Tropicales ha recolectado, evaluado y seleccionado germoplasma con potencial productivo, logrando la identificación de especies clave, algunas de las cuales se han liberado como cultivares en varios países de América tropical. Tal es el caso de las gramíneas *Andropogon gayanus* CIAT 621, que se conoce como cv. Carimagua-1 en Colombia, cv. Planaltina en Brasil, y cv. Sabanero en Venezuela; de *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133, conocida como cv. Llanero en Colombia; y de las leguminosas *Desmodium ovalifolium* CIAT 350, cv. Itabela en Brasil, y *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, cv. Pucallpa en Perú.

Fundamental en la selección y mejoramiento del germoplasma es la identificación de los mecanismos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos con los cuales las plantas se adaptan a los suelos ácidos. Para entender estos mecanismos, el Programa de Pastos Tropicales inició recientemente investigaciones que facilitarán la selección de plantas tolerantes y el desarrollo de prácticas más eficientes de fertilización. Los hallazgos iniciales de estas investigaciones se presentan a continuación.

Diferencias en adaptación entre gramíneas y leguminosas

En los últimos 12 años, el Programa de Pastos Tropicales ha encontrado notorias diferencias entre las gramíneas y las leguminosas en relación con su adaptación a los suelos ácidos. Esta adaptación incluye cambios en las raíces y en la parte aérea de la planta, en respuesta a las condiciones de crecimiento encima y debajo del nivel del suelo.

The size and activity of shoots show a functional equilibrium with root activity. The shoots fix carbon and the roots take up water and nutrients from the soil. Although these functions are separate, both parts of the plant interact to make plant growth possible. Adequate nutrient supply favors shoot growth relative to root growth. Conversely, nutrient stress results in a shift of carbon allocation to roots, leading to decreased shoot growth.

Effect of soil type and fertility. Under greenhouse conditions at CIAT-Palmira, plant nutrition physiologist Idupulapati Rao and his co-workers are investigating the effect of soil type and fertility on biomass production, dry-matter partitioning between shoots and roots, and nutrient uptake, transport, and use efficiency in some forage grasses and legumes adapted to acid soils. Two soil types are used for this work: sandy loam (La Alegría) and clay loam (La Pista). These soils were collected from the Carimagua National Research Center on Colombia's Eastern Plains, and both are characterized by high acidity and low fertility.

Results obtained so far indicate that soil type and fertility affect plant growth and dry-matter distribution between plant parts. Photos 1 and 2 show that grasses had higher biomass production in the clay loam, especially at lower fertility levels.

El tamaño y la actividad de la parte aérea establecen un equilibrio funcional con la actividad de las raíces. La primera fija carbono y las segundas absorben agua y nutrientes del suelo. A pesar de que estas funciones están separadas, las dos interactúan para hacer posible el crecimiento de la planta. El suministro adecuado de nutrientes favorece el crecimiento de la parte aérea en relación con las raíces. Por el contrario, un déficit nutricional resulta en un cambio en la distribución del carbono hacia las raíces y la consiguiente disminución en el crecimiento de la parte aérea.

Efecto del tipo y de la fertilidad del suelo. En condiciones de invernadero en CIAT-Palmira, el fisiólogo y nutricionista Idupulapati Rao y sus colaboradores estudian el efecto del tipo de suelo y de su fertilidad en la producción de biomasa, en la distribución de materia seca entre la parte aérea y las raíces, y en la extracción, transporte y uso eficiente de nutrientes por algunas gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas a suelos ácidos. Para el efecto, usan dos tipos de suelo: franco arenoso (La Alegría) y franco arcilloso (La Pista), procedentes del Centro Nacional de Investigaciones (CNI) Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Estos suelos se caracterizan por su alta acidez y baja fertilidad.

Los resultados obtenidos hasta ahora indican que tanto el tipo como la fertilidad del suelo afectan el crecimiento de la planta y la distribución de la materia seca entre sus partes. Las Fotos 1 y 2 muestran mayor producción de biomasa de las gramíneas en el suelo franco arcilloso que en el franco arenoso, especialmente a bajo nivel de fertilidad.



1

This higher production is apparently caused by the higher organic-matter contents and nitrogen availability in the clay loam. In contrast, legumes, because of their nitrogen-fixing capacity, showed similar biomass production in both types of soil at low fertility levels.

The effect of soil fertility on the allocation of fixed carbon by grasses and legumes is manifested in their root production (Table 1). At the higher fertility levels, root production in grasses was higher in the sandy loam. In contrast, the increase in root production in legumes was low in both soil types. The change in their allocation of fixed carbon toward shoot growth probably helps improve the nitrogen-fixing ability of legume roots.

Efficiency in nutrient uptake and use.

Grasses and legumes show marked differences in uptake and use of nutrients. Efficiency in phosphorus uptake in legume roots was twice that of grasses. However, the latter's efficiency in nitrogen use was four times that of legumes (Table 2).



2

Esta mayor producción se debe, aparentemente, al más alto contenido de materia orgánica y a la disponibilidad de nitrógeno de este suelo en comparación con el franco arenoso. Por el contrario, las leguminosas, gracias a su capacidad de fijar nitrógeno, presentaron producciones de biomasa similares en los dos tipos de suelo en el nivel de menor fertilidad.

El efecto de la fertilidad del suelo en la localización del carbono fijado por las gramíneas y por las leguminosas se manifiesta en el desarrollo de sus raíces (Cuadro 1). El aumento en la producción de raíces de las gramíneas fue mayor en el suelo franco arenoso con mayor fertilidad. Por otra parte, el aumento en la producción de raíces de las leguminosas fue bajo en ambos tipos de suelo cuando la fertilidad fue alta. Probablemente, la transferencia del carbono hacia la parte aérea de las leguminosas mejora la habilidad de sus raíces para la fijación simbiótica de nitrógeno.

Eficiencia en la absorción y utilización de nutrientes. Las gramíneas y las leguminosas muestran notables diferencias en la absorción y uso de nutrientes, siendo las segundas doblemente eficientes en la utilización de fósforo que las primeras. Sin embargo, las gramíneas son cuatro veces más eficientes que las leguminosas en la utilización del nitrógeno (Cuadro 2).

1, 2 Differences in shoot growth of the grass *Brachiaria dictyoneura* and the legume *Arachis pintoi* when grown in sandy loam (La Alegría) and clay loam (La Pista) at low and high fertility levels.

1, 2 Diferencias en crecimiento de la parte aérea de la gramínea *Brachiaria dictyoneura* y de la leguminosa *Arachis pintoi* en suelo franco arenoso (La Alegría) y franco arcilloso (La Pista) con niveles alto y bajo de fertilidad.

Table 1. Average biomass production (g/pot) of plant parts for forage grasses and legumes in two soil types with two fertility levels. (Mean values are for 7 grasses and 12 legumes.)

Cuadro 1. Promedio de producción de biomasa (g/maceta) de partes de plantas de gramíneas y leguminosas forrajeras en dos tipos de suelo con dos niveles de fertilidad. (Promedio de 7 gramíneas y de 12 leguminosas.)

Forages	Plant parts	Fertility of:			
		Sandy loam (Franco arenoso)		Clay loam (Franco arcilloso)	
		Low	High	Low	High
Grasses	Roots (Raíces)	7.6	15.0	8.1	13.3
	Shoots (Aérea)	4.2	15.6	7.4	17.4
Legumes	Roots (Raíces)	6.1	7.2	4.9	6.5
	Shoots (Aérea)	4.8	11.1	5.2	11.1

Adaptation differences among grass-legume associations

Greenhouse studies are also being carried out by CIAT to evaluate differences in adaptation to sandy loam and clay loam acid soils among three important pasture associations: *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133-*Arachis pintoii* CIAT 17434; *Andropogon gayanus* CIAT 621-*Stylosanthes capitata* CIAT 10280; and *A. gayanus* CIAT 621-*Centrosema acutifolium* CIAT 5277. Initial results are summarized as follows:

Growth and dry-matter partitioning. The three grass-legume associations adapted better to the clay loam than to the sandy loam (Photos 3, 4, and 5).

Diferencias en adaptación de las asociaciones gramíneas-leguminosas

También se están evaluando en el invernadero las diferencias en adaptación a los suelos ácidos franco arenoso y franco arcilloso que presentan las asociaciones forrajeras más importantes con que ha trabajado el CIAT en esos suelos del trópico: *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133-*Arachis pintoii* CIAT 17434; *Andropogon gayanus* CIAT 621-*Stylosanthes capitata* CIAT 10280; y *A. gayanus* CIAT 621-*Centrosema acutifolium* CIAT 5277. Los primeros resultados se pueden resumir así:

Crecimiento y distribución de la materia seca. La adaptación de las asociaciones fue mayor en el suelo franco arcilloso que en el suelo franco arenoso (Fotos 3, 4 y 5).

Table 2. Differences in efficiency of forage grasses and legumes in nutrient uptake and use in two soil types at two fertility levels. (Mean values are for 7 grasses and 12 legumes.)

Cuadro 2. Diferencias en la eficiencia de gramíneas y leguminosas en la absorción y uso de nutrimentos en dos tipos de suelo con dos niveles de fertilidad. (Valores promedio de 7 gramíneas y 12 leguminosas.)

Nutrient uptake and use efficiency (Eficiencia en absorción y uso de nutrimentos)	Forages	Fertility of:			
		Sandy loam (Franco arenoso)		Clay loam (Franco arcilloso)	
		Low	High	Low	High
Phosphorus uptake efficiency ^a (Absorción de fósforo) ^a	Grasses	0.4	0.8	0.7	0.9
	Legumes	0.8	1.6	1.2	2.4
Nitrogen use efficiency ^b (Uso de nitrógeno) ^b	Grasses	100	135	102	123
	Legumes	25	30	32	35

a. Milligrams of phosphorus taken up in shoot biomass per gram of root dry weight. (Miligramos de fósforo absorbidos en la biomasa de la parte aérea por gramo de peso seco de las raíces.)

b. Grams of shoot biomass produced per gram of nitrogen uptake. (Gramos de parte aérea producidos por cada gramo de nitrógeno absorbido por las raíces.)

At lower fertility levels, dry-matter partitioning to roots was higher, occurring at the expense of shoots (Figure 1). In addition, root length density changed as a function of soil depth and it was higher in the sandy loam at both fertility levels (Figure 2). Despite similar root biomass levels for each grass-legume association, this difference in root length density indicates greater fine-root production in the sandy loam.

Esta diferencia se comprende mejor al observar la Figura 1, en la cual se nota el efecto del tipo y de la fertilidad del suelo en la distribución de la materia seca entre las raíces y la parte aérea de las plantas. La proporción de materia seca de las raíces fue mayor en suelos con menor fertilidad. Además, la densidad longitudinal de las raíces cambió a través de la profundidad del suelo y fue mayor en el suelo franco arenoso en ambos niveles de fertilidad (Figura 2). A pesar de los niveles de biomasa similares de las asociaciones, tales diferencias en densidad longitudinal de las raíces indican mayor producción de raíces finas en el suelo franco arenoso.



3



4



5

3, 4, 5 Differences in shoot growth of three grass-legume associations (*Brachiaria dictyoneura*-*Arachis pintoii*, *Andropogon gayanus*-*Stylosanthes capitata*, and *Andropogon gayanus*-*Centrosema acutifolium*) when grown in sandy loam (*La Alegría*) and clay loam (*La Pista*) at low and high fertility levels.

3, 4, 5 Diferencias en crecimiento de la parte aérea de las asociaciones *Brachiaria dictyoneura*-*Arachis pintoii*, *Andropogon gayanus*-*Stylosanthes capitata* y *Andropogon gayanus*-*Centrosema acutifolium* en suelo franco arenoso (*La Alegría*) y franco arcilloso (*La Pista*) con niveles alto y bajo de fertilidad.

Net photosynthesis. Maintaining photosynthetic activity is essential for guaranteeing the productivity of these associations when grown in nutrient-poor acid soils. Photosynthetic measurements on intact grass leaves indicated that, because they have a C₄-type photosynthetic pathway (a unique type of photosynthesis in which carbon dioxide is reduced to a 4-carbon compound), their net photosynthesis was higher than in legumes. Legumes have the normal C₃-type photosynthesis (which reduces carbon dioxide to a 3-carbon compound). Low fertility did not reduce the rate of net photosynthesis in the leaves of the associations.

These results indicate that these grass-legume associations adapt to low-fertility acid soils by conserving their photosynthetic capacity and allocating fixed carbon to root growth and production at the expense of shoot growth and production.

Activity of acid phosphatase in roots.

Acid phosphatase is a hydrolytic enzyme that helps release inorganic phosphate from organic compounds. Legume roots had markedly higher activity of this enzyme than did grass roots, the highest being found in *Centrosema acutifolium* under low-fertility conditions (Figure 3).

Fotosíntesis neta. La actividad fotosintética es esencial para la productividad de las asociaciones en suelos ácidos pobres en nutrientes. La medición de la fotosíntesis en hojas enteras de las gramíneas indicó que éstas, por tener un proceso fotosintético del tipo C₄ (tipo único en el cual el dióxido de carbono es reducido a un compuesto de cuatro carbonos), presentaron mayor tasa de fotosíntesis neta que las leguminosas. Estas últimas tienen un proceso fotosintético normal del tipo C₃ (en éste el dióxido de carbono es reducido a un compuesto de tres carbonos). La baja fertilidad no redujo la tasa de fotosíntesis neta en las hojas de las asociaciones pero disminuyó el crecimiento de la parte aérea.

Estos resultados indican que las asociaciones gramíneas-leguminosas adaptadas a los suelos ácidos de baja fertilidad mantienen su capacidad de fotosíntesis mediante la utilización del carbono fijado para el crecimiento y producción de las raíces a expensas del crecimiento y producción de la parte aérea.

Actividad de la fosfatasa ácida en las raíces. La fosfatasa ácida es una enzima hidrolítica que ayuda a liberar los fosfatos inorgánicos de los compuestos orgánicos. Esta enzima es más activa en las raíces de las leguminosas que en las raíces de las gramíneas, mayor actividad ésta que se observó en *Centrosema acutifolium* en condiciones de baja fertilidad (Figura 3).

Figure 1.

Effect of soil type and fertility on dry-matter partitioning between shoots and roots of three grass-legume associations. (Mean values from three replications for each association.)

Efecto del tipo y de la fertilidad del suelo en la distribución de la materia seca entre la parte aérea y las raíces de tres asociaciones gramínea-leguminosa. (Valores promedio de tres repeticiones por cada asociación.)

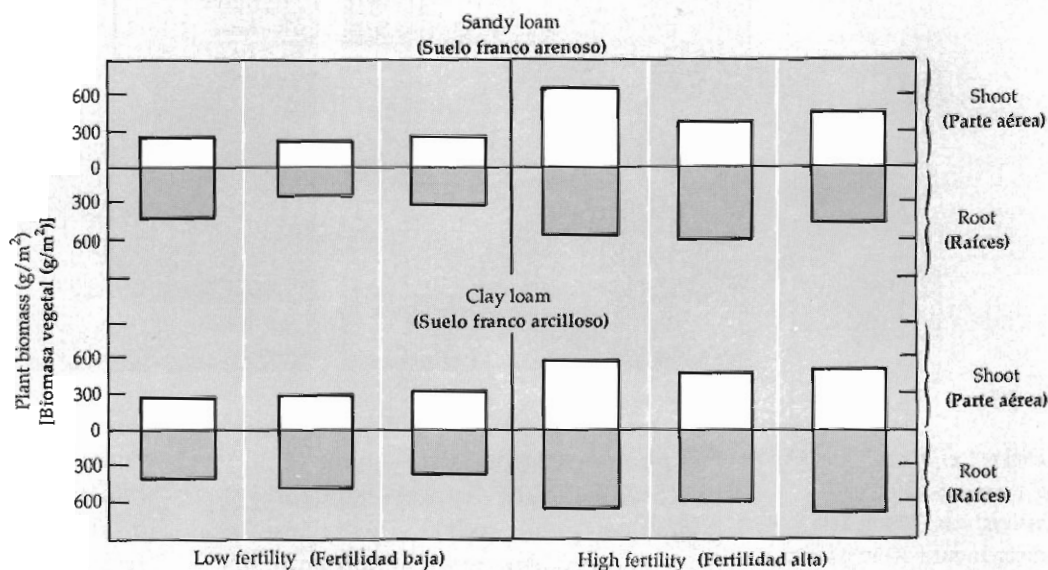


Figure 2.

Effect of soil type and fertility on root length density in three grass-legume associations at three soil depths. (Mean values from three replications for each association.)

Efecto del tipo y de la fertilidad del suelo en la densidad longitudinal de las raíces de tres asociaciones gramínea-leguminosa a tres profundidades. (Valores promedio de tres repeticiones por cada asociación.)

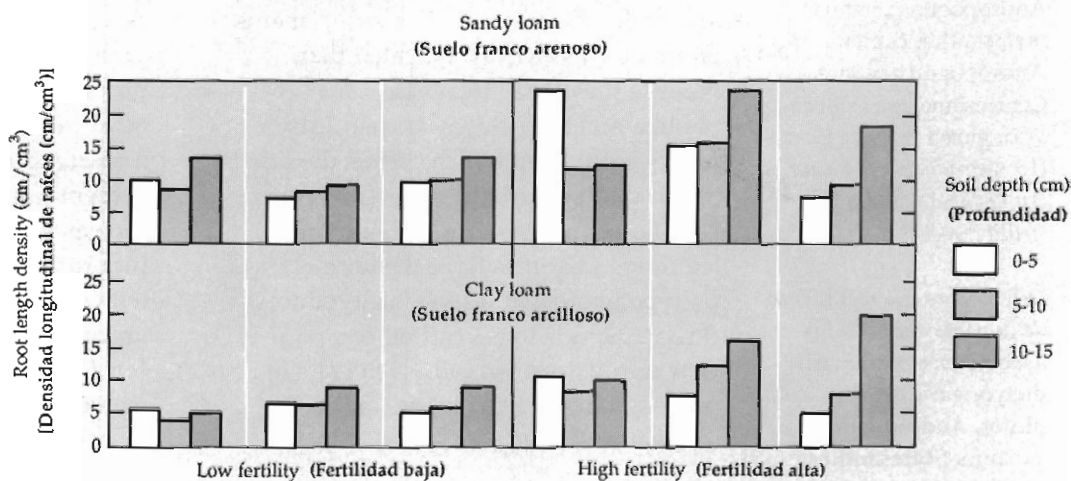
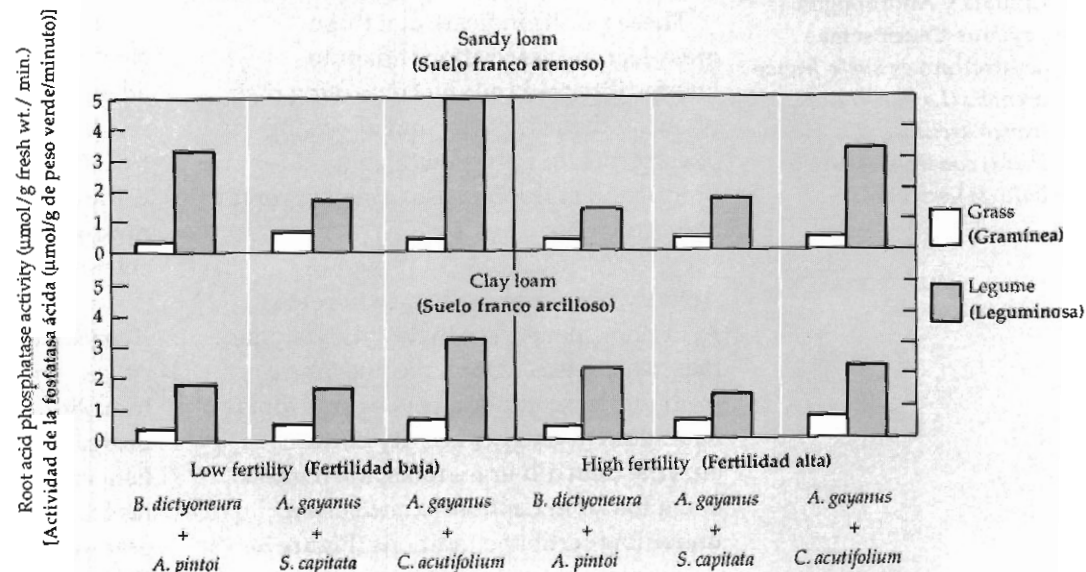


Figure 3.

Effect of soil type and fertility on activity of the acid phosphatase enzyme in roots of three grass-legume associations. (Mean values from three replications for each grass or legume species.)

Efecto del tipo y de la fertilidad del suelo en la actividad de la enzima fosfatasa ácida en las raíces de tres pasturas asociadas. (Valores promedio de tres repeticiones por cada asociación.)



The legumes' superior efficiency in phosphorus uptake was probably a result, in part, of the higher activity of this enzyme in their roots, thus favoring the mobilization of phosphorus from the less soluble phosphorus compounds in acid soils (Table 2).

In summary

Results from these studies indicate that forage grasses and legumes adapted to acid soils preferentially use fixed carbon to maintain root growth at the expense of shoot growth. Grass-legume associations seem to adapt to low-fertility soils by conserving their photosynthetic capacity and transporting fixed carbon to increase root density and biomass. In this manner, the associations maintain their productivity and their efficiency in obtaining essential nutrients. The marked differences in activity of the acid phosphatase enzyme between legume and grass roots suggest that their mechanisms of adaptation to acid soils differ.

These initial findings help to understand the relative differences in adaptation to different types of tropical acid soils among CIAT's forage grass and legume accessions. In addition, the differential performance of species when grown alone or in association indicates the competition for nutrients between them. Furthermore, these studies consolidate the scientific bases of the work done by the Tropical Pastures Program over the last few years and of the strategy proposed for the decade of the nineties.

La mayor eficiencia en la extracción de fósforo observada en las leguminosas se debió, en parte, a la actividad de esta enzima presente en sus raíces (Cuadro 2). Esto favorece la movilización del fósforo desde los compuestos fosfóricos menos solubles presentes en los suelos ácidos.

En síntesis

Los resultados de estos estudios indican que las gramíneas y las leguminosas forrajeras adaptadas a suelos ácidos utilizan el carbono fijado principalmente para mantener el crecimiento de las raíces en detrimento de la parte aérea. Las asociaciones gramíneas-leguminosas parecen adaptarse a suelos de baja fertilidad mediante la conservación de su capacidad fotosintética y el movimiento del carbono fijado para aumentar la densidad y la biomasa de las raíces. Esta característica les ha hecho posible mantener su productividad y eficiencia en la búsqueda de los nutrimentos esenciales. Las marcadas diferencias en la actividad de la enzima fosfatasa ácida en las raíces de leguminosas y gramíneas sugieren que los mecanismos de adaptación a los suelos ácidos de unas y otras son distintos.

Estos hallazgos iniciales ayudan a entender las diferencias en la adaptación relativa de las accesiones forrajeras del CIAT a los diferentes tipos de suelos ácidos tropicales. Además, las diferencias en comportamiento de las especies, cuando se cultivan solas o asociadas, indica la competencia entre ellas por nutrimentos. *Estos estudios* contribuyen adicionalmente a consolidar científicamente la dirección seguida por el Programa de Pastos Tropicales en los últimos años y la que propone para la década de los noventa.



Management and Conservation of Natural Resources

Manejo y Conservación de Recursos Naturales

The challenge for research and development in the tropics is how to improve the management of resources available for agriculture and forestry so that gains in output are compatible with long-term preservation of the environment.

To the extent that production gains achieved through the "green revolution" made it unnecessary to expand agricultural production into forest lands, the resource base was preserved. Nevertheless, output increases often resulted in environmental deterioration through pesticide contamination, soil erosion, fertility losses, and degradation of fragile environments that frequently represented the only opportunity open to millions of small farmers.

CIAT, aware of this dilemma, began studying in the 1980s the effect crops have on the farm environment. For instance, the growing of high-yielding rice together with the use of agrochemicals for pest and weed control achieved dramatic production increases. However, sustainability of those increases is being threatened by pests becoming more tolerant of pesticides, growing production costs, and more restrictive market acceptance of residues.

Integrated pest management in rice production combines genetic resistance with cultural practices to reduce substantially pesticide applications and related costs without affecting output. CIAT and national research programs in Latin America are promoting this technology. Its adoption in two countries is documented by the first of the following four articles.

El desafío para la investigación y el desarrollo en los trópicos es cómo mejorar el manejo de los recursos disponibles para la agricultura y la silvicultura de tal manera que la mayor producción obtenida sea compatible con la preservación a largo plazo del medio ambiente. En la medida en que los aumentos en producción logrados con la 'revolución verde' hicieron innecesaria la expansión de la producción en áreas de bosque, pudo preservarse el acervo de recursos. Sin embargo, tales aumentos ocasionaron frecuentes deterioros del medio ambiente, como la contaminación con pesticidas, la erosión del suelo, y la degradación de los ambientes frágiles; éstos suelen ser la única oportunidad de supervivencia para millones de pequeños agricultores.

Conciente de este dilema, el CIAT estudia desde los años ochenta el efecto de los cultivos en el medio agrícola. Por ejemplo, el cultivo de variedades de arroz de alto rendimiento, aplicando agroquímicos para el control de plagas y malezas, dio aumentos dramáticos en la producción. No obstante, su sostenibilidad se ve amenazada por la mayor tolerancia de las plagas a los pesticidas, los costos de producción crecientes, y las mayores restricciones de mercado a los residuos. El manejo integrado de plagas en arroz, que combina resistencia genética con prácticas agronómicas, reduce drásticamente las aplicaciones de pesticidas y sus costos sin disminuir la producción. Esta tecnología está siendo promovida por el CIAT y los programas nacionales en América Latina. Su adopción en dos países es el tema del primero de los siguientes cuatro artículos.

Population pressure has been pushing farmers to marginal lands where shorter fallow periods and poor ground cover lead to soil erosion and degradation. Tests on improved cultural practices, carried out by CIAT and national programs on cassava production areas in Asia and Latin America, indicate that such trends can be arrested and productivity recovered. This is illustrated in the second article.

In acid soils, adapted forage species not only increase beef and milk production and prevent soil degradation but also restore fertility when properly managed. Those responses are facilitated by the ability of particular species to recycle nutrients through their physiological, morphological, and other mechanisms of adaptation to soil constraints. These aspects are being studied by CIAT, and preliminary findings are described in this report.

Results obtained with pastures in savanna and forest ecosystems have led CIAT and Colombian research institutions to evaluate the potential of improved pastures for erosion control and soil recovery in hillside areas with high erosion risks. This is the topic of the fourth article.

Because of these and other experiences, CIAT recognizes the need to complement germplasm development with the management of natural resources. Such recognition is reflected in the new CIAT strategy for the 1990s, whereby alternative land uses will be assessed at the national level, and farming systems will be developed for three major agroecosystems in Latin America: forest margins, hillsides, and savannas. Improved germplasm and sound management technologies will be integrated into viable production systems in those agroecosystems.

La presión de población ha desplazado a los agricultores hacia tierras marginales donde el barbecho cada vez más corto y la deficiente cobertura del suelo llevan a su erosión y degradación. Los ensayos con mejores prácticas de cultivo en zonas productoras de yuca en Asia y América Latina indican que se pueden contrarrestar tales tendencias y recuperar la productividad. Esto es materia del segundo artículo.

En suelos ácidos, las especies forrajeras adaptadas no sólo incrementan la producción de carne y leche sino que, con su buen manejo, previenen la degradación del suelo y restauran su fertilidad. Lo anterior resulta de la capacidad de ciertas especies para reciclar los nutrimentos por medio de mecanismos que les permiten adaptarse a las limitaciones edáficas. Los hallazgos preliminares del CIAT se describen en este informe. Los resultados obtenidos con pasturas en ecosistemas de sabana y de bosque han llevado al CIAT y a varias instituciones colombianas a evaluar el potencial de las pasturas mejoradas para controlar la erosión y recuperar el suelo en laderas muy erosionables. Este es el tema del cuarto artículo.

En razón de estas y otras experiencias, el CIAT ha reconocido la necesidad de complementar el desarrollo del germoplasma con el manejo de los recursos naturales, reconocimiento que se refleja en la nueva estrategia del Centro para los años noventa. Según ésta, se evaluarán en los países usos alternativos de la tierra, y se desarrollarán sistemas de producción para los tres agroecosistemas mayores de América Latina: las márgenes de bosque, las laderas y las sabanas. El germoplasma mejorado y las tecnologías de manejo se integrarán en sistemas viables de producción para dichos agroecosistemas.

Use of Agrochemicals in Rice Production Decreases in Colombia and Venezuela

Desciende Uso de Agroquímicos en la Producción de Arroz en Colombia y Venezuela

During the past two years, rice growers in Colombia and Venezuela have substantially reduced the unnecessary use of pesticides on their crops. This translates into higher profit margins, less environmental pollution, and a product relatively free of toxic substances for consumers.

This reduction was prompted by two main factors: governmental policies, which are eliminating subsidies for agrochemicals, and a gradual adoption of an integrated pest management (IPM) system. The latter makes it possible for farmers to know when and how to apply pesticides rationally in order to prevent waste.

"Integrated pest management is not a new technology," explains Luis Sanint, senior economist in CIAT's Rice Program, "rather, it is a more adequate management of the various technological options available to the farmer."

Sanint further explains that integrated management tries to maintain pest populations at a level that is economically acceptable to the farmer, that is, at or below the "economic threshold." This is the level at which the cost of available control techniques and methods is lower than the losses that would be avoided with the use of such techniques or methods. "The farmer has to constantly monitor pest densities and their relation with the crop in order to prevent the losses they cause when crossing the economic threshold," he adds.

Durante los dos últimos años los cultivadores de arroz en Colombia y Venezuela han disminuido sustancialmente el uso innecesario de plaguicidas en sus cultivos. Esto se traduce en mayores márgenes de utilidad, en menor contaminación del medio ambiente, así como en un producto relativamente libre de sustancias tóxicas para los consumidores.

Esta disminución ha sido propiciada por dos factores principalmente: las políticas gubernamentales, que están eliminando subsidios a los agroquímicos, y la adopción gradual del manejo integrado de plagas (MIP). Este último permite a los agricultores saber cuándo y cómo aplicar plaguicidas en forma racional para evitar su desperdicio.

"El manejo integrado de plagas no es una nueva tecnología", sostiene Luis Sanint, economista principal del Programa de Arroz del CIAT, "sino más bien un manejo más adecuado de las diversas opciones tecnológicas de que dispone el agricultor".

Sanint explica que el manejo integrado busca mantener las poblaciones de plagas a un nivel económicamente aceptable para el agricultor, esto es, por debajo o en el "umbral económico". Por tal se entiende el nivel al cual el costo de las técnicas y métodos disponibles de control es inferior al de las pérdidas que se evitarían al aplicar tales técnicas o métodos. "Hay que observar constantemente las densidades de la plaga y su relación con el cultivo para evitar que el daño producido por ellas traspase el umbral económico", agrega.



Studying rice cropping in Colombia

A census of rice producers was carried out in Colombia in 1989 by the Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), the Federación de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ), and CIAT. It provided precise information about this sector, as well as a better understanding of its needs and its dynamics. As a consequence, it was possible to determine the optimal size of a sample in order to study in depth the characteristics of producers.

In 1990, a questionnaire designed by the researchers for a better understanding of rice IPM problems was tested during the second semester of the year. The aim was to find out the percentage of producers who know about integrated crop management (ICM) and IPM, and the number who were either practicing them or planning to do so. It also sought to identify the management practices used, and their degree of adoption or rejection among farmers. There was also a section for producers who have never heard of integrated management. The questionnaire was evaluated on two occasions: first, with a group of 12 farmers and, later, with another group of 25 farmers

Estudio del cultivo de arroz en Colombia

Un censo de productores de arroz realizado en Colombia en 1988 por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Federación de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ), y el CIAT proporcionó información precisa sobre este sector, así como un mejor entendimiento de sus necesidades y de su dinámica. En consecuencia, se pudo calcular el tamaño óptimo de una muestra para estudiar más a fondo las características de los productores.

En 1990, los investigadores diseñaron un cuestionario para entender mejor los problemas del MIP del arroz. El cuestionario se ensayó en la segunda parte del año y buscaba conocer el porcentaje de productores que sabe acerca del manejo integrado del cultivo (MIC) y del MIP, y cuántos entre ellos los practicaban o planeaban hacerlo. Además, buscaba identificar las prácticas de manejo integrado utilizadas, así como el grado de adopción o rechazo de las mismas. También había una sección para los productores que nunca han escuchado acerca del manejo integrado. El cuestionario fue evaluado en dos instancias: primero con un grupo de 12 agricultores y después con otro de 25 agricultores

Two types of aspersión for agrochemicals in rice:

- 1 *Aerial in commercial crop.*
- 2 *Manual in seedbed.*

Dos tipos de aspersión de agroquímicos en arroz:

- 1 *Aérea en cultivo comercial.*
- 2 *Manual en semillero.*

in the departments of Meta and Tolima, in Colombia. Eighty-five percent of these farmers had either small or medium-sized farms (from 3 to 50 ha) and the rest had more than 50 hectares. Finally, the adjusted questionnaire was distributed again in January 1991, to a sample of 170 farmers throughout Colombia.

Initial tests have indicated some tendencies that will probably be confirmed by the final survey. They are:

Rice farmers tend to apply management criteria that include at least one integrated management element, even though only 13.5% have heard about IPM.

An important portion of the sample indicated that agrochemical applications are being reduced, particularly those of insecticides and fungicides. Thus, in 1990, in Tolima Department, the initial surveys show a reduction of 70% in the total volume of insecticides applied, compared with the 1980s average; the number of applications seems to have dropped by almost one-third, and almost 30% of farmers are not applying pesticides at all (Table 1).

A similar reduction in use may be taking place with fungicides. So far, preliminary surveys show that the total volume of fungicides being applied has dropped to about one-half, the number of applications to about one-fifth, and the percentage of farmers not applying has risen from 22.7% in the 1980s to 42.8% in the 1990s.

de los departamentos de Meta y Tolima, en Colombia. Un 85% de ellos eran pequeños o medianos propietarios (de 3 a 50 ha) y el resto tenía más de 50 hectáreas. Finalmente, el cuestionario definitivo se distribuyó en enero de 1991 a una muestra de 170 agricultores en toda Colombia.

Las pruebas iniciales han permitido conocer algunas tendencias que probablemente serán confirmadas por la encuesta final. Tales tendencias son:

Los arroceros entrevistados tienden a aplicar criterios de manejo que incluyen al menos un elemento de manejo integrado, así sólo un 13.5% de ellos haya oído acerca del MIP.

Una porción importante de la muestra reconoció que están disminuyendo las aplicaciones de agroquímicos, principalmente de insecticidas y fungicidas. Así, en 1990, en el departamento de Tolima, las primeras encuestas muestran una reducción del 70% en el volumen total de insecticidas aplicados, en comparación con los promedios de la década de 1980; el número de aplicaciones parece haberse reducido a casi una tercera parte y casi un 30% de los agricultores ya no hace ninguna aplicación (Cuadro 1).

Una reducción similar se estaría presentando en el uso de fungicidas. Las encuestas preliminares muestran que el volumen total de fungicida que se está aplicando se ha reducido a cerca de la mitad, el número de aplicaciones a una quinta parte, y el porcentaje de fincas donde no se hace aplicación ninguna pasó de 22.7% en los ochenta a 42.8% en los noventa.

Table 1. Evolution in rice management practices, Tolima, Colombia, 1980-1990.

Cuadro 1. Evolución de las prácticas de manejo del arroz, Tolima, Colombia, 1980-1990.

Cropping practices (Prácticas de cultivo)	1980 (n = 44)	1990 (n = 21)
Seed density (kg/ha) (Densidad de semillas)	266	225
Nitrogen (kg/ha)	205	181
Herbicide:		
a.i. (i.a.), kg/ha*	5.5	5.3
No. of applications/ha	3.1	3.3
Farms with no applications (%)	0	0
Insecticide:		
a.i., kg/ha	4.2	1.2
No. of applications/ha	4.0	1.5
Farms with no applications (%)	0	28.6
Fungicide:		
a.i., kg/ha	3.6	1.6
No. of applications/ha	5.0	1.05
Farms with no applications (%)	22.7	42.8

* a.i. = active ingredient. (i.a. = ingrediente activo.)

SOURCES (FUENTES): 1980: Ramírez (1986); 1990: CIAT Rice Program.

Herbicide use continues to be constant, as it is linked to agronomic aspects such as soil preparation, quantity and quality of seed, water management, and soil leveling, all of which still show complex inefficiencies.

The increased efficiency in the use of technological components can be observed with respect to seed density: it dropped from an average of 266 kg/ha during the 1980s to 225 kg/ha during the 1990s. Also, the amount of nitrogen fertilizer dropped from 205 kg/ha in the 1980s to about 180 kg/ha in the 1990s.

El uso de herbicidas continúa siendo constante, ya que está muy ligado a aspectos agronómicos como la preparación del suelo, la cantidad y calidad de la semilla, el manejo del agua, la nivelación del terreno, y otros, en todos los cuales aún se observan complejas ineficiencias.

La mayor eficiencia en el uso de los componentes tecnológicos se observa con respecto a la densidad de semillas: se está pasando de un promedio de 266 kg/ha en los ochenta a 225 kg/ha en los noventa. En las mismas décadas la cantidad de fertilizante nitrogenado pasó de 205 kg/ha a 180 kg/ha, respectivamente.

An increasing percentage of farmers are using technically defined action thresholds (parameters that indicate when to start using agrochemicals), whereas the rest are using empirical thresholds. Insects such as leafminers and leafhoppers are controlled in about 85% of cases by managing water levels. The same practice is used by most farmers to control rice blast disease. Others control it through the combination of such elements as planting dates and improved varieties.

These tendencies reflect, to a large extent, FEDEARROZ and ICA's efforts to encourage rice growers to adopt management techniques that would optimize their use of inputs. It is obvious that rice growers are interested, as are all farmers, in reducing their production costs.

The Venezuelan case

Since 1988, researchers from the Asociación de Productores de Semilla Certificada de los Llanos Occidentales (APROSCELLO) and the Fundación para el Desarrollo de la Región Centro-Oeste (FUDECO), in collaboration with CIAT's Rice Program, have been doing surveys in Portuguesa State, one of the two most important rice-producing areas of Venezuela.

Preliminary survey results indicate that Venezuelan rice growers are substantially reducing agrochemical applications, particularly after the dramatic price increases that followed the government's elimination of subsidies.

Un porcentaje creciente de agricultores está utilizando umbrales de acción (parámetros que le indican cuándo debe empezar a aplicar agroquímicos) técnicamente establecidos, mientras que el resto utiliza umbrales empíricos. Varios insectos, como los minadores y saltahojas, son controlados hasta en un 85% de los casos con el manejo de los niveles de agua. Este último también es utilizado por la mayoría de los agricultores para controlar la piricularia. Otros la controlan mediante la combinación de elementos como las fechas de siembra y variedades mejoradas.

Estas tendencias reflejan en gran medida el trabajo que realizan FEDEARROZ e ICA divulgando entre los arroceros las técnicas de manejo que les permiten optimizar el uso de insumos. Es obvio que los arroceros están interesados, como todos los agricultores, en reducir sus costos de producción.

El caso de Venezuela

Desde 1988, investigadores de la Asociación de Productores de Semilla Certificada de los Llanos Occidentales (APROSCELLO) y de la Fundación para el Desarrollo de la Región Centro-Oeste (FUDECO), en colaboración con el Programa de Arroz del CIAT, han venido realizando encuestas en el estado Portuguesa, una de las dos principales regiones productoras de arroz en Venezuela.

Los resultados preliminares de las encuestas muestran que los arroceros venezolanos están reduciendo sustancialmente las aplicaciones de agroquímicos, en particular después del drástico aumento de sus precios que siguió a la eliminación de subsidios por parte del gobierno.

Table 2. Percentage of farmers by number of agrochemical applications and by crop cycle, Venezuela.

Cuadro 2. Porcentaje de agricultores por número de aplicaciones de agroquímicos y por ciclo del cultivo, Venezuela.

Applications (no.)	1988 A	1988 B	1989 A	1989 B
Herbicides (%)				
0	0.0	0.0	0.0	1.9
1	88.2	97.3	92.7	84.6
2	11.8	1.4	7.2	11.5
3	0.0	1.4	0.0	1.9
>4	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Insecticides (%)				
0	0.0	36.0	5.7	40.4
1	11.6	25.3	30.0	28.8
2	23.2	29.3	22.9	25.0
3	40.6	9.3	18.6	5.8
>4	24.6	0.0	22.9	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Fungicides (%)				
0	1.4	44.0	70.0	94.2
1	37.7	40.0	21.4	3.8
2	33.3	12.0	1.4	0.0
3	23.2	2.7	7.1	1.9
>4	4.3	1.3	0.0	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

The figures are telling: during the first semester of 1988, all producers were applying some level of insecticides, whereas during the second semester of 1989, 40.4% did not apply at all. For fungicides, during the first semester of 1988, all rice growers were applying them,

Las cifras son dicientes. Mientras que en el primer semestre de 1988 todos los productores aplicaban algún nivel de insecticidas, en el segundo semestre de 1989, un 40.4% de ellos no hizo ninguna aplicación. En cuanto a los fungicidas, en el primer semestre de 1988 todos los agricultores los aplicaban, mientras que en

whereas during the second semester of 1989, 94.2% were not applying at all; there was not a single case of more than four applications per cropping cycle (Table 2).

IPM, one of the incentives

"It is very difficult to directly credit research and extension for the drop in the use of pesticides and the rationalization of their use," concludes Sanint, "as during the last decade, economic conditions have forced governments to reduce their subsidies to agrochemicals, and farmers themselves have had to tighten their belts. But one thing is certain: if there were no evidence that it is possible to reduce the use of inputs without sacrificing yields, it would have been very difficult for farmers to adopt certain input-saving practices."

These types of surveys, administered in a continuous fashion, are used for monitoring the impact of technology among producers. This results in very useful information for researchers because it provides tools for designing technological options that are more adequate to farmers' needs. In particular, preliminary survey results on the use of agrochemicals in Colombia and Venezuela seem to indicate that IPM has ample possibilities for improving rice growers' incomes and the quality of the environment and of their products. Research on this subject will continue to have high priority for national and international institutions.

el segundo semestre de 1989, un 94.2% de ellos no hizo ninguna aplicación; en ningún caso las aplicaciones sumaban más de cuatro por ciclo de cultivo (Cuadro 2).

MIP, un incentivo

"Es muy difícil atribuir directamente a la investigación y a la extensión el descenso en el uso de plaguicidas y la racionalización de su uso", concluye Sanint, "puesto que en la última década la situación económica ha obligado a los gobiernos a reducir los subsidios a los agroquímicos, así como a los agricultores a apretarse el cinturón. Pero una cosa es cierta: si no hubiera evidencia de que es posible reducir el uso de insumos sin sacrificar rendimientos, sería muy difícil que los agricultores adoptaran ciertas prácticas economizadoras de insumos".

Este tipo de encuestas, que se aplican de manera continua, sirven para seguir el paso al impacto de la tecnología entre los productores, lo cual brinda información muy útil para los investigadores, pues proporciona herramientas para el diseño de opciones tecnológicas más apropiadas para las necesidades de aquéllos. En particular, los resultados de las pruebas iniciales sobre el uso de agroquímicos en Colombia y Venezuela parecen indicar que el MIP tiene amplias posibilidades de mejorar los ingresos de los arroceros y la calidad del ambiente y del producto. Su investigación seguirá teniendo alta prioridad para las entidades nacionales e internacionales.

Erosion Control and Preservation of Soil Fertility: Trials in Asia and Latin America

Control de Erosión y Preservación de la Fertilidad de los Suelos: Ensayos en Asia y América Latina

Soil degradation results from nutrient exhaustion and/or erosion. It is usually associated with intensive cultivation of certain crops, which extract large quantities of soil nutrients, or with planting crops on easily erodible hillsides.

For both cases, cassava—traditionally grown on poor hillside soils—is often blamed. However, trial results indicate that appropriate cultural practices can protect soil planted with cassava, restore its fertility, and increase its productivity. These trials have been conducted by CIAT in various Asian countries and in Colombia, with the collaboration of the respective national programs.

Trials in Asia

In 1989, Asia produced 148 million tons of cassava, that is, 37% of the world's production. Thailand, with 23.5 million tons in 1989, is the world's largest producer, followed by Brazil; other important cassava-producing countries are Indonesia, India, China, and Vietnam.

Approximately 55% of Asian cassava is grown on Ultisols. These soils have low fertility—although higher than that of most Latin American Oxisols—and usually have low levels of organic matter, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium. Furthermore, when these soils are associated with a hilly topography, they can be highly susceptible to erosion, and thus easily degraded by continuous cassava cropping (Photo 1).

El empobrecimiento de los suelos por agotamiento de sus nutrientes o por erosión —o ambas causas— suele asociarse con el cultivo intensivo de ciertas especies, fuertes extractoras de elementos nutritivos del suelo, o con la siembra en terrenos de ladera fácilmente erosionables.

Frecuentemente, en uno y otro caso, se señala a la yuca —cultivo tradicional en suelos pobres de ladera— como culpable. Sin embargo, ensayos realizados por el CIAT en varios países asiáticos y en Colombia, con la colaboración de los respectivos programas nacionales, indican que las prácticas adecuadas de cultivo pueden proteger el suelo plantado con yuca, restaurar su fertilidad, y aumentar su productividad.

Ensayos en Asia

En 1989 Asia produjo 148 millones de toneladas de yuca, o sea, 37% de la producción mundial. Tailandia, con 23.5 millones de toneladas en 1989, es el mayor productor entre los países asiáticos y en el mundo, seguido por Brasil. Indonesia, India, China y Vietnam son también productores importantes de yuca.

Aproximadamente 55% de la yuca asiática se cultiva en Ultisoles. Estos son suelos de baja fertilidad —aunque mayor que la de muchos Oxisoles de América Latina— generalmente escasos en materia orgánica, y con bajas reservas de fósforo, potasio, calcio y magnesio. Además, cuando tienen una topografía ondulada, pueden ser muy susceptibles a la erosión, por lo cual el cultivo continuo de la yuca los degrada fácilmente (Foto 1).

1 Severe gully erosion in a cassava field at Sriracha, Thailand.

1 Erosión severa de cárcava en un campo de yuca en Sriracha, Tailandia.

2 Erosion control trial at the Sriracha station. Fertilized plot (background); unfertilized plot (left foreground). The ditches lined with plastic collect waterborne soil, which is weighed monthly to measure loss by erosion. In long-term experiments, the ditches may be lined with brick or cement. Somyot Putthacharoen, from Kasetsart University, Thailand, examines the experiment.

2 Ensayo de control de erosión en la estación experimental Sriracha. Al fondo, una parcela fertilizada, y al frente, izquierda, una sin fertilizar. En las zanjas cubiertas con plástico se recoge el suelo arrastrado por el agua, y se pesa cada mes para medir la pérdida por erosión. Para experimentos a largo plazo, las zanjas pueden recubrirse con ladrillo o cemento. Somyot Putthacharoen, de la Universidad de Kasetsart, Tailandia, examina el ensayo.



1



2

Since 1987, soil scientist Reinhardt Howeler, from CIAT's Cassava Program, has been collaborating with cassava researchers from the agricultural institutes of nine Asian countries. Their aim has been to develop cultural practices that reduce soil erosion and maintain soil fertility in cassava fields. Research projects have been set up in China, the Philippines, Indonesia, Vietnam, Thailand, and Malaysia to study erosion intensity and cultural practices to control it (Photo 2).

Cultural practices for erosion control

Among the practices tested with positive results in Asian countries are fertilizer application, minimal tillage,

Desde 1987, el edafólogo del Programa de Yuca del CIAT, Reinhardt Howeler, ha colaborado con investigadores de yuca de los institutos agrícolas de nueve países asiáticos. Su propósito es desarrollar prácticas de cultivo que reduzcan la erosión y conserven la fertilidad del suelo en los cultivos de yuca. Se han establecido proyectos de investigación en China, Filipinas, Indonesia, Vietnam, Tailandia, y Malaysia para estudiar la intensidad de la erosión y las prácticas de cultivo que la controlan (Foto 2).

Prácticas de cultivo para control de la erosión

Entre las prácticas ensayadas con resultados positivos en los países asiáticos están la fertilización, la labranza mínima,



3 Live barriers of *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 can reduce runoff and control erosion. Wang Sunang, Zhang Weite, and Fang Baiping observe trials in Hainan, conducted by the South China Academy of Tropical Crops, China.

3 Las barreras vivas de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 han reducido la escorrentía y controlado la erosión. Wang Sunang, Zhang Weite y Fang Baiping observan el ensayo que la South China Academy of Tropical Crops adelanta en Hainan, China.

3

contour ridging, subsoiling, closer plant spacing, intercropping, mulching, and planting live barriers of grasses, legumes (Photo 3), or hedgerow trees.

Fertilization of cassava grown on poor soils markedly increased yields and effectively controlled erosion through the rapid development of the cassava canopy, which helped protect the soil from the impact of raindrops.

Conventional land preparation (plowing followed by harrowing), although it leads to higher yields, usually causes severe soil erosion, unless it is followed by contour ridging. Contour ridging is usually very effective in reducing erosion (Table 1), except on steep slopes in areas of heavy rainfall; if too much water accumulates behind the ridges, these may break and cause gully erosion.

los caballones levantados siguiendo las curvas de nivel, el laboreo profundo (subsolada), la menor distancia entre plantas, los cultivos intercalados, las coberturas de residuos vegetales ('mulching'), las barreras vivas de pastos, leguminosas (Foto 3) o arbustos de seto.

La fertilización de la yuca plantada en suelos muy pobres aumentó notablemente el rendimiento y controló eficazmente la erosión. Esto se debió a que el dosel de follaje se desarrolló rápidamente y protegió el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia.

La preparación convencional del terreno (arada seguida de pase de rastrillo), aunque permite obtener un rendimiento más alto del cultivo, puede erosionar gravemente el suelo si no se complementa con caballones a lo largo de las curvas de nivel. Esta última práctica suele ser muy efectiva para reducir la erosión (Cuadro 1), excepto en áreas de pendiente fuerte y alta precipitación; en efecto, si se acumula mucha agua detrás de los caballones, éstos pueden derrumbarse ocasionando erosión de cárcava.

Table 1. Effect of land preparation methods on soil erosion and on cassava (cv. SC 205) fresh-root yields, 1989. The trial site, in Hainan, China, has a 25% slope.

Cuadro 1. Efecto del método de preparación del terreno en la pérdida de suelo por erosión y en el rendimiento de raíces frescas de yuca (cv. SC 205), en 1989. El predio, situado en Hainan, China, tenía 25% de pendiente.

Treatment	Fresh-root yields (Rendim. raíces) (t/ha)	Soil loss (Pérdida suelo) (t/ha)
Full preparation (2 plowings, 2 diskings, contour ridging) [Preparación completa (2 aradas, 2 pases de rastrillo de discos, caballones según curvas de nivel)]	26.3	71
Moderate soil preparation (2 plowings, 2 diskings, no ridging) [Preparación intermedia (2 aradas, 2 pases de discos, sin caballones)]	26.0	141
Minimal preparation (1 plowing, no ridging) [Preparación mínima (1 arada, sin caballones)]	21.3	91
A 4-m-wide plowed strip alternating with a 1-m-wide strip without preparation (Franja arada de 4 m de ancho alternando con franja sin preparar de 1 m de ancho)	23.5	145
A 2-m-wide plowed strip alternating with a 0.5-m-wide strip without preparation (Franja arada de 2 m de ancho alternando con franja sin preparar de 0.5 m de ancho)	22.6	82
Preparation by hoeing of planting sites only (Preparación con azadón únicamente del sitio de siembra)	25.5	38
No preparation (Ninguna preparación)	22.6	60

Soil fertility trials

Asian soils that produce cassava usually have low levels of organic matter. To maintain fertility, practices, such as intercropping with grain legumes, incorporating green manure, or

Ensayos sobre fertilidad del suelo

Los suelos cultivados con yuca en Asia suelen tener niveles bajos de materia orgánica. Para mantener su fertilidad, se han ensayado prácticas tales como intercalar una leguminosa de grano, incorporar

under-cropping with perennial legumes, have been tried in Thailand, Indonesia, Vietnam, and the Philippines, with varying results.

When a green manure crop is used, it is usually planted at the beginning of the rainy season. After incorporation, cassava is planted in the middle or at the end of the rainy season. In areas with a long dry season, as in Thailand, the rainy season is not sufficiently long for planting both the green manure and cassava, resulting in very low cassava yields. This practice, therefore, is useful only where the rainy season is long or where the cassava harvest can be postponed until the end of the following rainy period (15 to 18 months after planting).

When cassava is planted into an already established legume cover crop, the soil is protected from erosion, but cassava yields generally decrease because of severe competition from the legume. With less aggressive legumes, such as *Arachis pintoi*, the drop in cassava yields is slight, but with highly productive legumes, such as *Stylosanthes guianensis*, it is considerable. The legumes' deep roots strongly compete with cassava for water during droughts.

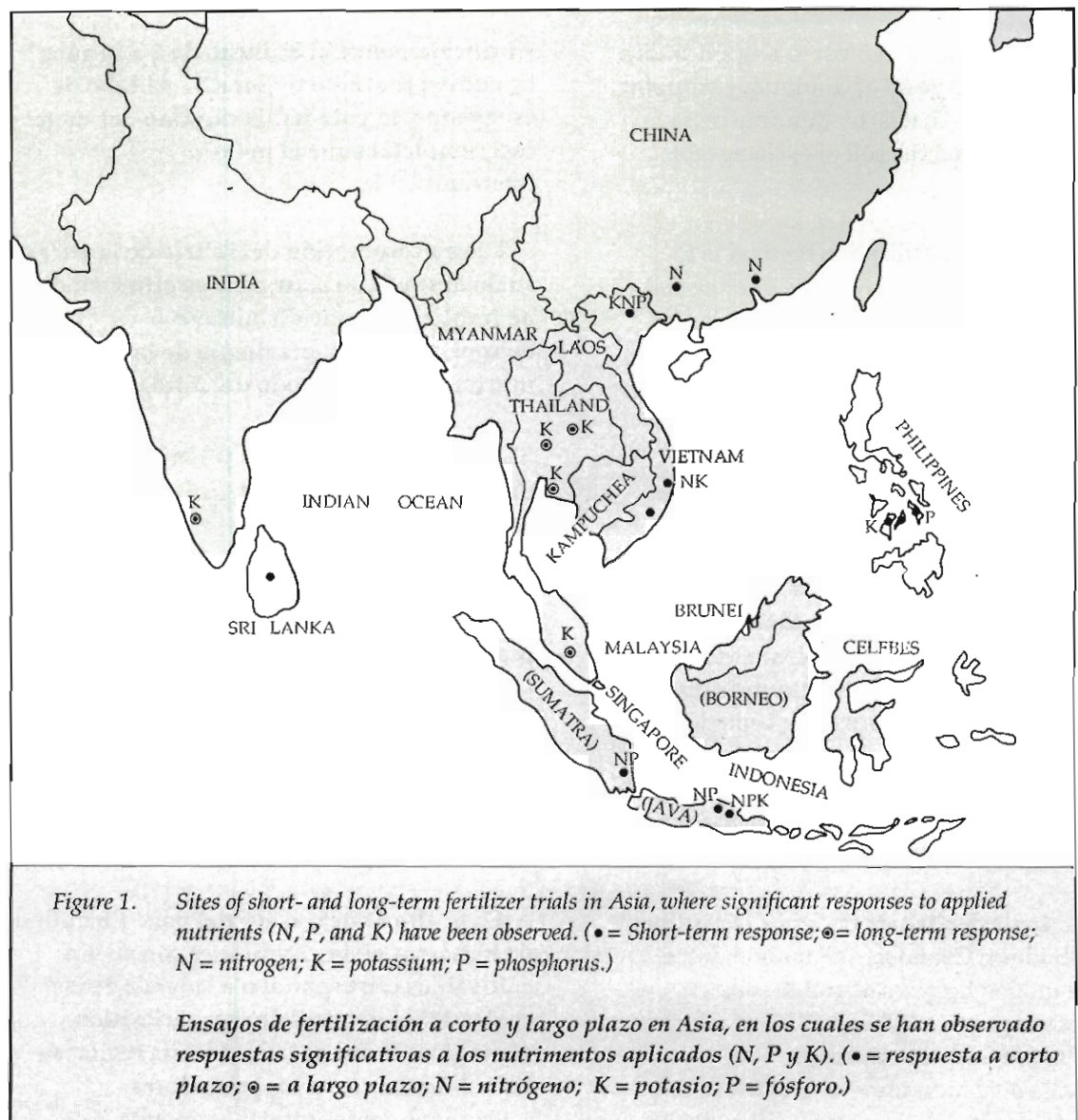
The short-term (1 or 2 years) crop response to fertilizer application often differs from the long-term response (8 to 12 years). In order to determine both these responses for cassava, 13 trials were set up in seven Asian countries.

abono verde, o plantar la yuca junto con leguminosas perennes de porte bajo. Estos sistemas se ensayaron en Tailandia, Indonesia, Vietnam y Filipinas con resultados variables.

Cuando se incorpora un abono verde, éste suele sembrarse al comienzo de la época lluviosa, y después de su incorporación se planta la yuca en la mitad o al final de la época lluviosa. Si la estación seca es larga, como ocurre en Tailandia, la duración de las lluvias no es suficiente para ambos cultivos, y el rendimiento de la yuca será probablemente muy bajo. Por tanto, esta práctica es útil donde el invierno sea largo o donde la cosecha de la yuca pueda diferirse hasta el final del siguiente período lluvioso (15 a 18 meses después de la siembra).

Cuando la yuca se planta dentro de un cultivo ya establecido de leguminosa de cobertura, el suelo se protege contra la erosión, pero el rendimiento de la yuca suele decrecer por la fuerte competencia de la leguminosa. Si ésta es poco agresiva, como *Arachis pintoi*, el descenso en el rendimiento de la yuca es pequeño, pero será considerable si la leguminosa es de alta producción, como *Stylosanthes guianensis*. Las raíces profundas de las leguminosas competirán fuertemente con la yuca por el agua del suelo durante los períodos de sequía.

En un plazo corto (uno o dos años), la respuesta de un cultivo a la aplicación de fertilizante difiere, con frecuencia, de la que se obtendría en un período largo (8 a 12 años). Para determinar estas dos respuestas en la yuca a corto y largo plazo, se montaron 13 ensayos en siete países asiáticos.



Three major nutrients—nitrogen, phosphorus, and potassium—were applied at four levels in various combinations. Figure 1 shows trial sites where cassava responded positively to these nutrient applications.

In most long-term trials, which have been conducted by various national programs in five Asian locations (Figure 1), cassava

Se aplicaron los nutrimentos mayores—nitrógeno, fósforo y potasio— en cuatro niveles y combinaciones diferentes. La Figura 1 muestra la ubicación de los ensayos y los nutrimentos cuya aplicación obtuvo respuesta positiva.

En la mayor parte de los ensayos de largo plazo, manejados por varios programas nacionales en cinco localidades de Asia (Figura 1), la yuca respondió siempre,

always responded most to K applications after 5 to 10 years of continuous cropping (Figure 2). That is, by this time cassava had depleted the soil of exchangeable potassium.

Another fertilization method is to reincorporate cassava tops into the soil after harvest, thereby significantly reducing nutrient depletion, especially that of nitrogen.

Soil management to reduce erosion on Colombian hillsides

In Colombia, about 40% of the territory comprises hillsides, and about 50% of the rural population lives in these areas. Erosion is a serious problem and, in certain areas, soil productivity is difficult to recover. According to a United Nations report (cited by L. R. Brown, Worldwatch Paper no. 24, Washington, D.C.), Colombia is losing 3.7 tons of soil per hectare each year.

In the highlands of Cauca Department, southern Colombia, 1.8 million of the 2 million hectares of arable soils correspond to hillsides, 45% of which are eroded and, in some cases, severely. The village of Mondomo is situated in this region. Its inhabitants traditionally grow cassava on small farms for home consumption and starch production.

Located at 1500 m.a.s.l., with a mean temperature of 20 °C, Mondomo receives 1400 mm of rain per year in a bimodal pattern; short and intense rainstorms are frequent. Low-fertility, very acid Inceptisols predominate; these may have as much as 80% Al saturation, and are

y principalmente al K, luego de 5 a 10 años de cultivo continuo (Figura 2). Al cabo de ese tiempo, la yuca había extraído del suelo casi completamente el potasio intercambiable.

La reincorporación del follaje de la yuca al suelo después de la cosecha es otro método de fertilización que disminuye enormemente el agotamiento de los nutrientes, sobre todo del nitrógeno.

Manejo de los suelos para reducir la erosión en laderas de Colombia

Cerca del 40% del territorio colombiano está ocupado por laderas, y en esa área habita el 50% de la población rural. La erosión es un problema serio en esas zonas, y en algunas la productividad original es difícil de recuperar. Según un informe de las Naciones Unidas publicado en 1978 (citado por L. R. Brown, Worldwatch Paper no. 24, Washington, D.C.), Colombia pierde 3.7 toneladas de suelo por hectárea cada año.

En el alto Cauca, al sur del país, 1.8 millones de hectáreas de los 2 millones con suelos cultivables corresponden a laderas, de las cuales 45% tienen algún tipo de erosión, algunas en forma severa. En esta región se halla Mondomo, cuyos pobladores tradicionalmente cultivan yuca en minifundios para el consumo y para la elaboración de almidón de yuca.

Localizado a 1500 m.s.n.m. y con una temperatura media de 20 °C, Mondomo recibe 1400 mm de lluvia al año según un patrón bimodal; son frecuentes los aguaceros cortos e intensos. Predominan allí los Inceptisoles muy ácidos de baja fertilidad; éstos pueden tener hasta 80% de saturación de Al, y un contenido relativamente alto

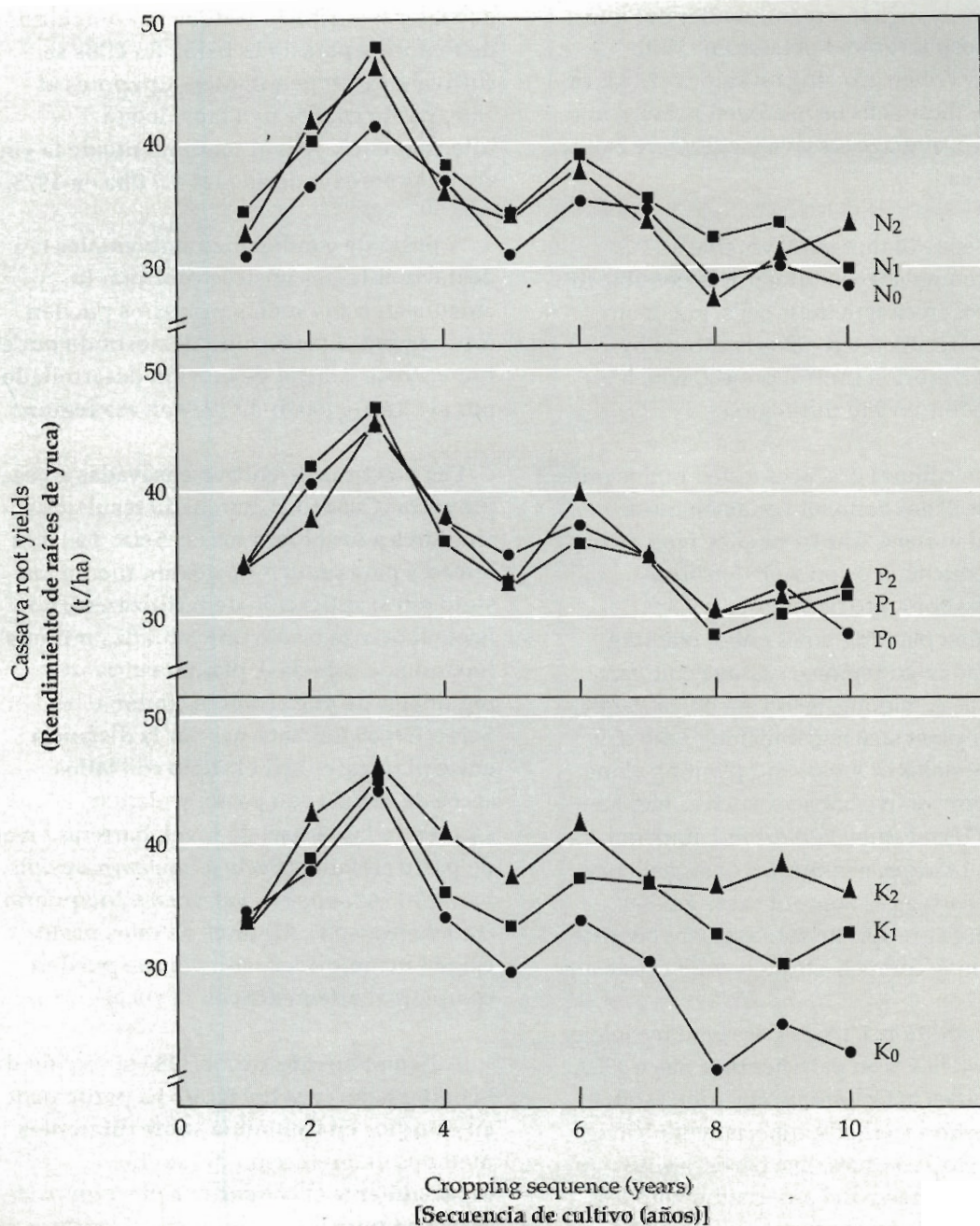


Figure 2. Cassava's response to three levels of N, P, and K during 10 years of continuous cropping at Serdang, Malaysia. (Averages of nine treatments.) Note the long-term response to potassium. (S. K. Chan, personal communication.)

Respuesta de la yuca a tres niveles de N, P y K durante 10 años de cultivo continuo, en Serdang, Malaysia (promedio de nueve tratamientos). Nótese la respuesta de largo plazo al potasio. (S. K. Chan, comunicación personal.)

relatively high in organic matter but low in phosphorus and potassium. With cassava often growing on slopes of 15% or more, these soils have eroded heavily, and, in 1975, average cassava yields were barely 4.5 t/ha.

In spite of these unfavorable environmental conditions, it is possible to control erosion in these soils, and many can be recuperated. This is shown by CIAT's erosion control project, which started in 1979 in this region.

The cultural practices tested in this project (Table 2) gave similar results to those tested in Asia. The most effective practices for reducing erosion were fertilizer application, zero or minimal tillage (digging planting holes only); planting well-adapted regional cassava cultivars, such as Algodona, Selección 40, or Batata; closer plant spacing; mulching with dry maize stalks or grass; and planting along contours of live barriers, such as elephant grass (*Pennisetum purpureum*), imperial grass (*Axonopus scoparius*), or signal grass (*Brachiaria* sp.). Some of these grasses require appropriate management because they may compete strongly with cassava.

In addition, CIAT's Cassava Physiology Section has been participating, since 1987, in studies in Colombia on various soil protection methods, especially mulching with crop residues, live barriers with elephant grass, and association with less competitive forage legumes (see CIAT Cassava Program Annual Reports, 1988 to 1990). The studies are being carried out through a special project financed by the Government of Germany (GTZ/MBZ) and supported by the University of Hohenheim (Box 1).

de materia orgánica, aunque su contenido de fósforo y potasio es bajo. En ellos se cultiva yuca en pendientes superiores al 15%, por lo cual se han erosionado intensamente. Allí el rendimiento de la yuca era en promedio de apenas 4.5 t/ha en 1975.

A pesar de condiciones ambientales tan desfavorables, es posible controlar la erosión en estos suelos y muchos pueden recuperarse. Esto ha sido demostrado por el proyecto de control de erosión desarrollado por el CIAT a partir de 1979 en esa región.

Las prácticas de cultivo ensayadas en ese proyecto (Cuadro 2), han dado resultados similares a los obtenidos en Asia. Las más eficaces para reducir la erosión fueron las siguientes: aplicación de fertilizantes; no hacer labranza o sólo una labranza mínima (método de cajuelas); plantar cultivares regionales de yuca como Algodona, Selección 40 o Batata; acortar la distancia entre plantas; cubrir el suelo con tallos secos de maíz o con pasto; y plantar, siguiendo las curvas de nivel, barreras vivas de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), imperial (*Axonopus scoparius*) o braquiaria (*Brachiaria* sp.). Algunos de estos pastos exigen manejo adecuado porque pueden competir fuertemente con la yuca.

Adicionalmente, desde 1987 la sección de Fisiología de Yuca del CIAT ha participado en estudios en Colombia sobre diferentes métodos de protección del suelo, especialmente la cobertura con residuos de cosecha ('mulch'), las barreras vivas de pasto elefante, y la asociación de la yuca con leguminosas forrajeras poco competitivas (ver Informes Programa de Yuca, CIAT, 1988 a 1990). Estos estudios se están realizando por intermedio de un proyecto especial financiado por el Gobierno de Alemania (GTZ/MBZ) y apoyado por la Universidad de Hohenheim (Recuadro 1).

Table 2. Effect of various cultural practices on cassava fresh-root yields and soil losses from erosion in two trials on farmers' fields, Mondomo, Cauca, Colombia.

Cuadro 2. Efecto de varias prácticas de cultivo en el rendimiento de raíces frescas de yuca y en la pérdida de suelo por erosión en dos ensayos en fincas de agricultores, Mondomo, Cauca, Colombia.

Cultural practice (Práctica de cultivo)	Fresh-root yields (Rendim. raíces) (t/ha)	Dry soil loss (Pérdida suelo seco) (t/ha)
<i>Las Pilas, 40% slope (pendiente)</i>		
Oxen plowing, with fertilizers (Arada con bueyes, más fertilizantes)	31.7	1.82
Oxen plowing, without fertilizers (Arada con bueyes, sin fertilizantes)	10.5	6.45
Preparation of planting sites, with fertilizers (Preparación sitios de siembra, más fertilizantes)	18.7	1.15
Preparation of planting sites, without fertilizers (Preparación sitios de siembra, sin fertilizantes)	3.9	2.49
No soil preparation, with fertilizers (Sin preparación, con fertilizantes)	13.5	0.82
Oxen plowing + fertilizer, imperial grass ^a barriers (Arada con bueyes, más fertilizante, y barreras de pasto imperial ^a)	23.3	1.28
Oxen plowing + fertilizer, elephant grass ^b barriers (Arada con bueyes, más fertilizantes, y barreras de pasto elefante ^b)	7.3	2.52
Oxen plowing + fertilizer, intercropped with beans ^c (Arada con bueyes, más fertilizantes, intercalando frijol ^c)	26.4	2.00
Oxen-plowed, 1-m-wide strips, alternating with 1-m-wide unprepared strips (Arada con bueyes de franjas de 1 m de ancho alternando con franjas sin preparar de 1 m de ancho)	12.0	0.84
<i>Agua Blanca, 40% slope (pendiente)</i>		
Oxen plowing, with fertilizers (Arada con bueyes, más fertilizantes)	13.6	22.9
Oxen plowing, without fertilizers (Arada con bueyes, sin fertilizantes)	6.9	35.9
No soil preparation, with fertilizers (Sin preparación, con fertilizantes)	17.6	9.8
Oxen plowing + fertilizer, mulch with maize residues (Arada con bueyes, más fertilizantes, y cobertura de residuos de maíz)	15.9	15.1

(Continued)

Table 2. (Continued). (Continuación.)

Cultural practice (Práctica de cultivo)	Fresh-root yields (Rendim. raíces) (t/ha)	Dry soil loss (Pérdida suelo seco) (t/ha)
Oxen plowing + fertilizer, signal grass ^d barriers (Arada con bueyes, más fertilizantes, y barreras de braquiaria ^d)	13.3	9.8
Oxen plowing + fertilizer, imperial grass ^a barriers (Arada con bueyes, más fertilizantes, y barreras de pasto imperial ^a)	15.8	18.9
Oxen-plowed, 1-m-wide strips, alternating with 1-m-wide unprepared strips (Arada con bueyes de franjas de 1 m de ancho alternando con franjas sin preparar de 1 m de ancho)	15.6	14.1
Oxen plowing + fertilizer, cassava spaced at 80 x 80 cm (Arada con bueyes, más fertilizantes, y plantas a 80 x 80 cm)	15.9	15.1

a. *Axonopus scoparius*b. *Pennisetum purpureum*c. *Phaseolus vulgaris*, var. Carioca or BAT 1597d. *Brachiaria humidicola*

Impact

By 1989, average cassava yields in Cauca Department had reached 8 t/ha. By adopting some of the agronomic practices mentioned, some farmers have obtained yields of over 20 t/ha.

Moreover, several regional and national development institutions, such as the CVC (Cauca Valley Regional Corporation), DRI (Integrated Rural Development Program), CETEC (Corporation for Interdisciplinary Studies and Technical Assistance), FUNDAEC (Foundation for the Application and Teaching of Science), and Cauca's Cassava Growers' Cooperative, have realized the importance of erosion control in this region (Box 2). "The intention of these organizations," comments Luis Fernando Cadavid, CIAT's associate researcher in cassava physiology, "is to translate basic research into practices applicable to specific farmer conditions."

Repercusiones

El promedio del rendimiento de la yuca en Cauca llegó en 1989 a 8 t/ha. Con las prácticas agronómicas señaladas, algunos agricultores han obtenido rendimientos superiores a 20 t/ha.

Adicionalmente, varias instituciones regionales y nacionales de desarrollo, como la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle de Cauca), el DRI (Desarrollo Rural Integrado), CETEC (Corporación para Estudios Interdisciplinarios y Asesoría Técnica), FUNDAEC (Fundación para la Aplicación y Enseñanza de las Ciencias), y la Cooperativa de Yuqueros del Cauca, han comprendido la importancia del control de la erosión en esa zona (Recuadro 2). "La intención de estas entidades —comenta Luis Fernando Cadavid, investigador asociado en Fisiología de Yuca del CIAT— es convertir la investigación básica realizada en prácticas aplicables a las condiciones concretas del agricultor".

Soil protection and recovery: The GTZ/MBZ/University of Hohenheim Project

Protección y recuperación de suelos: Proyecto GTZ/MBZ/Universidad de Hohenheim



1

1 A severely degraded soil on a 25% to 30% slope at CIAT-Quilichao, Cauca, is planted with live barriers of vetiver and lemongrass, and some grasses and legumes in between. The soil is fertilized with 4 kg/ha of phosphorus. Only *Brachiaria humidicola*, with its vigorous stolons, was able to establish itself.

1 En un suelo muy degradado con 25% a 30% de pendiente (en CIAT Quilichao, Cauca), se plantan barreras vivas de vetiver y limoncillo, y entre ellas algunas gramíneas y leguminosas. Se fertiliza con 4 kg/ha de fósforo. Solamente *Brachiaria humidicola* logró afianzarse gracias a sus vigorosos estolones.

2 Contour ridging is used for planting cassava, together with live barriers of imperial grass (*Axonopus scoparius*) every 10 m.

2 Se levantan caballones siguiendo las curvas de nivel (centro) para sembrar la yuca, y también se plantan barreras vivas de pasto imperial cada 10 m.



2

3 Cover legumes, including kudzu and *Arachis pintoi*, are also being tested.

3 Se ensayan además leguminosas de cobertura como kudzú, *Arachis pintoi* y otras.

4 An experimental plot at CIAT-Quilichao where cassava is planted against the slope and the soil is protected with live barriers of elephant grass (*Pennisetum purpureum*). Note the ditch which collects water and soil at the far end of the plot, to measure runoff and soil erosion.

4 Lote experimental en CIAT-Quilichao: la yuca se planta contra la pendiente y el suelo se protege con barreras vivas de pasto elefante. Nótese la zanja recolectora de agua y suelo al extremo del lote para medir la escorrentía y la erosión del suelo.



3

4



Erosion control at Mondomo, Cauca Control de erosión en Mondomo, Cauca



1 The hillside on this farm has a slope of around 45%. The owner plants cassava in strips between 15 and 20 m wide, separated by live barriers of lemongrass (a grass with medicinal properties). The barriers slow down runoff and retain eroded soil, thus initiating natural terrace formation.

1 La ladera en este predio tiene cerca de 45% de pendiente. El propietario siembra yuca en franjas de 15 a 20 m de ancho, separadas por barreras vivas de limoncillo (gramínea de uso medicinal). Estas barreras desaceleran el agua de escorrentía y retienen el suelo erosionado, iniciándose así la formación de terrazas naturales.

2 A totally eroded hillside after five years of unprotected cropping.

2 Ladera totalmente erosionada, después de cinco años de cultivo sin protección.



3 The Cauca Valley Regional Corporation (CVC) demonstrates the recuperation of eroded soils by constructing retaining walls with "guadua" (*Guadua angustifolia*, Bambuseae) in ditches and gullies and planting *Pinus patula*.

3 La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) demuestra que es posible recuperar suelos erosionados construyendo barreras de guadua (*Guadua angustifolia*, Bambuseae) en las zanjas o comienzos de cárcava, y plantando *Pinus patula*.

Tropical Forage Species: Their Contribution to Nutrient Recycling in Savanna Ecosystems

Especies Forrajeras Tropicales: Su Contribución al Reciclado de Nutrientes en los Ecosistemas de Sabana

In 1882, H. Joulie wrote: "It is preferable to alternate the cultivation of roots and cereals with that of grass leys so as to repair by the second the loss of nitrogen which the first cause to the soil. By this means, cultivation can be kept up indefinitely without purchased nitrogen." This statement is as valid today as it was over one hundred years ago.

In natural ecosystems, especially those of tropical forests, nutrient recycling is usually very efficient. Nutrient losses are balanced by the addition of elements from the atmosphere and weathering of the soil's parental material. Conversely, in agricultural systems, the cycle is altered by the removal of nutrients by plant products, leaching, and soil erosion. Losses are smaller in pastures, hence their use in maintaining soil fertility, as well as for their productive function.

Since 1989, CIAT's Tropical Pastures scientists Richard Thomas, Miguel Ayarza, Idupulapati Rao, and their colleagues, have been studying nutrient recycling and related mechanisms in pastures at the Colombian national research center at Carimagua. The scientists are characterizing some of the biotic and abiotic components of this process in pastures tolerant of soil acidity.

Pastures and nutrient recycling

Pasture researchers have demonstrated that grazing animals remove fewer nutrients from the soil than do crops.

En 1882 H. Joulie escribió: "Es preferible alternar los cultivos de raíces y cereales con campos de gramíneas, ya que estas últimas reparan, en parte, las pérdidas de nitrógeno ocasionadas en el suelo por los primeros. Con este sistema es posible cultivar en forma indefinida sin la aplicación de nitrógeno". Este enunciado es hoy tan válido como lo fue hace más de cien años.

En los ecosistemas naturales, en especial en los bosques tropicales, el reciclado de nutrientes es muy eficiente. Las pérdidas de éstos se equilibran con la adición de elementos procedentes de la atmósfera y con la meteorización del material original del suelo. En los sistemas agrícolas, por el contrario, este ciclo es alterado por la remoción de nutrientes que hacen las plantas y por la lixiviación y erosión del suelo. En las pasturas las pérdidas son menores, por lo cual se han utilizado, además de su función productiva, para mantener la fertilidad de los suelos.

Desde 1989 los científicos del Programa de Pastos Tropicales, Richard Thomas, Miguel Ayarza, Idupulapati Rao, y sus colegas, estudian el reciclado de nutrientes y los mecanismos relacionados en pasturas del Centro Nacional de Investigaciones (CNI) Carimagua en Colombia. Allí están caracterizando algunos de los componentes bióticos y abióticos de este proceso en pasturas tolerantes a la acidez del suelo.

Las pasturas y el reciclado de nutrientes

Los investigadores en pasturas han demostrado que la remoción de nutrientes del suelo por los animales en pastoreo es reducida en comparación con la remoción que hacen los cultivos.

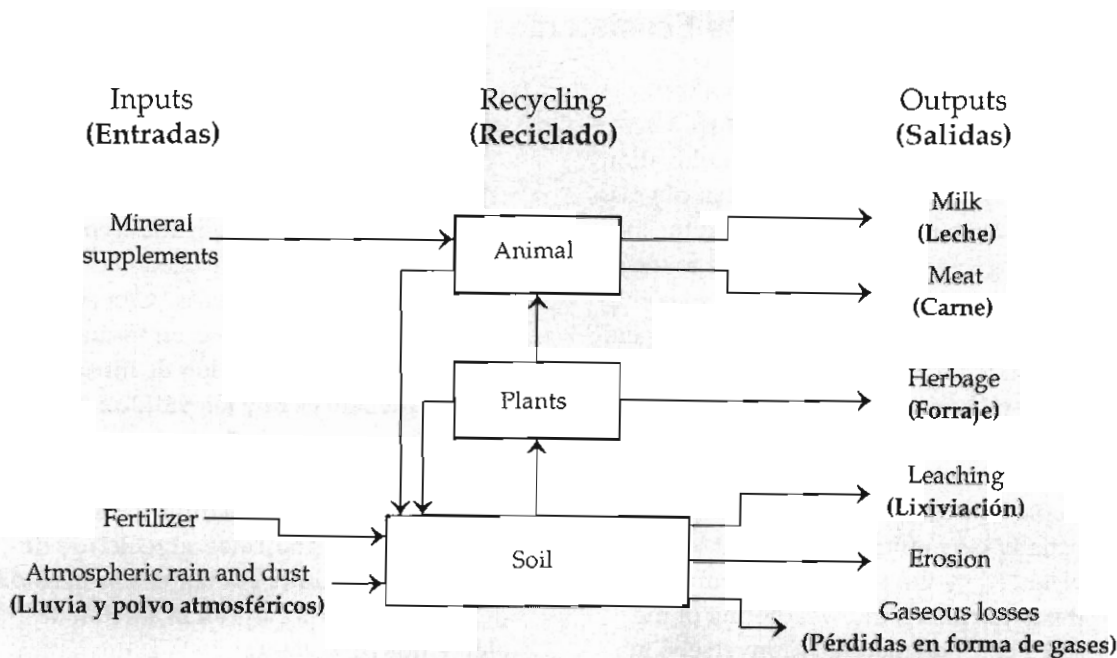


Figure 1. Basic concepts of nutrient recycling in tropical savannas.

Conceptos básicos en el reciclado de nutrimentos en las sabanas tropicales.

Animals retain only a small proportion, about 20%, of the nutrients that they ingest, and the rest is returned to the soil through excreta. However, it has been established that some of those nutrients, especially nitrogen and potassium, can be lost from the excreta through volatilization and/or leaching at rates according to environmental conditions. These concepts and their application to nutrient recycling in tropical savannas are illustrated in Figure 1.

Los animales retienen sólo una porción pequeña—alrededor de 20%—de los nutrimentos que ingieren y el resto lo retornan al suelo con las excretas. Sin embargo, está demostrado que algunos de los nutrimentos, especialmente nitrógeno y potasio, pueden perderse de estas excretas por volatilización y/o lixiviación, según las condiciones ambientales. Estos conceptos y su aplicación en el reciclado de nutrimentos en las sabanas tropicales se ilustran en la Figura 1.

Figure 2 simulates nitrogen recycling in a *Brachiaria dictyoneura*-*Arachis pintoi* pasture that produces 22 t/ha of dry matter annually. In this example, the grazing animal consumes 126 kg of N, of which it utilizes 13 kg to increase its weight; the rest is excreted in feces and urine, although a large proportion can be volatilized, denitrified, or immobilized

La Figura 2 simula el reciclado de nitrógeno en una pastura de *Brachiaria dictyoneura*-*Arachis pintoi* que produce anualmente 22 t/ha de materia seca. En este ejemplo, el animal en pastoreo consume 126 kg de N, de los cuales utiliza 13 kg para aumentar de peso; el resto se evacúa en las heces y en la orina, aunque en alta proporción puede volatilizarse, denitrificarse o inmovilizarse

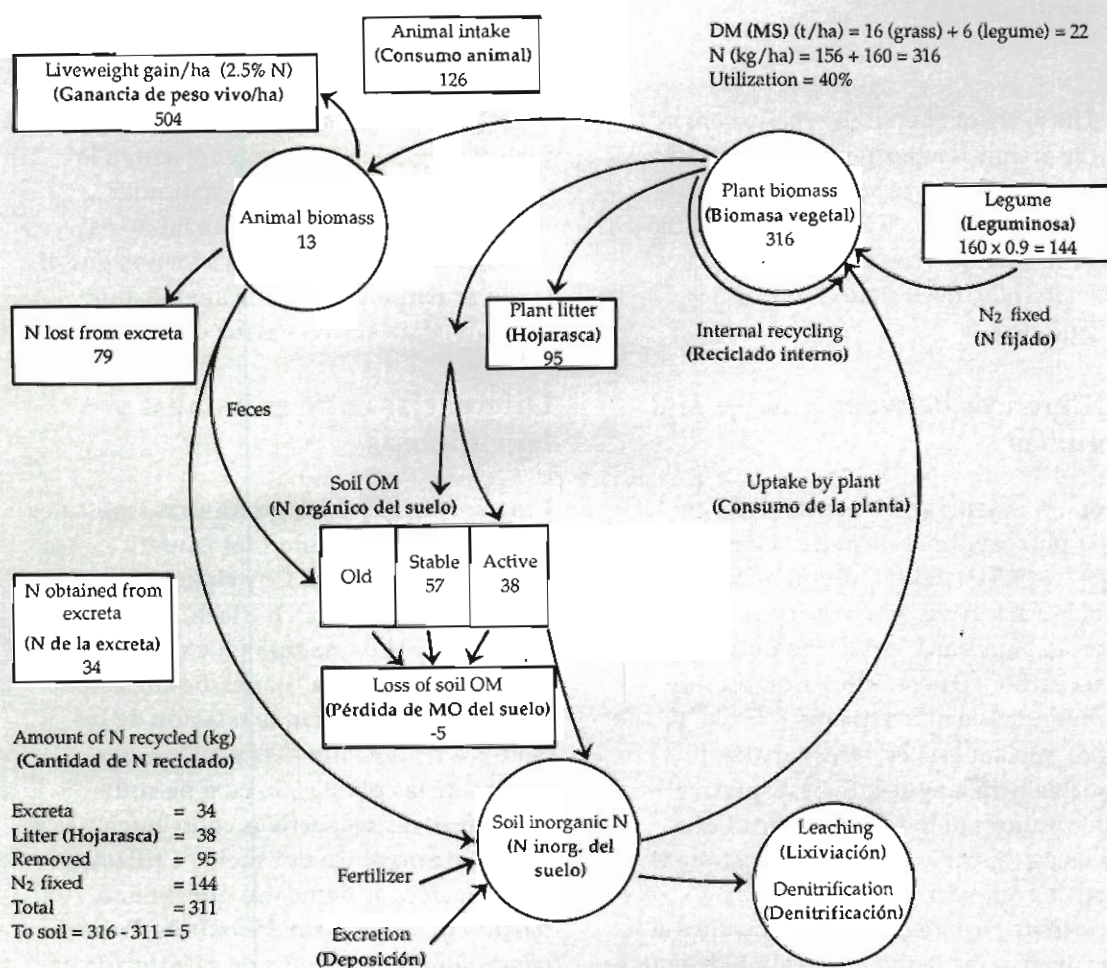


Figure 2. Annual nitrogen cycle in a *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi* pasture, Carimagua, Colombia. (DM = dry matter; OM = organic matter.)

Ciclo anual del nitrógeno en una pastura *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi*, Carimagua, Colombia. (MS = materia seca; MO = materia orgánica.)

in organic matter and thus cannot be re-used by plants. In this example, legumes partly recover these losses through biological nitrogen fixation so that the soil organic matter has only to supply 5 kg of N to maintain the system's stability. In the absence of forage legumes, that organic matter would have to supply approximately 149 kg of N (144 + 5) to balance the N cycle. Obviously, this loss in soil reserves is not sustainable over the long term.

en la materia orgánica, no siendo así reusable por las plantas. En este caso, estas pérdidas son parcialmente recuperadas por las leguminosas mediante la fijación biológica de N, por lo cual la materia orgánica del suelo sólo tiene que suministrar 5 kg de N para mantener la estabilidad del sistema. En ausencia de las leguminosas forrajeras, esa materia orgánica tendría que proveer aproximadamente 149 kg de N (144 + 5) para equilibrar el ciclo de este nutriente. Lógicamente, esta pérdida en las reservas del suelo no es sostenible a largo plazo.

The 57 kg of N entering the system as stable organic matter represent the pasture's capacity to accumulate this nutrient (Figure 2). It is not usable in the short term unless the soil is disturbed mechanically, for instance, in planting upland rice.

Differences between grasses and legumes

Tropical grasses and legumes differ in their photosynthetic activity. Grasses are type C₄ plants and fix carbon by the Hatch-Slack cycle, whereas legumes are type C₃ plants and utilize the Calvin cycle to fix carbon. These differences modify carbon isotope ratios (that is, ¹³C to ¹²C ratio) in plant tissues, which makes it possible to distinguish their respective contributions to the soil organic matter. By using this ratio, it was demonstrated that, in a ten-year-old *Brachiaria decumbens*-*Pueraria phaseoloides* pasture at Carimagua, the legume contributed about 17% to the organic carbon found in the top 10 cm of the soil. Such a contribution to the system was associated with a yield increase of 1.7 t/ha in a rice crop that was subsequently planted in the same field, with no nitrogen application. In contrast, the yields of a rice crop planted after *Brachiaria* alone were not as high.

There is also a big difference in the decomposition of plant litter between grasses and legumes. Compared with grasses, legumes release more nitrogen, and have wider ranges of nutrient release patterns over time than grasses (Photo 1).

Los 57 kg de N que entran al sistema como materia orgánica estable representan la capacidad de la pastura de acumular nutrimento (Figura 2). Como tal no es aprovechable a corto plazo a menos que el suelo se remueva mecánicamente, por ejemplo, para cultivar arroz de secano.

Diferencias entre gramíneas y leguminosas

Las gramíneas y las leguminosas tropicales difieren en su actividad fotosintética. Las primeras son de tipo C₄ y fijan carbono mediante el ciclo Hatch-Slack, mientras que las segundas son de tipo C₃ y utilizan el ciclo de Calvin para fijar carbono. Estas diferencias modifican la relación de los isótopos de carbono (¹³C y ¹²C) en los tejidos de las plantas, lo cual permite distinguir sus respectivas contribuciones a la materia orgánica del suelo. Utilizando esta relación, se demostró que en una pastura de *Brachiaria decumbens*-*Pueraria phaseoloides* de 10 años de establecida en Carimagua, la leguminosa aportó aproximadamente 17% del carbono orgánico presente en los primeros 10 cm del suelo. La contribución de la leguminosa al sistema se relacionó con un aumento de 1.7 t/ha en el rendimiento de un cultivo de arroz sembrado posteriormente en el mismo campo sin aplicación de nitrógeno; en cambio, los rendimientos del arroz sembrado después de *Brachiaria* sola no fueron tan altos.

Hay gran diferencia entre la descomposición de la materia vegetal muerta de las gramíneas y la de las leguminosas. Estas últimas liberan más nitrógeno y presentan rangos más amplios en las curvas de liberación en el tiempo que las gramíneas (Foto 1).

1 *Decomposition of plant litter plays an important role in nutrient recycling in tropical pastures.*

1 *La descomposición de la materia vegetal muerta juega un papel importante en el reciclado de nutrimentos en las pasturas tropicales.*



1

For example, at Carimagua, *Stylosanthes capitata* released nitrogen faster than *Desmodium ovalifolium* (Figure 3). This characteristic makes it possible to synchronize the supply of nutrients from litter with the demand from crops, and to exploit this process in developing management systems for different agroecosystems.

Phosphorus recycling

A shortage of phosphorus is the most limiting factor for agricultural production in acid soils, which are characterized by mineral fixation in the soil and immobilization of elements by microorganisms. However, plant species tolerant of soil acidity have developed root mechanisms that enable them to grow in phosphorus-deficient soils. One of these mechanisms is the association with mycorrhizal fungi. These fungi allow plants to explore larger volumes of soil in search of available phosphorus. Most species selected by the Tropical Pastures Program for acid soils depend, to a large extent, on this mechanism to assimilate soil phosphorus.

Por ejemplo, en Carimagua se encontró que *Stylosanthes capitata* liberó nitrógeno más rápidamente que *Desmodium ovalifolium* (Figura 3). Esta característica permite sincronizar el suministro de los nutrimentos de la hojarasca con la demanda de los cultivos y, por este medio, desarrollar sistemas de manejo para los diferentes agroecosistemas.

Reciclado de fósforo

La escasez de fósforo es el factor que más limita la producción agrícola en los suelos ácidos, donde con frecuencia no está disponible por efecto de la fijación mineral en el suelo y por su inmovilización por los microorganismos del suelo. Sin embargo, las especies vegetales tolerantes a la acidez del suelo han desarrollado mecanismos en sus raíces que les permiten crecer en suelos deficientes en fósforo; uno de tales mecanismos es la asociación con hongos de micorrizas. Estos hongos permiten a las plantas explorar mayor volumen de suelo en busca del fósforo disponible. La mayoría de las especies seleccionadas para suelos ácidos por el Programa de Pastos Tropicales depende, en alto grado, de su asociación con las micorrizas para asimilar el fósforo del suelo.

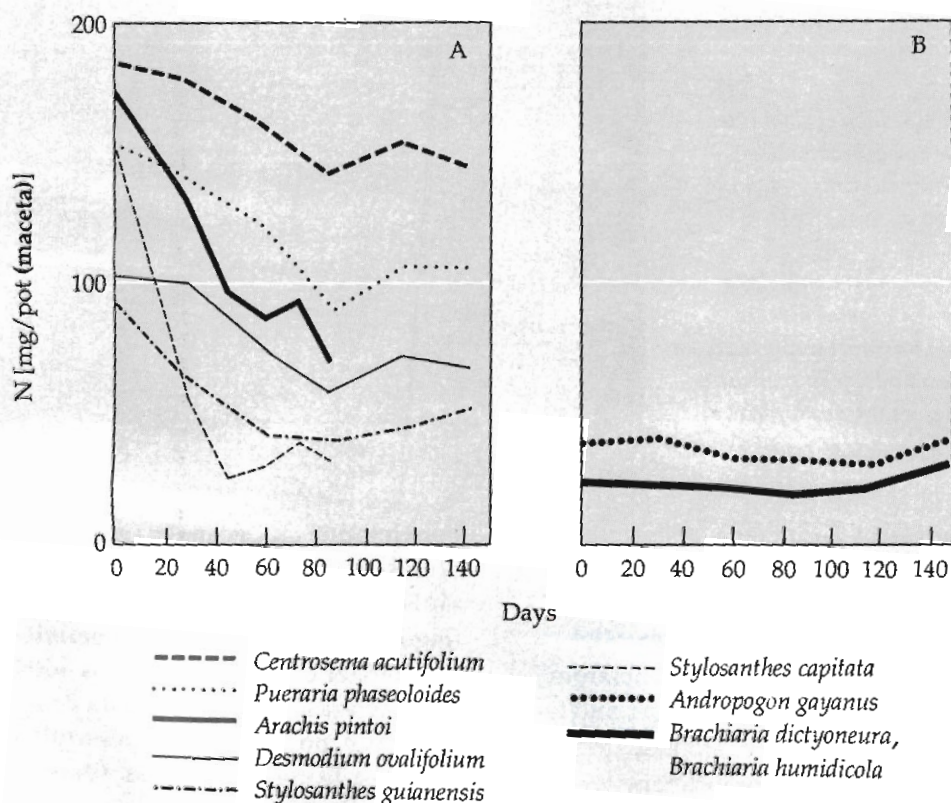


Figure 3. Nitrogen loss over time in tropical grasses and legumes. (A = N lost from legume litter; B = N lost from grass litter.)

Remoción de nitrógeno en hojarasca de gramíneas y leguminosas tropicales. (N perdido de la hojarasca: A = de las leguminosas; B = de las gramíneas.)

Another mechanism, found especially in legumes, is the excretion of phosphatases and other exudates by roots. In the field, this mechanism allows forage species to dissolve organic phosphorus found in plant and animal residues already incorporated into soil organic matter, thus improving nutrient recycling. The importance of improved pastures for organic P accumulation is shown in Figure 4. In an Oxisol of Carimagua, Colombia, the organic P pool increased by 20% in the presence of *A. gayanus*/*C. acutifolium*, in comparison with native savanna.

Otro mecanismo, especialmente de las leguminosas, es la excreción de fosfatasa y de otros exudados por las raíces de las plantas. En el campo, dicho mecanismo permite a las especies forrajeras **disolver el** fósforo orgánico presente en los residuos de las plantas y de los animales —residuos ya incorporados a la materia orgánica del **suelo— mejorando así el reciclado de los** nutrientes. La importancia de las **pasturas** mejoradas en la acumulación de P orgánico se ilustra en la Figura 4. En un Oxisol de Carimagua, Colombia, **el P orgánico** **aumentó en 20% en presencia de A. gayanus/C. acutifolium, en contra** de la sabana nativa.

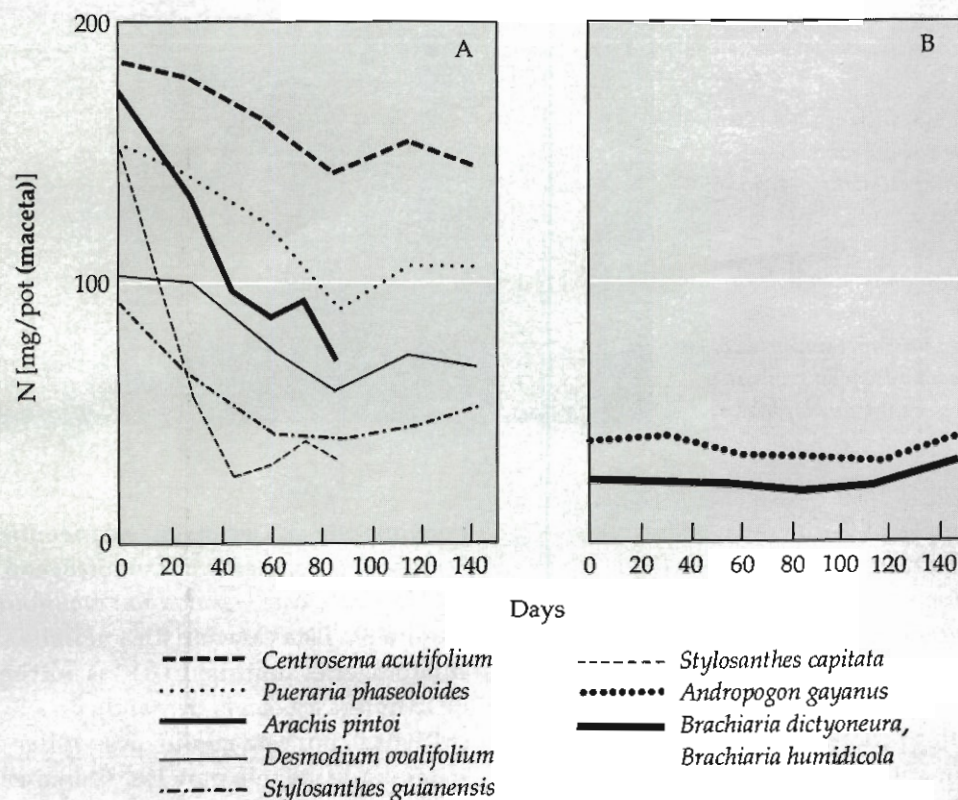


Figure 3. Nitrogen loss over time in tropical grasses and legumes. (A = N lost from legume litter; B = N lost from grass litter.)

Remoción de nitrógeno en hojarasca de gramíneas y leguminosas tropicales. (N perdido de la hojarasca: A = de las leguminosas; B = de las gramíneas.)

Another mechanism, found especially in legumes, is the excretion of phosphatases and other exudates by roots. In the field, this mechanism allows forage species to dissolve organic phosphorus found in plant and animal residues already incorporated into soil organic matter, thus improving nutrient recycling. The importance of improved pastures for organic P accumulation is shown in Figure 4. In an Oxisol of Carimagua, Colombia, the organic P pool increased by 20% in the presence of *A. gayanus*/*C. acutifolium*, in comparison with native savanna.

Otro mecanismo, especialmente de las leguminosas, es la excreción de fosfatasa y de otros exudados por las raíces de las plantas. En el campo, dicho mecanismo permite a las especies forrajeras disolver el fósforo orgánico presente en los residuos de las plantas y de los animales —residuos ya incorporados a la materia orgánica del suelo— mejorando así el reciclado de los nutrientes. La importancia de las pasturas mejoradas en la acumulación de P orgánico se ilustra en la Figura 4. En un Oxisol de Carimagua, Colombia, el P orgánico aumentó en 20% en presencia de *A. gayanus*/*C. acutifolium*, en contraste con la sabana nativa.

1 *Decomposition of plant litter plays an important role in nutrient recycling in tropical pastures.*

1 *La descomposición de la materia vegetal muerta juega un papel importante en el reciclado de nutrientes en las pasturas tropicales.*



1

For example, at Carimagua, *Stylosanthes capitata* released nitrogen faster than *Desmodium ovalifolium* (Figure 3). This characteristic makes it possible to synchronize the supply of nutrients from litter with the demand from crops, and to exploit this process in developing management systems for different agroecosystems.

Phosphorus recycling

A shortage of phosphorus is the most limiting factor for agricultural production in acid soils, which are characterized by mineral fixation in the soil and immobilization of elements by microorganisms. However, plant species tolerant of soil acidity have developed root mechanisms that enable them to grow in phosphorus-deficient soils. One of these mechanisms is the association with mycorrhizal fungi. These fungi allow plants to explore larger volumes of soil in search of available phosphorus. Most species selected by the Tropical Pastures Program for acid soils depend, to a large extent, on this mechanism to assimilate soil phosphorus.

Por ejemplo, en Carimagua se encontró que *Stylosanthes capitata* liberó nitrógeno más rápidamente que *Desmodium ovalifolium* (Figura 3). Esta característica permite sincronizar el suministro de los nutrientes de la hojarasca con la demanda de los cultivos y, por este medio, desarrollar sistemas de manejo para los diferentes agroecosistemas.

Reciclado de fósforo

La escasez de fósforo es el factor que más limita la producción agrícola en los suelos ácidos, donde con frecuencia no está disponible por efecto de la fijación mineral en el suelo y por su inmovilización por los microorganismos del suelo. Sin embargo, las especies vegetales tolerantes a la acidez del suelo han desarrollado mecanismos en sus raíces que les permiten crecer en suelos deficientes en fósforo; uno de tales mecanismos es la asociación con hongos de micorrizas. Estos hongos permiten a las plantas explorar mayor volumen de suelo en busca del fósforo disponible. La mayoría de las especies seleccionadas para suelos ácidos por el Programa de Pastos Tropicales depende, en alto grado, de su asociación con las micorrizas para asimilar el fósforo del suelo.

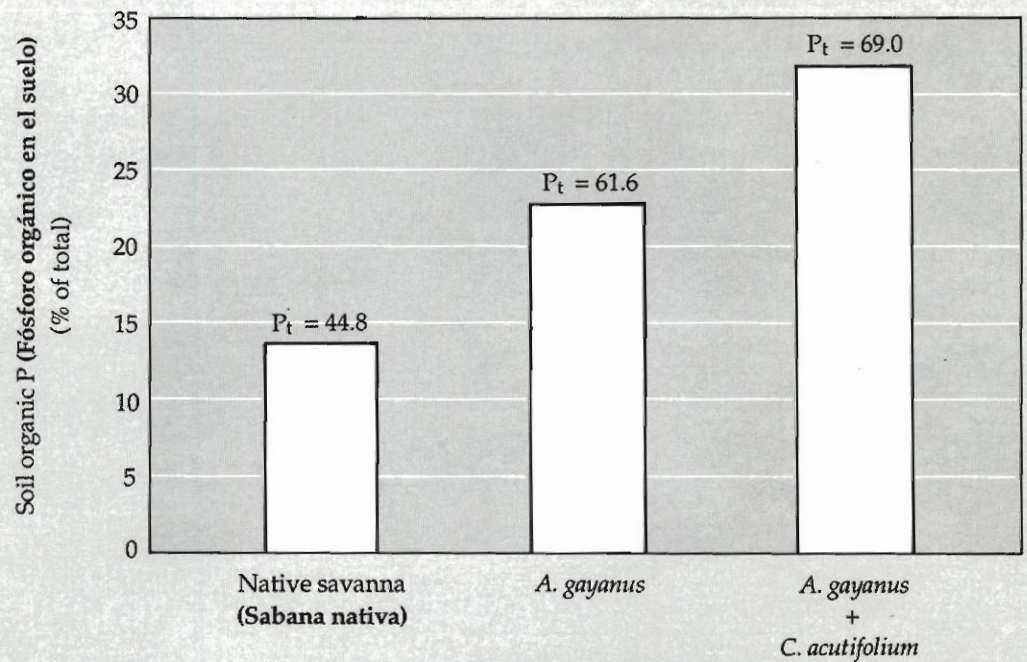


Figure 4. Organic phosphorus in the top 5 cm of a medium-textured soil in which three pastures were established, Carimagua, Colombia. (Numbers at the top of bars correspond to total soil P in ppm.)

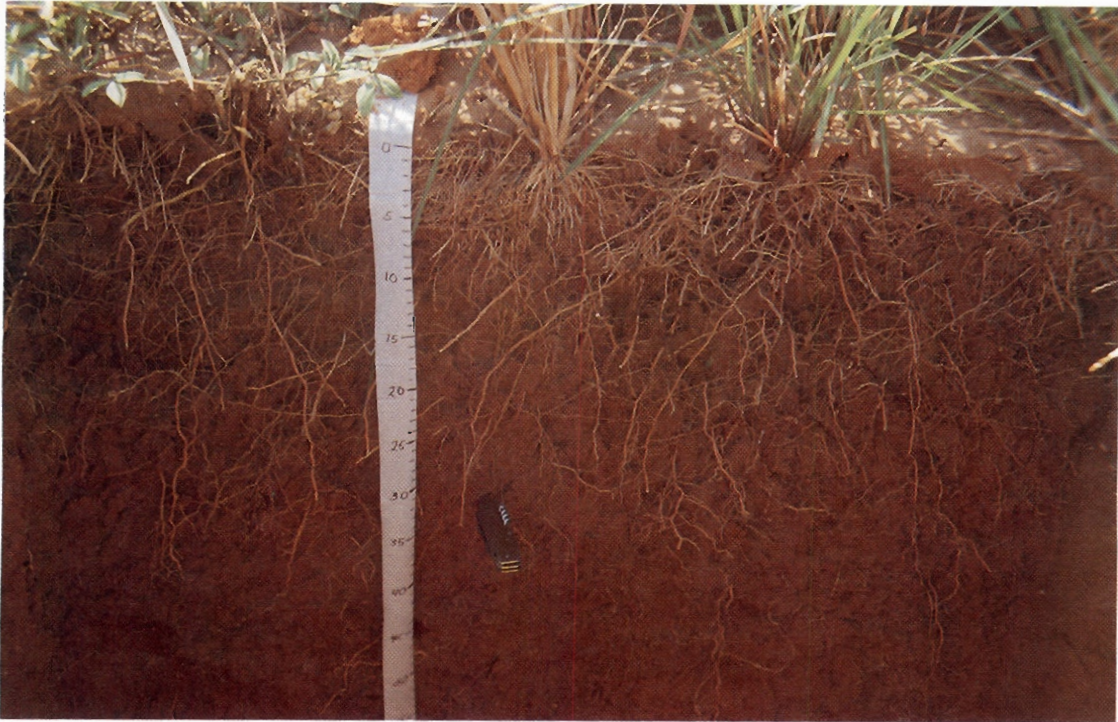
Fósforo orgánico en los primeros 5 cm de un suelo de textura media en el cual se establecieron tres pasturas, Carimagua, Colombia. (Los números en la parte superior de las barras corresponden al P total en ppm.)

Roots and nutrient recycling

Another mechanism of acid-soil tolerant pastures to maximize nutrient recycling is the production of roots close to the soil surface (Photo 2), a characteristic which was observed in a *B. decumbens*-*A. pintoi* pasture which had been grazed for five years (Figure 5). Most roots of this association were found in the top 10 cm of the soil, although some were found at one meter.

Las raíces y el reciclado de nutrientes

Otro mecanismo de las pasturas tolerantes a la acidez del suelo para maximizar el reciclado de nutrientes es la producción de raíces cercana a la superficie del suelo (Foto 2). Esta tendencia se observa en pasturas de *B. decumbens*-*A. pintoi* de cinco años de pastoreo (Figura 5). El mayor porcentaje de raíces de esta asociación se encontró en los primeros 10 cm del suelo, aunque algunas llegaron hasta un metro de profundidad.



2 Root system in a rice-pasture association, Carimagua, Colombia.

2 Sistema de raíces en un cultivo asociado arroz-pastos, Carimagua, Colombia.

2

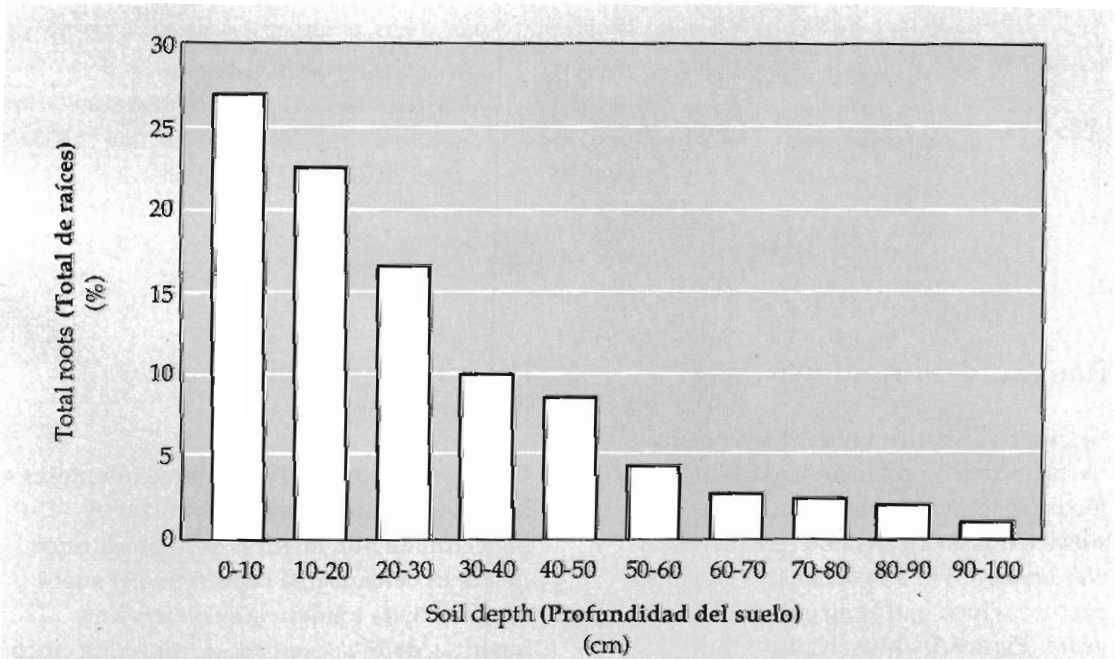


Figure 5. Root distribution in a *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi* pasture growing on an Oxisol at Carimagua, Colombia.

Distribución de las raíces en una pastura de *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi* con cinco años de pastoreo, Carimagua, Colombia.

This mechanism is important for nutrient conservation because the distance between the site where nutrients are released by organic matter and the site where they are absorbed by the plant is very short. Therefore, they are not leached before being used by the plant.

Besides absorbing nutrients, roots are an important source of carbon for soil microorganisms and contribute to the formation of organic matter. The quantity and quality of organic matter in improved pastures depend on root biomass and rate of renewal. Both parameters are influenced by soil fertility and grazing management.

Prospects

The return of plant residues to the soil is the most important process in nutrient recycling for pastures established on tropical savannas. This process can be partly controlled through selection of forage species and appropriate grazing management. Grass-legume pastures are efficient in the use and conservation of resources, as they can maintain and/or improve soil fertility via the recycling of nutrients. This gives pastures an advantage over crops.

The Tropical Pastures Program has begun an ambitious interdisciplinary research project designed to evaluate, among other factors, different ways of managing the soil-plant-animal relationships and their effects on nutrient recycling.

Este mecanismo es importante para la conservación de los nutrimentos, ya que la distancia entre el sitio en que son liberados por la materia orgánica y el sitio en que son absorbidos por la planta es muy corta; así no se lixivian antes de ser aprovechados por las plantas.

Además de absorber nutrimentos, las raíces son fuente importante de carbono para los microorganismos del suelo, y contribuyen a la formación de materia orgánica. La cantidad y la calidad de esta última en las pasturas mejoradas dependerán de la biomasa y de la tasa de renovación del material radical. Ambos parámetros son afectados por la fertilidad del suelo y por el manejo del pastoreo.

Perspectivas

El retorno de los residuos de las plantas al suelo es el proceso más importante en el reciclado de nutrimentos en las pasturas establecidas en sabanas tropicales. Este proceso se puede controlar, en parte, mediante la elección de las especies forrajeras y el manejo apropiado del pastoreo. Las pasturas basadas en gramíneas y leguminosas forrajeras son eficientes en el uso y conservación de los recursos ya que mantienen o mejoran la fertilidad del suelo por medio del reciclado de nutrimentos. Esta característica le da ventajas a las pasturas al compararlas con los cultivos.

El Programa de Pastos Tropicales ha iniciado un ambicioso proyecto interdisciplinario de investigación que se propone evaluar, entre otros factores, diferentes formas de manejo de la relación suelo-planta-animal y sus efectos en el reciclado de nutrimentos.

Pastures and Soil Recovery: Trials in Colombia

Las Pasturas y la Recuperación del Suelo: Ensayos en Colombia

Well-managed pastures based on adapted germplasm improve soil conditions, as demonstrated in research conducted by CIAT's Tropical Pastures Program in the savanna and forest ecosystems of tropical America. Legume-based pastures increase the availability of nutrients such as calcium, magnesium, and potassium, and the recycling of phosphorus and nitrogen, thus contributing to increased soil fertility (see "Tropical Forage Species: Their Contribution to Nutrient Recycling in Savanna Ecosystems," p. 81). Pastures also improve soil physical properties through an increase in organic matter (roots and litter) and micro and macro fauna.

Surface soil erosion in the coffee zone of Colombia's Andean region is estimated to be at least 3 t/ha per year; it may be even higher in soils with clean crops. Likewise, hillside soils in Cauca Department of southwestern Colombia show advanced degradation resulting from inadequate cropping practices (see "Erosion Control and Preservation of Soil Fertility: Trials in Asia and Latin America," p. 68).

On the basis of positive results obtained with pastures in previous research on the conservation and improvement of savanna and forest soils, the Tropical Pastures Program, with collaboration from Colombian regional and national institutions, began a series of trials in 1982

Las pasturas bien manejadas, y constituidas además por germoplasma adaptado, han demostrado mejorar las condiciones del suelo. Así lo señalan las investigaciones del Programa de Pastos Tropicales del CIAT en los ecosistemas de sabana y bosque en América tropical. En efecto, las pasturas basadas en leguminosas aumentan la disponibilidad de nutrimentos como el calcio, magnesio y potasio y el reciclado de fósforo y nitrógeno, contribuyendo a aumentar la fertilidad del suelo (ver "Especies Forrajeras Tropicales: Su Contribución al Reciclado de Nutrimentos en Ecosistemas de Sabana", pag. 81). Las pasturas también mejoran las propiedades físicas del suelo por medio del aumento en materia orgánica (raíces y hojarasca) y de la micro y macro fauna.

La pérdida de suelo por erosión laminar en cultivos de café de la zona andina colombiana se calcula, por lo menos, en 3 t/ha por año; en los suelos con cultivos limpios esa pérdida puede ser aún más alta. De la misma manera, los suelos de ladera del departamento del Cauca, al suroccidente de Colombia, presentan un avanzado estado de degradación ocasionado por las prácticas inadecuadas de cultivo (ver "Control de Erosión y Preservación de la Fertilidad de los Suelos: Ensayos en Asia y América Latina", pag. 68).

Con base en los buenos resultados obtenidos en investigaciones previas con respecto a las pasturas y la conservación y mejoramiento de los suelos de sabanas y bosques, el Programa de Pastos Tropicales, con la colaboración de instituciones nacionales y regionales colombianas, inició

to control erosion and reduce loss of soil fertility in the areas mentioned. Some results are presented below.

Colombia's coffee zone

The coffee zone, comprising approximately 5 million hectares, mostly with hilly topography, is located between 800 and 1900 m.a.s.l., and has an average temperature of 20 °C, with annual rainfall between 1500 and 3000 mm. These conditions, together with soils possessing good physical and chemical properties, favor agricultural productivity, which has traditionally been realized in the production of mild-flavored coffee. Coffee plantations occupy 1.3 million hectares; the remaining area, too steep for coffee, is used for raising dual-purpose cattle on pastures of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*), thatching grass (*Hyparrhenia rufa*), star grass (*Cynodon dactylon*), and *Paspalum* spp., all naturalized to the area (Photo 1).

Soil erosion from physical and chemical degradation threatens sustainable crop production in the area. Surface erosion is very common and difficult to detect. It causes severe losses of soil and probably of revenues because of decreasing production. This type of erosion results from the direct impact of raindrops and consequent runoff.

Since 1982, the Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE) and CIAT's Tropical Pastures Program have been researching pastures at CENICAFE's

en 1982 una serie de ensayos para controlar la erosión y disminuir la pérdida de la fertilidad de los suelos en las zonas nombradas. Algunos resultados se presentan a continuación.

Zona cafetera de Colombia

La zona cafetera de Colombia tiene una extensión aproximada de 5 millones de hectáreas, en su mayoría de topografía ondulada. Esta zona está localizada entre 800 y 1900 m.s.n.m., tiene 20 °C de temperatura media y una precipitación anual entre 1500 y 3000 mm. Estas condiciones, junto con las buenas propiedades físicas y químicas de sus suelos, favorecen su alta productividad agrícola, la cual se ha aprovechado tradicionalmente para la producción de café suave. Los cultivos de café comprenden 1.3 millones de hectáreas, y el resto, no apto para ese cultivo por su pendiente, se explota con ganadería de doble propósito en pasturas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), puntero (*Hyparrhenia rufa*), estrella (*Cynodon dactylon*) y *Paspalum* spp. (Foto 1).

La erosión del suelo por degradación física y química amenaza la producción sostenible de cultivos en la zona. La erosión laminar es la más común, así como la más difícil de detectar y la que causa las mayores pérdidas, tanto de suelo como probablemente económicas por el descenso de la producción. Esta erosión se presenta como desprendimiento del suelo por el impacto directo de la lluvia y consiguiente escorrentía.

El Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE) y el Programa de Pastos Tropicales del CIAT colaboran desde 1982



1

La Romelia Experiment Station in Chinchiná, Caldas (lat. 4° 59' N, long. 75° 36' W, 1382 m.a.s.l.). This research seeks methods for producing good-quality forage for livestock production, while enhancing soil fertility and decreasing the loss of surface soils in the coffee zone.

Forage legumes as cover crop

Preliminary studies helped identify differences in performance of forage species. One trait, for example, is the speed with which legumes establish, whether as monocrop or in association with grasses. Rapid establishment helps prevent erosion.

CENICAFE's soil scientist, Senén Suárez, studied soil coverage by different legumes planted as monocrop or in association with *Brachiaria decumbens* CIAT 606. This grass is spreading rapidly in the area (Photo 2). At 12 weeks after planting, Suárez observed that the best cover was obtained when the grass and the legume were planted together at the same site. This, among other advantages, represents lower planting costs, stronger competition against invading species, and less soil erosion.



2

en investigaciones sobre uso de pasturas en la Estación Experimental La Romelia de CENICAFE, en Chinchiná, Caldas (4° 59' de latitud norte, 75° 36' de longitud oeste, 1382 m.s.n.m.). Esta investigación busca métodos para producir forraje de buena calidad para producción animal, mejorando, a la vez, la fertilidad y disminuyendo las pérdidas de suelo en la zona cafetera.

Cobertura con leguminosas forrajeras

Los estudios iniciales ayudaron a identificar diferencias en el comportamiento vegetativo de las especies forrajeras. Uno de tales comportamientos es la celeridad con que se establecen las leguminosas, ya estén solas o asociadas con gramíneas. La celeridad ayuda a prevenir la erosión.

El edafólogo de CENICAFE, Senén Suárez, estudió la cobertura del suelo que proporcionaban diferentes leguminosas cuando se sembraban solas o asociadas con *Brachiaria decumbens* CIAT 606; esta gramínea se está propagando rápidamente en la zona (Foto 2). A las 12 semanas de la siembra, Suárez observó que la mejor cobertura se obtenía cuando la gramínea y la leguminosa se sembraban juntas en el mismo sitio. Entre otras ventajas, esto representaba menor costo de la siembra, mayor competencia con las especies invasoras, y menor erosión del suelo.

1 Farm in Colombia's coffee zone: (right, background) coffee; (left) pastures.

1 Finca en la zona cafetera de Colombia. Al fondo, derecha, cultivos de café; izquierda, pasturas.

2 Milking herd on *Brachiaria decumbens* pasture. Improved pastures have contributed to controlling soil erosion and increasing cattle productivity in the Colombian coffee zone.

2 Hato lechero en pastura de *B. decumbens*. Las pasturas mejoradas han contribuido a controlar la erosión del suelo y a elevar la productividad de las explotaciones ganaderas en la zona cafetera colombiana.

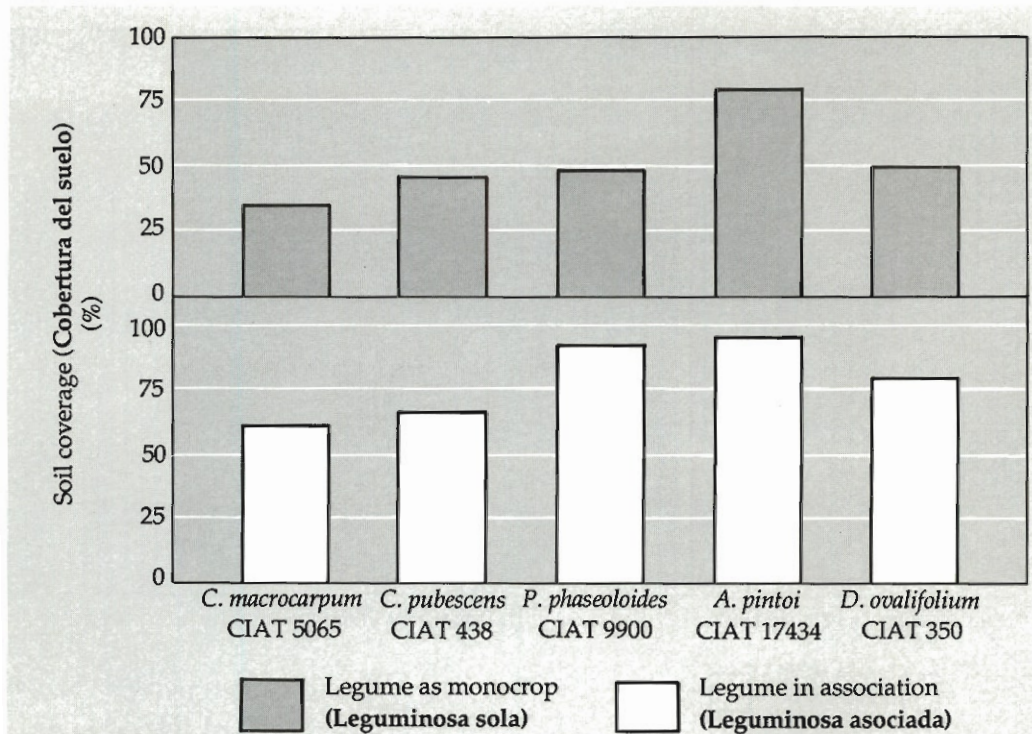


Figure 1. Percentage of soil covered by legumes as monocrop or in association with *Brachiaria decumbens*, 12 weeks after planting at La Romelia, Caldas, Colombia.

Porcentaje de suelo cubierto por leguminosas solas o asociadas con *B. decumbens*, 12 semanas después de la siembra, La Romelia, Caldas, Colombia.

SOURCE (FUENTE): Suárez, S.; Nortcliff, S.; and Ward, M. 1990. The establishment of forage legumes under field conditions in the Colombian coffee zone. Ph.D. Thesis. Department of Soil Science, The University of Reading, London, U.K.

The legumes providing the most cover were *Arachis pintoi* CIAT 17434, both as monocrop and in association with the grass, and *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900 in association (Figure 1).

Las leguminosas que dieron mayor cobertura fueron *Arachis pintoi* CIAT 17434, tanto sola como en asociación con la gramínea, y *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900 en asociación (Figura 1).

Associated pastures and erosion control

Based on the preliminary results, a study on the effect of grass-legume associations on runoff and soil erosion began at La Romelia in 1988. The association *A. pintoi*-*B. decumbens* was established in naturalized *Paspalum* pastures which had

Pasturas asociadas y control de la erosión

Partiendo de los resultados iniciales, en 1988 se inició en La Romelia el estudio del efecto de las asociaciones gramínea-leguminosa en la escorrentía y la erosión del suelo. En pasturas naturalizadas (*Paspalum* spp.) bajo pastoreo durante varios años, se estableció la asociación

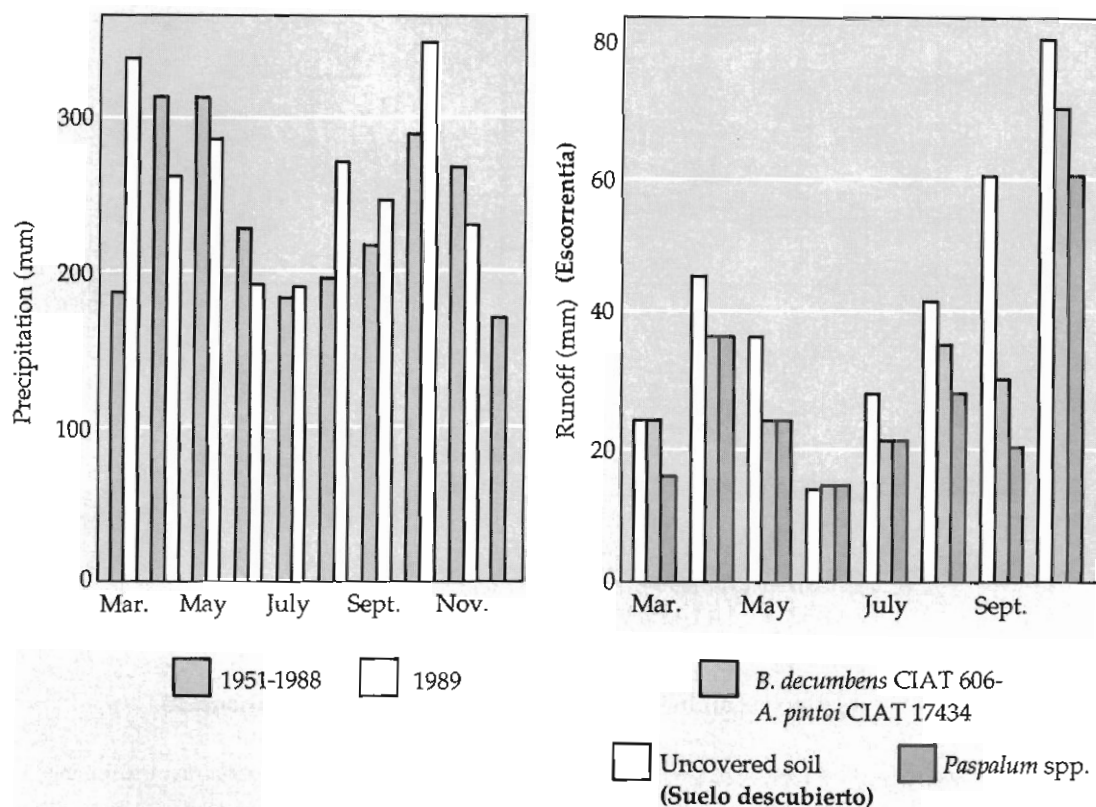


Figure 2. Monthly precipitation and runoff in an uncovered soil, in a naturalized *Paspalum spp.* pasture, and in the *B. decumbens*-*A. pinto* association at La Romelia, Caldas, Colombia. (SOURCE: Op. cit.)

Precipitación mensual y escoorrentía en un suelo descubierto, en una pastura naturalizada de *Paspalum spp.*, y en la asociación *B. decumbens*-*A. pinto*, La Romelia, Caldas, Colombia. (FUENTE: Op. cit.)

been grazed for several years. Zero tillage and herbicide application were used.

The association's effect on runoff and erosion was compared with that of naturalized pastures, and with that of a soil left uncovered after applying herbicides to naturalized grass.

As was expected, a high correlation was found in all treatments between precipitation and the amount of water in runoff ($r > 0.93$), the latter being higher in plots with uncovered soil (Figure 2).

A. pinto-*B. decumbens* mediante labranza cero con aplicación de herbicidas.

Su efecto en la escoorrentía y en la erosión se comparó con el de las pasturas naturalizadas, y con el de un suelo descubierto después de la aplicación de herbicidas.

Como se esperaba, en todos los tratamientos se encontró alta correlación entre la precipitación y la cantidad de agua de la escoorrentía ($r > 0.93$), siendo mayor esta última en las parcelas con suelo descubierto (Figura 2).

Losses from erosion in uncovered soils, in soils with *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi*, and in naturalized pastures (*Paspalum* spp.) at La Romelia, Caldas, Colombia, 1989.*

Pérdidas por erosión en suelos descubiertos, en suelos cultivados con *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi*, y en pasturas naturalizadas (*Paspalum* spp.), La Romelia, Caldas, Colombia, 1989.*

Treatment (Tratamiento)	March-June		July-October	
	Obs.	(kg/ha)	Obs.	(kg/ha)
Uncovered soil (Suelo descubierto)	86	8.7 a	74	420.6 a
<i>B. decumbens</i> - <i>A. pintoi</i>	86	8.0 a	74	18.6 b
Naturalized pasture (Pastura naturalizada)	86	3.3 b	74	7.5 b

* Values per period (March to June or July to October) followed by the same letter do not differ significantly according to the Tukey test ($P < .05$). Obs. = number of observations.
[Valores por período (marzo a junio o julio a octubre) seguidos de letras similares no difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < .05$). Obs. = número de observaciones.]

SOURCE (FUENTE): Op. cit.

A similar correlation was found between precipitation and soil erosion. Four months after treatment, erosion was less than 1 t/ha per year in the *B. decumbens*-*A. pintoi* association, a loss within acceptable levels for these soils (Table).

At the beginning of the trial, in plots with uncovered soil, less erosion than expected occurred because the decomposing plant litter, caused by herbicide application, lessened the impact of raindrops. These results indicate the potential of improved pastures for reducing soil erosion in areas under naturalized pastures with limited productivity such as those in Colombia's coffee zone.

Una correlación similar se encontró entre la precipitación y la erosión del suelo. Después de 4 meses de aplicados los tratamientos, la erosión en la asociación *B. decumbens*-*A. pintoi* fue menor que 1 t/ha por año, pérdida tolerable para estos suelos (Cuadro).

Al comienzo del ensayo, la erosión menor a la esperada en las parcelas con suelo descubierto se debió a que el residuo vegetal en descomposición después de la aplicación del herbicida amortiguó el efecto de las gotas de lluvia. Estos resultados indican la potencialidad de las pasturas mejoradas para aminorar la erosión del suelo en áreas cubiertas con gramíneas naturalizadas poco productivas como las de la zona cafetera de Colombia.

Trials in Cauca

Compared with soils in the coffee zone, hillside soils in Cauca Department, Colombia, have lower fertility and show greater degradation. Since 1986, CIAT's Tropical Pastures Program has been conducting a collaborative project with regional and national institutions. Among other objectives, this project aims to make the Program's pasture technology available to small producers in the region; investigate pasture establishment and methods of artisanal seed production; and promote adoption of adapted forage species to improve livestock production. This interinstitutional work includes the Fondo Ganadero del Valle del Cauca, the Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), the Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), and the Fundación para la Aplicación y Enseñanza de las Ciencias (FUNDAEC).

An agronomic evaluation on 10 farms in the region revealed that *Brachiaria decumbens* CIAT 606, *B. dictyoneura* CIAT 6133, and *B. humidicola* CIAT 679 were the most productive grasses. The best adapted legumes were *Arachis pintoi* CIAT 17434, *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 and 5740, and *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

In 1987, a multiplication plot was established for these grasses and legumes; between 1988 and 1990, more than 60 tons of vegetative planting material from the three grasses were sold to farmers in the area. The farmers used the material to establish pastures for grazing or antierosion areas. In addition, *Centrosema* seed is being produced for planting in associated pastures for grazing (Photo 3).

Ensayos en Cauca

Los suelos de ladera en el departamento del Cauca, Colombia, son de menor fertilidad y presentan mayor degradación que los de la zona cafetera. También en esta zona el Programa de Pastos Tropicales del CIAT adelanta, desde 1986, un proyecto colaborativo con entidades nacionales y regionales. Este proyecto persigue, entre otros objetivos, poner a disposición de los pequeños productores de la zona la tecnología de pasturas generada por el Programa; investigar métodos de establecimiento de pasturas y de producción artesanal de semillas; y promover la adopción de las especies forrajeras mejor adaptadas para mejorar la producción animal. Este trabajo interinstitucional incluye al Fondo Ganadero del Valle del Cauca, al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), y a la Fundación para la Aplicación y Enseñanza de las Ciencias (FUNDAEC).

Una evaluación agronómica en 10 fincas de la región reveló que *Brachiaria decumbens* CIAT 606, *B. dictyoneura* CIAT 6133 y *B. humidicola* CIAT 679 eran las gramíneas más productivas. Las leguminosas mejor adaptadas eran *Arachis pintoi* CIAT 17434, *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 y 5740 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

En 1987 se estableció un campo de multiplicación de tales gramíneas y leguminosas; entre 1988 y 1990 se vendieron a agricultores de la zona más de 60 toneladas de material vegetativo de las tres gramíneas. Los agricultores lo utilizaron para establecer pasturas para pastoreo o áreas de protección contra la erosión. Además, se está produciendo semilla de *Centrosema* para pasturas asociadas que se manejan con animales en pastoreo (Foto 3).

3 *Brachiaria dictyoneura*-*Centrosema macrocarpum* pastures help recover degraded hillside soils in Cauca, Colombia. At the same time, they promote milk production in this low-income region.

3 *Las pasturas de Brachiaria dictyoneura-Centrosema macrocarpum ayudan a la recuperación de laderas degradadas en Cauca, Colombia. A la vez, permiten la producción de leche en esta zona de bajos ingresos económicos.*



3

Until now, the grass multiplication program has benefited 100 producers in Cauca Department who together possess 1800 hectares. Most of these producers plant the grass with cassava. This practice takes advantage of residual fertility, soil preparation, and cassava cropping practices for pasture establishment.

Results to date indicate that (1) pastures play an important role in managing eroded hillside soils; (2) establishing seedbeds on selected producers' farms is an effective method for propagating forage species; and (3) new pastures should be established in association with crops such as cassava or maize.

The advantage of adopting pastures for recovering degraded soils is exemplified by the Zanjón Hondo farm at El Bordo, Cauca.

El programa de multiplicación ha beneficiado hasta ahora a 100 productores del departamento del Cauca que poseen, en total, 1800 hectáreas. En su mayoría, estos productores siembran las gramíneas conjuntamente con la yuca. Esta práctica permite aprovechar la fertilidad residual, la preparación del suelo, y las prácticas de manejo del cultivo de yuca para el establecimiento de las pasturas.

Hasta la fecha, los resultados demuestran: (1) las pasturas cumplen un papel importante en el manejo de los suelos de ladera degradados por la erosión; (2) el establecimiento de semilleros en fincas de productores seleccionados es un método eficaz para la propagación de especies forrajeras; (3) el establecimiento de las nuevas pasturas debe hacerse asociándolas con cultivos como la yuca o el maíz.

Un ejemplo de la ventaja de adoptar pasturas para la recuperación de suelos degradados es la finca Zanjón Hondo, en El Bordo, Cauca.

The owner, Mrs. Zoila Reyes, comments: "One of the most serious problems on my farm was soil erosion and the exhaustion of water sources. I had the opportunity to learn about some of the advantages of *B. humidicola* and *B. decumbens*, such as their aggressive growth and the cover they provide for the soil. Thus, I decided to establish multiplication plots and began planting the grasses in the sloping and degraded areas of my farm. Five years later, I had more than 100 hectares under these species, which have doubled the productivity of my farm."

Achievements and prospects

Research results show that improved, properly managed pastures not only contribute to increased productivity of degraded hillsides, but they play an important role in recovering soil fertility and reducing losses from erosion.

In Colombia's coffee zone, pastures tested helped decrease erosion to acceptable levels. In Cauca's hillsides, improved pastures, planted together with clean crops, provide an alternative for recovering degraded soils; they also raise small farmers' incomes through sale of animal products.

These results reflect some of the strategies adopted by CIAT for the 1990s to manage natural resources in the hillsides. Likewise, they help orient national institutions' research in such areas.

Su propietaria, la señora Zoila Reyes, comenta: "Uno de los problemas más graves de mi hacienda lo constituían la erosión de los suelos y el agotamiento de las fuentes de agua. Tuve la oportunidad de conocer algunas de las cualidades de *B. humidicola* y *B. decumbens*, como son su crecimiento agresivo y la cobertura que dan al suelo. Decidí entonces establecer campos de multiplicación de material vegetativo que empecé a sembrar en las zonas pendientes y degradadas de mi hacienda. Cinco años después tengo más de 100 hectáreas cultivadas con estas especies, lo cual me ha permitido duplicar la productividad de mi explotación".

Logros y perspectivas

Los resultados de estas investigaciones muestran que las pasturas mejoradas y bien manejadas no sólo contribuyen a incrementar la productividad de las laderas degradadas, sino que desempeñan un papel importante en la recuperación de su fertilidad y en la disminución de la erosión.

En la zona cafetera colombiana las pasturas ensayadas contribuyeron a disminuir la erosión hasta niveles aceptables. En laderas del Cauca, las pasturas mejoradas, establecidas junto con cultivos limpios, representan una alternativa para recuperar suelos degradados; además permiten a los pequeños agricultores elevar sus ingresos por la venta de productos de origen animal.

Estos resultados reflejan algunas de las estrategias de manejo de los recursos naturales en zonas de ladera que han sido adoptadas por el CIAT para la década de los noventa. Asimismo, ayudan a las instituciones nacionales a orientar sus investigaciones en tales zonas.

Farmers and Development

Agricultores y Desarrollo

Poverty alleviation in the developing world is one of CGIAR's major objectives. This objective is fully shared by CIAT and its national research partners. To contribute to the alleviation of urban poverty, CIAT, its sister international centers, and national programs are developing technologies for obtaining sustainable increases in production and productivity of the most important staples. Their goal is that both urban and rural populations enjoy better diets at lower costs. Presumably, if production increases more rapidly than population, then this increase translates, through market competition, into lower food prices. Productivity increases, for their part, allow farmers to improve their income and remain competitive, even with lower prices for their products.

In order to contribute to rural poverty alleviation, it is imperative that productivity of resources of the small-farm sector be increased, while, at the same time, markets are secured for its products. The need is not only for yield-increasing and cost-reducing technologies, but also for more employment opportunities and higher labor productivity. The implication is that the technologies should be designed to suit farmers' specific production conditions because farmers will not adopt technologies unless they prove profitable, and unless there are markets for their produce. Thus, the challenge is to develop appropriate technologies and to link small farmers to expanding markets.

El alivio de la pobreza en los países en desarrollo es uno de los objetivos principales del GCIAI, el cual es compartido plenamente por el CIAT y por sus colegas, los programas nacionales de investigación. Para contribuir al alivio de la pobreza urbana, el CIAT, los otros centros internacionales hermanos, y los programas nacionales están desarrollando tecnologías que aumentan en forma sostenida la producción y productividad de los cultivos alimenticios más importantes. La meta es que los pobladores urbanos y rurales puedan mejorar su alimentación a menores costos. Se presume que si la producción aumenta más rápidamente que la población, este aumento se traducirá, a través de la competencia del mercado, en menores costos de los alimentos. Los aumentos en productividad, por su parte, permitirán a los agricultores mejorar sus ingresos y mantener su competitividad, aun con precios más bajos para sus productos.

Para contribuir al alivio de la pobreza rural, es imperativo aumentar la productividad de los recursos de las pequeñas explotaciones asegurando, al mismo tiempo, mercados para los productos de éstas. Se necesitan no solamente tecnologías que aumenten la producción y reduzcan los costos, sino también más oportunidades de empleo y mayor productividad laboral. Esto implica que las tecnologías deban diseñarse de acuerdo con las condiciones específicas de producción del agricultor ya que éste no las adopta a menos que sean rentables y que existan mercados para sus productos. El reto, por consiguiente, es desarrollar tecnologías apropiadas y, al mismo tiempo, vincular a los pequeños agricultores a los mercados en expansión.

Public-funded research institutions, such as international centers and national programs, find themselves attempting to serve a large and heterogeneous clientele of small farmers with diverse production and market circumstances. Because this task is too big for such institutions, it is necessary to mobilize to the fullest the resources available in the communities. These endogenous forces, complemented by exogenous, well-targeted research and development support programs, could measure up to the task. The hypothesis is that individual farmers and community-based organizations can contribute significantly to closely interlinked research and development processes.

This section of the report presents examples of men and women farmers and of small community-based enterprises playing important roles in research and development. The stories also illustrate how public and private institutions can assist them in fulfilling their role. International centers can collaborate with those institutions, through participatory research and other methodologies, to tap the resources, initiative, and energy of the rural communities.

Las instituciones públicas de investigación, tales como centros internacionales y programas nacionales, se encuentran ante la situación de tener que servir a una clientela amplia y heterogénea de pequeños agricultores en diversas circunstancias de producción y mercado. Como esta tarea resulta demasiado grande para tales instituciones, es necesario movilizar al máximo los recursos existentes en las comunidades. Estas fuerzas endógenas, con el apoyo de programas exógenos de investigación y desarrollo debidamente enfocados, podrían acometer tal tarea. La hipótesis es que los agricultores como individuos y las organizaciones comunitarias pueden contribuir significativamente a los procesos interrelacionados de investigación y desarrollo.

Esta sección del informe presenta ejemplos de hombres y mujeres agricultores y de pequeñas empresas comunitarias que desempeñan un papel importante en la investigación y el desarrollo. Los relatos también ilustran cómo las instituciones públicas y privadas pueden ayudarles en el desempeño de su papel. Los centros internacionales pueden, a su vez, por medio de investigación participativa y otras metodologías, colaborar con aquellas instituciones en el aprovechamiento de los recursos, la iniciativa y la energía de las comunidades rurales.

Small Farmers Participate in Technology Design: The Case of *Semillas Pescador*

Pequeños Agricultores Participan en el Diseño de Tecnologías: El Caso de *Semillas Pescador*

Pescador is a village in the Caldono municipality of northern Cauca Department, Colombia. Farmers in the area used to plant beans once a year and only in small quantities, enough for home consumption during the annual harvest. Since 1987, through its Participatory Research Project (IPRA), CIAT began to involve farmers in evaluating bean varieties. Because of this work, farmers became so enthusiastic about the crop that "the area became a bean-growing region," as its residents now affirm. A successful, small, seed-producing enterprise, *Semillas Pescador*, also developed.

The role of participatory research

Participatory research consists of a set of methodologies to involve farmers in different stages of technology development. Farmers take part in problem identification and prioritization, the search for possible solutions, trial planning and implementation, analysis of results, and formulating recommendations. When farmers participate, the design of technology takes their criteria into account and the resulting technology is more readily adopted.

IPRA started in 1987 with a grant from the Kellogg Foundation. The project's objective is to develop field-tested methodologies and training materials jointly with national and nongovernmental organizations (NGOs). At present, IPRA carries out participatory research with cassava, bean, and snap

Pescador es un corregimiento del municipio de Caldono, al norte del departamento del Cauca (Colombia), donde hace unos años el frijol se sembraba sólo en muy pequeña cantidad, para consumo familiar. Este consumo se limitaba a la época de la cosecha, que era anual. Desde 1987, por medio del Proyecto de Investigación Participativa (IPRA), el CIAT empezó a involucrar a los agricultores en la evaluación de variedades de frijol, lo que generó tal entusiasmo hacia el cultivo que "la región se volvió frijolera", como aseguran ahora los vecinos. Además, surgió una exitosa pequeña empresa productora de semillas, *Semillas Pescador*.

El papel de la investigación participativa

La investigación participativa es un conjunto de métodos para involucrar a los productores en etapas del desarrollo tecnológico. Estos participan en la identificación y priorización del problema y en la búsqueda de posibles soluciones; en la planeación y el montaje de pruebas; en el análisis de resultados y en la formulación de recomendaciones. Cuando los productores participan en el diseño de tecnologías, sus criterios son tenidos en cuenta y, por tanto, aquéllas serán adoptadas más fácilmente.

El IPRA, que se inició en 1987 con una donación de la Fundación Kellogg, tiene como objetivo desarrollar metodologías y producir materiales de capacitación probados en el campo mediante trabajo conjunto con programas nacionales y organizaciones no gubernamentales (ONG). IPRA está desarrollando experiencias conjuntamente con programas de investigación en mejoramiento de yuca,



1 *Planting beans for seed production at Luis Trujillo's farm in Potrerillo, Pescador.*

1 *Siembra de frijol para semilla en predio de Luis Trujillo, en la vereda de Potrerillo, Pescador.*

1

bean breeding research programs and for integrated pest management and artisanal seed production. Pescador provides an example of the latter activity (Photo 1).

Better bean varieties and easier harvesting

In 1987, Pescador's farmers began to evaluate, together with the IPRA project, a breeders' nursery of 172 bean varieties. The farmers selected, semester after semester, the materials that, in their judgment, were superior, until the best three were finally chosen in March 1990.

In contrast to coffee and cassava, which are major crops in Pescador, beans offer quick returns because of their shorter growing season, and because they require little land. Farmers, especially those who were young, recently married, and land poor, became interested in bean cultivation, which progressively increased during the three-year evaluation.

At the end of 1989, farmers faced a labor shortage for the unusually abundant bean harvest which coincided with the coffee harvest. They particularly needed help with the heavy task of beating pods with a stick, which is the traditional threshing method. Mechanical threshing appeared to be a solution, but a machine suitable for

frijol y habichuela, en manejo integrado de plagas, y en producción artesanal de semillas. Pescador es ejemplo de esta última actividad (Foto 1).

Mejores variedades y más fácil beneficio

Desde 1987 los agricultores de Pescador habían empezado a evaluar, conjuntamente con el IPRA, un vivero de mejoramiento de 172 variedades de frijol. Ellos seleccionaron, semestre tras semestre, los materiales más adecuados según sus criterios hasta llegar, en marzo de 1990, a los tres que consideraron mejores.

En comparación con el café y la yuca, cultivos principales en Pescador, el frijol ofrecía las ventajas de un retorno rápido al capital debido a su ciclo de cultivo más corto, y de poderse sembrar en lotes pequeños. Los agricultores, especialmente jóvenes recién casados que no disponían de suficiente tierra, se interesaron en el cultivo, y éste aumentó paulatinamente durante los tres años de evaluación.

A fines de 1989, en vísperas de una cosecha de frijol inusitadamente alta que coincidiría con la del café, se preveía gran escasez de mano de obra, en especial para el arduo trabajo de la trilla manual 'a garrote', como se hacía tradicionalmente. Mecanizar esta actividad parecía una solución, pero las

2 *CIAT's thresher in the background. Its evaluation by farmers prompted the design of a new prototype (foreground), which is better suited to their requirements.*

2 *Trilladora prestada por el CIAT (al fondo), cuya evaluación por los productores dio lugar a un nuevo prototipo (primer plano), más ajustado a sus requerimientos.*



the region's socioeconomic and topographic conditions was not commercially available. For bean harvesting, CIAT's Seed Unit provided equipment that appeared easy to operate in Pescador and that producers could evaluate during harvest through participatory research.

Farmers' criticisms and suggestions after using the harvester prompted a private engineer, who IPRA invited to visit the area and keep in touch with the producers, to design a prototype of a small thresher. This machine threshes less rapidly than CIAT's prototype. However, it has the advantages of lighter weight and lower price; and it is easier to disassemble, maintain, and transport. A big advantage is the machine's greater ability to thresh humid pods (Photo 2). Its success has led to many requests from several countries for similar machines.

A seed enterprise is born

While evaluating bean varieties, some farmers started multiplying seeds of the materials they preferred. However, the traditional multiplication method did not meet the demand for seed generated in the area. Seven farmers, members of the Asociación de Productores de Hortalizas de Pescador (ASHORTOP), therefore decided to start commercial production of bean seed.

casas comerciales no ofrecían una trilladora adecuada para las condiciones socioeconómicas y topográficas de la región. Entonces la Unidad de Semillas del CIAT aportó varios equipos para el beneficio del frijol que parecían ser de fácil operación, bajo las condiciones de Pescador. Se buscaba que los productores los evaluarán durante la cosecha, mediante investigación participativa.

Con las observaciones y críticas de los productores después de usar la trilladora, un técnico particular, invitado por IPRA a visitar la zona y mantenerse en contacto con aquéllos, diseñó un prototipo de trilladora pequeña. Esta trillaba más lentamente que el prototipo del CIAT. Tenía, sin embargo, las ventajas de menores peso y costo, más fácil desarme, mantenimiento y transporte. Una gran ventaja era su mayor capacidad para desgranar vainas húmedas (Foto 2). El éxito de esta trilladora ha atraído numerosas solicitudes de varios países por una similar.

Nace una empresa semillista

Durante la evaluación de los materiales de frijol, algunos agricultores habían empezado a multiplicar, por su propia iniciativa, las semillas de aquéllos que preferían. Sin embargo, el sistema tradicional de multiplicación no permitía satisfacer la creciente demanda generada en la zona. Fue entonces cuando siete agricultores, pertenecientes a la Asociación de Productores de Hortalizas de Pescador (ASHORTOP), decidieron iniciar la producción comercial de semilla de frijol.

Faced with producing a larger volume of seed, the producers felt the need for training and organized a "technology menu" workshop. IPRA presented options for bean production and involved farmers in the design of accounting records. The Seed Unit suggested harvesting and seed production alternatives, which the farmers evaluated before choosing among the options.

The producers also felt the need for managerial training for running the seed business, identifying markets, and bookkeeping. The Fundación Carvajal, a Colombian nonprofit NGO that promotes the development of small enterprises in the Valle and Cauca Departments, came to Pescador, at IPRA's invitation, to offer a course on farm management. This training also helped the producers obtain credit from the Foundation to purchase the thresher they had previously helped design. The farmers obtained credit and financed the seed production entirely on their own initiative without subsidies from outsiders.

At present, each producer grows seed in amounts agreed upon and anticipated by the group for each harvest and market demand. For each kilogram of seed sold locally at 600 Colombian pesos (approximately US\$1), 100 pesos go to a mutual fund.

The group strives to guarantee top quality seed to users (Photos 3 and 4), and to keep records for accounting and production

Por tratarse de la producción de mayores volúmenes de semilla, los productores sintieron la necesidad de capacitarse, y programaron un taller de trabajo o 'menú de tecnología'. El IPRA les presentó varias opciones de producción de frijol e involucró a los productores en el diseño de un formato para registro de costos. La Unidad de Semillas les sugirió diferentes alternativas para la producción de semilla con el fin de que los productores las evaluaran y escogieran entre ellas según sus criterios.

Los productores también comprendieron que necesitaban formación empresarial para manejar el negocio de la semilla, buscar mercados, y llevar la contabilidad. Entonces la Fundación Carvajal, una ONG colombiana sin ánimo de lucro que estimula el desarrollo de pequeñas empresas en los departamentos de Valle y Cauca, se hizo presente en Pescador por invitación del IPRA, y ofreció un curso sobre manejo empresarial de la finca. Esta capacitación también brindó a los productores acceso a un crédito de la Fundación para comprar la trilladora que habían ayudado a diseñar. Ellos consiguieron el crédito y financiaron la producción de semilla enteramente por su cuenta sin subsidios externos.

En la actualidad cada socio produce semilla según cuotas que el grupo acuerda para cada cosecha teniendo en cuenta los mercados y la producción prevista. Por cada kilogramo de semilla vendida en la zona, a \$600 pesos colombianos (cerca de US\$1), los socios aportan \$100 pesos a un fondo común.

El grupo busca garantizar semilla de calidad óptima a los usuarios (Fotos 3 y 4) y llevar registros de sus operaciones contables y de producción. La rentabilidad de la

3 For Hélices Pechiné and Jesús Yalanda, from the Indian settlement of La María, near the village of Tunía, "the difference in the seed from Pescador is that it is well selected. We could see how good it was because the summer attacked it; and the rains attacked it when it flowered; ... and yet it grew."

3 Para Hélices Pechiné y Jesús Yalanda, del cabildo indígena La María, en el corregimiento de Tunía, "la diferencia de la semilla de Pescador es que viene muy bien seleccionada. Se pudo comprobar lo buena que era porque la atacó el verano y la atacó el invierno a lo último, cuando ya estaba en flor.... y salió".



3

4 Nolberto Mosquera (left) and a farmer neighbor, both from San Pedro, inspect bean seeds for quality. "Our seed," says Mosquera, "is uniform in size and color because we work with pure varieties. In addition, we check the lot every day... We think that we should do things well if we want to be successful."

4 Con un agricultor de la vereda de San Pedro, Nolberto Mosquera (izquierda) observa la calidad de la semilla que producen. "La semilla de nosotros" —dice— "es uniforme en tamaño y color porque estamos trabajando con variedades puras. Además, nosotros miramos todos los días el lote... Pensamos que debemos hacer las cosas bien si queremos tener éxito".

purposes. The seed enterprise's profitability is borne out by harvest returns in the second semester of 1990. Net returns on the seed alone were over Col\$450,000 per hectare (US\$746) and the cost-benefit ratio was 0.89. The farmers introduced a safety net to cover their costs: they intercropped cassava in the bean seed lots, and the cassava harvested was, therefore, pure profit.

Seed production strategy

The commercial viability of the seed enterprise is a result of the farmers' own production strategy, which they designed to minimize risks while preserving the product's good quality. In contrast to the standard practice of producing seed in a separate lot, the farmers select a portion of the total produce for seed and sell the remainder as grain. This is done at the beginning of the harvest. The sale of grain enables them to finance the extra costs of selection, treatment, and packing of seed. Dual-purpose seed and grain production involves lower production costs so that selling fresh grain at lower prices than seed does not result in losses to the producer. Intercropping with cassava helps to lower production costs.

The producers introduced another innovation that consisted of saving atypical plants, which are customarily



4

empresa se aprecia en los resultados de la cosecha correspondiente al segundo semestre de 1990, cuando el promedio de utilidad imputable solamente a la semilla superó los \$450,000 por hectárea (US\$746) y la relación costo-beneficio fue de 0.89. Los agricultores introdujeron un seguro para su inversión: en los lotes de semilla intercalaron yuca, cuya cosecha fue pura utilidad.

Estrategia para la producción de semilla

La viabilidad comercial de la empresa de semillas es el resultado de la estrategia de producción de los agricultores, orientada a minimizar los riesgos sin descuidar la buena calidad del producto. A diferencia de la práctica convencional de destinar un lote exclusivo para la producción de semilla, los productores seleccionan parte de la producción como semilla y venden el resto como grano. Esto se hace al comienzo de la cosecha para financiar con la venta del grano los gastos adicionales de selección, tratamiento y empaque de la semilla. La producción de doble propósito implica menores costos de producción con lo cual la venta de grano, cuyo precio es menor que el de la semilla, no arroja pérdidas para el productor. La yuca intercalada ayuda igualmente a rebajar costos.

Otra modificación de los productores consiste en no arrancar las plantas que resulten atípicas, como se hace

discarded. Instead, they mark them for subsequent harvesting and keep the grain separate from the seed for sale.

Careful selection of the seed is vital (Photo 5). The amount of work is too much for the family, so women are usually hired who do it skilfully (Photo 6). The seed is then treated chemically and packed into paper bags. In contrast to the 50-kg bags used by commercial seed companies, *Semillas Pescador* sells in 5 and 10-kg bags, which make improved seed more attractive to small farmers. Packing material was hard to purchase in small quantities because of its high costs. So several women agreed to make alternative packing materials: "I can easily get the paper more cheaply at the chicken farms," says Lucila Paz, "where they use large, clean bags to pack chicken feed" (Photo 7).

Marketing

Once the Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) granted, in 1990, license as producer of "improved seed" to ASHORTOP, marketing started. The second 1990 semester harvest yielded 14,000 kg, of which 3158 kg were bought by local farmers, stores, state organizations, and NGOs in the area. The Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FEDECAFE) bought 10,050 kg to supply 25 small stores serving the coffee zone. In 1991, *Semillas Pescador* was formed as a separate business.

The high quality seed is offered at about half the cost of "certified seed." Its

convencionalmente. En vez de esto las señalan para cosecharlas aparte y aprovechar su grano, sin mezclarlo con la semilla.

Un aspecto clave para los productores es la selección cuidadosa de la semilla (Foto 5). Como este trabajo es demasiado para la familia, lo contratan con mujeres quienes lo hacen muy bien (Foto 6). Luego vienen el tratamiento químico y el empaque en bolsas de papel. En contraste con los empaques de 50 kg que emplean las empresas semillistas comerciales, *Semillas Pescador* vende en empaques de 5 kg y 10 kg, que hacen más accesible la semilla mejorada para los pequeños agricultores.

Comprar empaques en pequeñas cantidades fue inicialmente un problema debido a su alto costo. Entonces varias señoras aceptaron hacerlos. "Yo consigo fácilmente papel más barato en los gallineros" —dice Lucila Paz— "donde usan unas chuspas [bolsas] grandes, limpiecitas, en que viene el concentrado para pollos" (Foto 7).

Comercialización

Para comercializar su producción, el grupo obtuvo del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) licencia como productor de 'semilla mejorada' de frijol, a nombre de ASHORTOP. La cosecha del segundo semestre de 1990 produjo 14,000 kg, de los cuales 3158 kg fueron adquiridos por agricultores locales, almacenes, entidades estatales y ONGs de la zona. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FEDECAFE) compró 10,050 kg para surtir 25 almacenes que sirven la zona cafetera. En 1991 *Semillas Pescador* se constituyó en empresa autónoma.

Los compradores pueden obtener semilla de alta calidad aproximadamente a la mitad



5

5 Julia Moreno de Paz selects bean seed which, with her sons, she produces at their farm in Pescador, Cauca, Colombia.

5 Julia Moreno de Paz selecciona semilla de frijol que, junto con sus hijos, produce en su finca en Pescador, Cauca, Colombia.

7 Lucila Paz, from La Campiña, has come up with several ways of making bags. This activity for her "is therapy, because it's a change. Economically, it's good business, because, to make 100 bags, I spend 2500 pesos and I sell them for 5000. This means I have 2500 pesos that I didn't have before, and I earn them in 10 hours of work at home."

7 Lucila Paz, de la vereda La Campiña, ha inventado varias maneras de hacer las bolsas. Para ella "eso es una terapia porque uno cambia. Económicamente es un buen negocio, porque para hacer 100 chuspas (bolsas) gasto \$2500 y las vendo por \$5000; me quedan \$2500 que no los tenía y que me los gano en 10 horas de trabajo en mi casa".



6

6 Seed selection by sieving.

6 Selección de semilla en zarandas.

7



appearance is uniform, healthy, and clean, and its performance in the field is good. In Luis Rosero's experience, a farmer from Melcho, in the municipality of Piendamó, "Pescador seed is good because the plant comes up strong and doesn't need 'Desarrollo' [a nitrogen fertilizer]; for 'blight' [anthracnose, *Ascochyta*], we only sprayed three times. It produced 28 sacks [per sack of seed]. To the other bean [the area's traditional variety], we applied 'Desarrollo' and sprayed four times, and still it got 'blight.' This bean produced only 18 to 20 sacks."

Farmers as trainers

As a requirement for IPRA's support and for receiving credit from the Fundación para la Aplicación y Enseñanza de la Ciencia (FUNDAEC), an NGO working in development projects in the area, the seed producers promised to train other farmers. In March 1991, FUNDAEC offered a course for 35 farmers from several villages, in which the seed producers gave talks on disease and pest control in beans. For this purpose, they borrowed filmstrips from IPRA and obtained samples of diseased and pest-infected plants from local fields. Each producer now "sponsors" five trainees and provides them with technical assistance on beans. IPRA's goal of farmers training other farmers, who pass their knowledge on to others, and those yet to others, in a ripple effect, is beginning to be realized (Photo 8).

del precio de la 'semilla certificada'. Su apariencia es uniforme, sana y limpia y su comportamiento en el campo es bueno. Así lo atestigua Luis Rosero, un agricultor de la vereda de Melcho, municipio de Piendamó. "La semilla de Pescador" —dice— "es buena porque la mata sale fuerte y no necesita 'Desarrollo' [fertilizante nitrogenado]. Para la 'chamusquina' [antracnosis, *Ascochyta*] sólo le hicimos tres fumigadas y botó [produjo] 28 bultos [por bulto de semilla]. Al otro frijol [el sembrado habitualmente] le aplicamos 'Desarrollo' y además se le fueron cuatro fumigadas, y siempre se chamuscó. Ese ha botado solamente 18 ó 20 bultos".

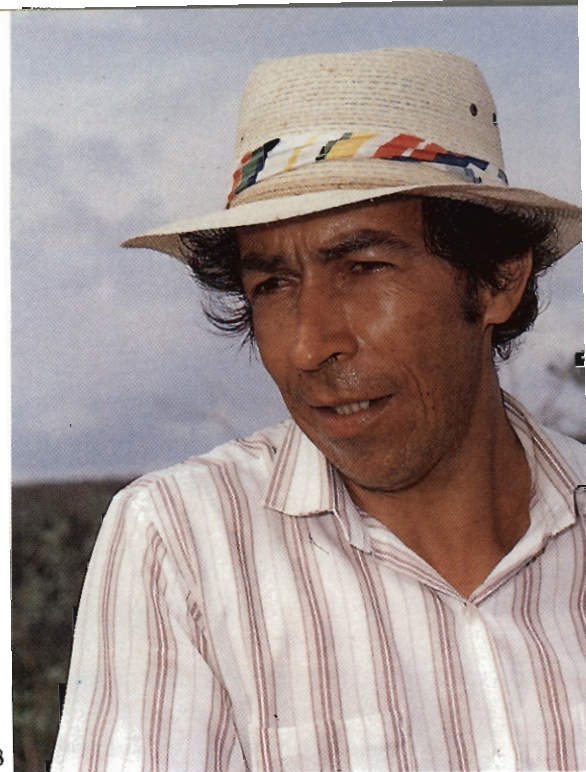
También capacitadores

Como una condición para recibir el apoyo del IPRA y un crédito de la Fundación para la Aplicación y Enseñanza de la Ciencia (FUNDAEC), una ONG que trabaja en proyectos de desarrollo en la región, los productores de semilla se comprometieron a capacitar otros agricultores. En un curso que ofreció FUNDAEC en marzo de 1991, para 35 agricultores provenientes de varias veredas, los productores de semilla dieron charlas sobre control de plagas y enfermedades del frijol. Para eso se sirvieron de filminas que el IPRA les prestó y de muestras de plantas con plagas y enfermedades que ellos recogieron de cultivos de la región. Ahora cada uno de ellos 'apadrina' a cinco de esos alumnos y les presta asistencia técnica en sus cultivos de frijol. Se empieza a cumplir así el propósito del IPRA de estimular la capacitación de agricultor a agricultor; que unos comuniquen sus conocimientos a otros, y esos a otros tantos, en progresión constante (Foto 8).

8 According to Marcos García, seed producer from La Campiña, "training other farmers is like an obligation for each of us, but you feel better because there is more progress in the region. Also, you shouldn't be selfish: if you acquire something, you should share it with others."

8 Según Marcos García, productor de semilla de la vereda La Campiña, "dar capacitación a otros agricultores es como obligatorio para cada uno de nosotros, pero uno se siente mejor de que haya más progreso en la región. Además, uno no debe ser egoísta: lo que uno adquirió, transmitirlo a los demás".

8



The lessons from Pescador

The participatory research experience in Pescador shows that when users' criteria are integrated into the design of a technology, then the technology will be readily adopted, as shown by the new varieties, the thresher, and the producers' own seed production strategy described above.

Farmer participation also showed that managerial training is as important for artisanal seed production as are equipment and cultural practices. CIAT's Seed Unit has now added this topic to the training of technicians, so that they can better assist the producers.

The varietal selection, the development of bean cultivation and of seed production in Pescador were an outcome of joint efforts by the producers, CIAT, and state, NGO, and producers' associations. It was achieved without subsidies in cash or kind, thus demonstrating that new technology designed with small farmers' participation can be sustainable and, as well, good business.

Las enseñanzas de Pescador

Las experiencias de la investigación participativa en Pescador muestran que, cuando los criterios de los usuarios se integran al diseño de una tecnología, ésta se adopta en una forma más fácil. Este fue el caso de las nuevas variedades, la trilladora y la estrategia de los agricultores para producir semilla.

La participación de los agricultores puso también de manifiesto que, para la producción artesanal de semilla, la formación empresarial es tan importante como son la maquinaria y las prácticas culturales. Ahora la Unidad de Semillas del CIAT está incluyendo ese tema en la capacitación de técnicos, a fin de que puedan ofrecer mejor asesoría a los productores.

La selección varietal, el desarrollo del cultivo y de la producción de semilla de frijol en Pescador son el resultado de una acción conjunta de los productores, del CIAT, entidades nacionales, ONGs y asociaciones de productores. Esto fue posible sin emplear subsidios en dinero o en especie, lo que demuestra que una nueva tecnología diseñada con la participación de pequeños agricultores es autosostenible y además un buen negocio.

Women Farmers as Researchers: Participatory Approach to Bean Breeding in Africa

Agricultoras como Investigadoras: Estrategia Participativa para el Mejoramiento del Frijol en Africa

Women farmers in Rwanda provide 70% of agricultural labor and grow all subsistence crops, including beans. In recognition of this role, bean researchers from the Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR) and the CIAT Bean Program in Africa have invited over the last three years groups of women bean farmers to participate in an innovative approach to bean breeding and varietal testing. This approach consists of on-station evaluation of bean varieties and home testing of those selected from on-station trials (Photo 1).

The problem

The impact of bean varieties developed by ISAR was less than expected according to a 1988 study: only 10% of varieties were adopted, and those adopted were declining.

Beans are a very important staple in sub-Saharan Africa. They provide as much as 60% of the protein and 25% of the caloric intake for rural populations in some parts of the eastern and southern African highlands. Yet, bean production has not kept pace with population increase, and soil fertility levels are declining. Thus, there is an urgent need to develop technology to increase bean productivity. The CIAT Bean Program in Africa is responding to this need by doing research on genetic improvement, crop management systems, and socioeconomics, and by supporting collaborative research networks.

Las mujeres agricultoras de Ruanda contribuyen con el 70% del trabajo agrícola y producen los cultivos de subsistencia, entre ellos el frijol. En reconocimiento de su papel, los investigadores en frijol del Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR) y del Programa de Frijol del CIAT para Africa han invitado, en los últimos tres años, grupos de mujeres agricultoras a participar en una estrategia novedosa para mejorar el frijol y probar las variedades obtenidas. Esta estrategia consiste en la evaluación de las variedades de frijol en la estación experimental, y en la prueba en el predio familiar de aquéllas seleccionadas en los ensayos experimentales (Foto 1).

El problema

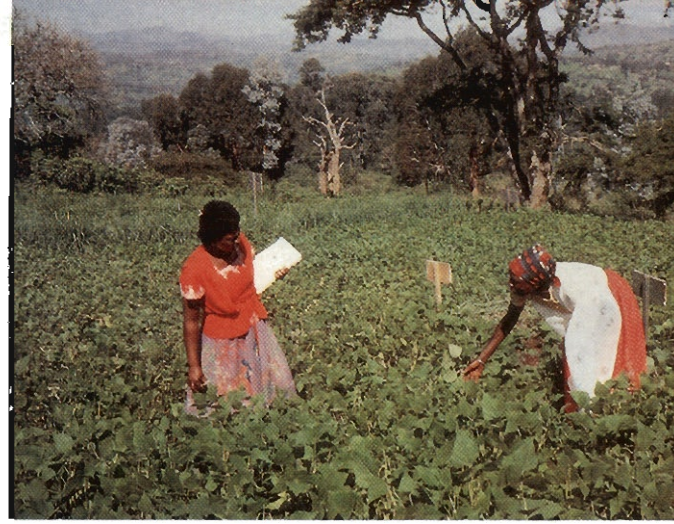
El impacto de las variedades de frijol desarrolladas por el ISAR fue menor al esperado, según un estudio hecho en 1988: sólo 10% de las variedades habían sido adoptadas, y el interés por éstas estaba decayendo.

El frijol es un alimento básico muy importante en Africa al sur del Sahara. Suministra hasta el 60% de la proteína y 25% de la ingesta calórica a la población rural en ciertas áreas de la zona montañosa de Africa oriental y meridional. No obstante, la producción de frijol no ha guardado proporción con el incremento de la población en esas regiones cuyos suelos están perdiendo fertilidad. Por consiguiente, urge desarrollar una tecnología que aumente la productividad del frijol. El Programa de Frijol del CIAT en Africa responde a esta necesidad investigando el mejoramiento genético y los sistemas de manejo del cultivo, apoyando las redes de investigación colaborativa, y haciendo estudios socioeconómicos.

1 *Researcher and woman farmer discuss varieties in on-station evaluations, Rubona, Rwanda.*

1

1 *Una investigadora discute con una agricultora las variedades de frijol que se evalúan en la estación experimental, Rubona, Ruanda.*



In the case of Rwanda, it was necessary to improve adoption rates while lowering the high costs of conventional research. Bean research in Rwanda, as in other developing countries, suffers from limited resources and few communication channels between farmers and researchers. In addition, the complexity of small-farmer planting conditions, where 10 or more crops are intercropped in many different combinations on farms averaging 0.8 hectares in size, makes research extremely difficult. Also, the needs and preferences of small farmers are highly varied. For beans alone, different user groups evaluate varieties in terms of 16 characteristics, each with a wide acceptability range.

Participatory scheme

In view of these problems, ISAR and CIAT opened the door to farmer participation in all stages of bean research, particularly in breeding and varietal testing (Box). The assumptions were that this methodology can produce more farmer-acceptable and productive technologies; and can reduce the incidence of technological failures, as well as the costs of research. The premise was that farmers have broad and direct experience with crops gained from decades of accumulated observation.

En Ruanda, era necesario elevar las tasas de adopción de nuevas variedades, reduciendo simultáneamente los altos costos de la investigación convencional. La investigación del frijol carece en ese país, como en otros países en desarrollo, de recursos suficientes y de canales adecuados de comunicación entre el agricultor y el investigador. Además, la complejidad de las condiciones de cultivo del pequeño agricultor —quien siembra diez o más especies, intercaladas en diversas combinaciones, en un predio de 0.8 hectáreas, en promedio— convierten la investigación en una labor extremadamente difícil. Además, las necesidades y preferencias del pequeño agricultor son muy variadas: sólo en el frijol, diversos grupos de usuarios evalúan las variedades respecto a 16 características, cada una de las cuales tiene un amplio rango de aceptabilidad.

Esquema de participación

Frente a estos problemas, el ISAR y el CIAT invitaron a los agricultores a participar en todas las etapas de la investigación del frijol, especialmente en el fitomejoramiento y en la prueba de variedades (Recuadro). Se partió de dos supuestos: primero, esta metodología generaría tecnologías de cultivo más productivas y mejor aceptadas por el agricultor; y segundo, reduciría la frecuencia de los fracasos tecnológicos así como los costos de la investigación. Se suponía además que las agricultoras tienen una amplia y directa experiencia del cultivo adquirida durante décadas de observación en el campo.

Turi abashakashatsi



A researcher and farmer expert weigh and compare yields from the farmer's local mixture with that from the varieties she has chosen from on-station trials, Butare province, Rwanda.

Una investigadora y una agricultora experta pesan y comparan la producción obtenida con la mezcla local de frijol de la agricultora, y la de variedades escogidas por ésta en los ensayos experimentales. Provincia de Butare, Ruanda.

"Turi abashakashatsi" ("we are researchers"), Rwandan farmers say as they explain to other women why they are making trips to the national agricultural research station, some 20 km away. "As we have all seen, some varieties do better under bananas and some resist better poorer soils, and so we help those on station better choose beans to go out on our own farming plots."

The problem of finding high-performing varieties is a critical one in Rwanda. Land is in short supply: the average farm is less than a hectare, nearer one-half around Butare (where CIAT bases its regional operations), and each "garden" has to support a family of 5 to 10 members. Beans are a particularly important staple, and annual consumption is among the highest anywhere: 60 kg per capita. Fortunately, there are two growing seasons, but even so, it is vital to intensify production, as the population is increasing by 3.7% per year.

"Turi abashakashatsi" ('somos investigadoras') dicen las agricultoras de Ruanda cuando explican a otras mujeres por qué visitan la estación nacional de investigación agrícola situada a 20 km de sus hogares. "Como todas hemos observado, unas variedades de frijol se comportan mejor cuando se siembran bajo las plantas de banano, y otras resisten mejor los suelos pobres; así ayudamos a los que están en la estación a elegir mejor los frijoles que serán cultivados en nuestras propias parcelas".

Hallar variedades de muy buen comportamiento es un problema crítico en Ruanda. La tierra disponible escasea: el promedio de extensión de una finca es de menos de una hectárea, y llega a media hectárea en los alrededores de Butare (donde el CIAT tiene su base regional de operaciones). Cada uno de estos 'jardines' debe sostener una familia de 5 a 10 miembros. El frijol es un alimento particularmente importante y su consumo anual es uno de los más altos que se conozcan: 60 kg per cápita. Por fortuna, hay dos épocas de cultivo; aun así, intensificar la producción es vital ya que la población está creciendo a razón de 3.7% por año.

The idea to integrate farmers into on-station varietal selection emerged from both necessity and a sense of opportunity. "Improved" varieties were not being adopted at the rates expected, although, in trials on station, they yielded well and were of acceptable color and grain size. Yet, researchers also noted that farmers themselves liberally experimented. Their local bean mixtures may contain up to 30 varieties, with types and proportions constantly being adjusted. In fact, in several regions, station breeders had a hard time obtaining yields to surpass those of local blends.

The diversity of small-farmer conditions encouraged breeders, anthropologists, and agronomists to consider a new kind of relationship with farmers. Rwandans use different types of beans for specific crop associations and soils, and have varied (sometimes contrasting) socioeconomic needs, for example, for early maturing varieties to stave off hunger, or for a staggered harvest to minimize risk. Breeders could not be expected to anticipate all these concerns.

Was there not a better division of research labor which takes fuller advantage of the talents of each experimenter, scientist, and farmer? In on-station trials, scientists might focus selection on those limiting variables which farmers are unable to assess adequately, for example, varietal resistance to specific pests and diseases.

La idea de integrar a las agricultoras en el proceso de selección varietal de la estación experimental surgió tanto de la necesidad como de cierto sentido de oportunidad. Las variedades 'mejoradas' no eran adoptadas con la intensidad esperada, a pesar de que en los ensayos de la estación rendían bien y tanto su color como el tamaño de sus granos eran aceptables. Asimismo, los investigadores notaron que las agricultoras experimentaban con el frijol por su cuenta. Las mezclas locales de frijoles que siembran contienen hasta 30 variedades, cuyos tipos y proporciones se reajustan continuamente. De hecho, los mejoradores de la estación pasan trabajos para obtener rendimientos que superen los de las mezclas locales.

La diversidad de condiciones de los pequeños agricultores alentó a fitomejoradores, antropólogos y agrónomos a considerar un nuevo tipo de relación con aquéllos. Los ruandeses siembran tipos de frijol diferentes para cada suelo y asociación de cultivos, y tienen variadas necesidades socioeconómicas que a veces contrastan unas con otras; por ejemplo, eligen variedades de maduración rápida para prevenir el hambre, o hacen cosecha escalonada para minimizar riesgos. No se puede pedir a los fitomejoradores que se anticipen a todas estas inquietudes.

¿No habría una división más acertada del trabajo de investigación que aproveche plenamente los talentos de cada experimentador, científico o agricultor? En los ensayos experimentales los científicos orientarían la selección hacia esas variables limitativas que los agricultores no pueden evaluar adecuadamente, por ejemplo, la resistencia varietal a plagas y enfermedades específicas.

Then, in subsequent on-station trials, farmers can peruse the varieties retained and select according to those criteria for which they have the edge, such as the diversity of their own agronomic conditions and the specificity of their socioeconomic needs.

The challenges to achieve such research complementarity were manifold, foremost being the need to determine the "who" and "how" of local farmer expertise. There was never any question of the general pool of farmers from which to search for expert representatives: women. Besides performing most of the agricultural labor, women's ken in terms of beans is well recognized. As Veneranda said to her husband (with a warm smile) when it looked as if a bout of malaria might keep her from making the on-station evaluation (and he suggested to go instead): "You must be kidding, I'll send our young daughter first. What do you know about beans?"

Some three years and 350 evaluations later, this participatory varietal selection program is more than a promising experiment. As it continues to unfold, the various actors involved look at its potential with optimism: station managers reflect on costs cut; breeders welcome their increased impact; and farmers reap the benefits of productive cultivars—a fuller, more secure larder.

L. Sperling

En los siguientes ensayos experimentales, los agricultores examinarían las variedades así escogidas, y seleccionarían las que se ajusten a los criterios que ellos dominan, como son la diversidad de sus condiciones agronómicas, y el carácter específico de sus necesidades socioeconómicas.

La obtención de esta complementariedad en la investigación representa un reto múltiple. El principal es determinar 'quién' tiene la experiencia agrícola local, y 'cómo' la aplicará. Nunca se ha puesto en duda que el sector de población en que se encuentran los expertos agrícolas representativos es el de las mujeres. Además de hacer la mayor parte de las labores agrícolas, las mujeres tienen un conocimiento reconocido de los problemas del frijol. Por eso, cuando se creía que una crisis de malaria impediría a Veneranda evaluar el frijol en la estación experimental, y su esposo se ofreció para remplazarla, ella le dijo, sonriendo amablemente: "Tienes que estar bromeando, primero enviaría a nuestra hija mayor. ¿Qué sabes tú de frijoles?"

Después de tres años y de 350 evaluaciones, este programa participativo de selección varietal es más que un experimento promisorio. A medida que se desarrolla, los diferentes actores que participan en él ven con optimismo su potencial: los administradores de la estación, en la reducción de costos; los mejoradores, en el mayor impacto obtenido; y las agricultoras cosechan los beneficios de los cultivares productivos—una despensa más llena y segura.

L. Sperling

The participatory program involves three major steps: identification of farmer bean experts from communities within the same ecological zone as the station; farmer evaluation of on-station multilocal trials (25 varieties), including dialogue with station scientists; and home testing of varieties selected from on-station trials.

Findings

After four seasons of on-station and home testing, totalling close to 350 evaluations, the main results are:

For breeders, new varietal criteria are highlighted and the varying needs of different types of farmers become more apparent; most importantly, the basis on which farmers arrive at an integrated evaluation of a variety is better understood. Two immediate practical implications are that yield is important, but other varietal attributes need to be systematically considered; and farmers can identify unacceptable varieties relatively easily, thus increasing the efficiency of varietal selection. At the same time, home testing shifted much of the supervisory and monitoring costs to the farmers.

For women farmers, their choice of cultivars outperformed their local mixtures 64%-89% of the time, and by marked production increases (Table).

El programa participativo comprende tres pasos principales: identificación de agricultoras expertas en el cultivo del frijol en las comunidades situadas en la misma zona ecológica de la estación experimental; evaluación por parte de las agricultoras de ensayos experimentales (de 25 variedades) en varias localidades, la cual supone el diálogo con los científicos de la estación; y prueba en el predio familiar de las variedades seleccionadas en la estación experimental.

Hallazgos

Después de cuatro épocas de cultivo en que se hicieron, tanto en la estación experimental como en el predio familiar, más de 350 evaluaciones, se obtuvieron los siguientes resultados principales:

Para los mejoradores, surgieron nuevos criterios para la evaluación de variedades, y se aclaró más la diversidad de necesidades de los diferentes tipos de cultivadores de frijol. Más importante aún fue haber comprendido mejor la base de donde parte el agricultor para hacer la evaluación integral de una variedad. Hay dos implicaciones prácticas inmediatas: una, el rendimiento es importante, pero deben estudiarse sistemáticamente otros atributos de las variedades; la otra, las agricultoras pueden identificar variedades inaceptables con relativa facilidad, lo que eleva la eficiencia de la selección varietal. Al mismo tiempo, las pruebas hechas en el predio familiar trasladan muchos de los costos de supervisión y monitoría a los agricultores.

Para las mujeres agricultoras, los cultivares elegidos por ellas superaron el comportamiento de sus mezclas locales 64% a 89% de las veces, y lograron notables incrementos de producción (Cuadro).

On-farm performance of varieties selected by farmers from on-station trials versus those selected by breeders. Rwanda.

Comportamiento en el predio familiar de las variedades seleccionadas por agricultoras en ensayos de la estación experimental, en comparación con el de variedades seleccionadas por fitomejoradores. Ruanda.

Season (Estación de cultivo)	Trials (Ensayos)	Varieties		Significance
		Outperform local mixture (Superan la mezcla local) (%)	Increase over local mixture (Aumento sobre mezcla local) (%)	
	(no.)			
Farmer selection ^a (Selección de la agricultora) ^a				
1989A	11	73	3.9	NS
1989B	19	89	33.4	P<.01
1990A	36	64	12.9	.05<P<0.1
1990B	18	83	38.0	P<.02
Breeder selection ^b (Selección del fitomejorador) ^b				
1987A	128	54	—	—
1987B	83	43	—	—
1988A	212	50	—	—
1988B	224	50	—	—

a. Butare region. (En la región de Butare.)

b. Countrywide. (En todo el país.)

Breeders, in contrast, chose varieties which outperformed the local mixtures in about 40%-50% of on-farm trials countrywide.

Farmer designed and managed trials resulted in a general upgrading of on-farm testing. Plots and agricultural practices were more representative of small farm bean production, and farmers installed and tended their own home trials with great care.

En cambio, los fitomejoradores seleccionaron variedades que superaron en comportamiento a las mezclas locales 40% a 50% de las veces, en ensayos de finca hechos en todo el país.

Los ensayos diseñados y manejados por las agricultoras contribuyeron, en general, al refinamiento de los ensayos en las fincas. Las parcelas y las prácticas agronómicas representaron mejor las condiciones de producción del pequeño agricultor, y las agricultoras instalaron y atendieron los ensayos en sus predios con sumo cuidado.

These trials generally permitted meaningful interpretation of results for both farmers and researchers.

Expansion

As of 1990, the ISAR program progressed to a second level whereby women experts evaluate 80 varieties in on-station trials (5-7 seasons before conventional on-farm testing) and select for community plots in their own home farming areas. Each community plot, planted and evaluated the following season, allows still another 50 farmers to select improved germplasm for their own needs.

Although initiated in Rwanda, participatory evaluation is also being developed within the Zairian, Ugandan, and Tanzanian national bean programs.

Estos ensayos permitieron, en general, obtener una interpretación útil de los resultados tanto para las agricultoras como para los investigadores.

Ampliación del programa

En 1990, el programa del ISAR avanzó a un segundo nivel, en el que mujeres expertas evalúan 80 variedades en ensayos en la estación experimental (de 5 a 7 épocas de cultivo antes de la prueba convencional en finca) y seleccionan algunas para cultivarlas en lotes comunales situados en la misma área agrícola en que se halla su propio predio. Cada lote comunal, sembrado y evaluado en la siguiente estación de cultivo, permite a otras 50 agricultoras seleccionar germoplasma apto para sus necesidades.

Aunque la evaluación participativa se inició en Ruanda, se está desarrollando también en los programas de frijol de Zaire, Uganda y Tanzania.

Integrated Cassava Development: New Perspectives for the Farmers of Ceará

Desarrollo Integrado de Yuca: Nuevas Perspectivas para Agricultores de Ceará

Two years after its initiation, the impact of the Integrated Project for Cassava Production, Utilization, and Commercialization in Ceará is evident. In many cassava-producing communities, the uncertain prices for "farinha de mandioca" (toasted cassava flour) no longer constitute an obstacle to the technical improvement of the crop; on the contrary, there is incentive to develop it.

Ceará is one of nine states in northeast Brazil and has the highest levels of poverty and unemployment in the country. One of its most important agricultural activities is growing cassava, predominantly by small farmers. About 64% of cassava roots go to production of farinha, a staple of the area; another 25% goes to animal feed; and the rest is eaten fresh.

For some years, the low unstable prices of farinha were affecting cassava production to the point where farmers sometimes stopped planting the crop. Since 1989, the Integrated Cassava Project has sought to remedy this situation by developing improved technology for producing, processing, and marketing the root. It relies on enthusiastic participation by Ceará's agricultural sector, financial support from the W. K. Kellogg Foundation, and technical backup from the Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF) and CIAT.

A new opportunity for dried cassava

Reducing the high fluctuations in farinha prices was one of the project's major objectives.

Dos años después de iniciado el Proyecto Integrado de Producción, Utilización y Comercialización de la Mandioca (yuca) en Ceará, sus efectos son evidentes. En varias comunidades productoras, la incertidumbre sobre los precios de la 'farinha' (harina tostada de yuca) ha dejado de ser un obstáculo para la tecnificación del cultivo y ahora existe motivación para desarrollarlo.

Ceará es uno de los nueve estados del nordeste de Brasil, la región con más altos niveles de pobreza y desempleo del país. Aquí el cultivo de la yuca está principalmente en manos de pequeños productores y constituye una de las actividades agrícolas más importantes. La mayor parte de las raíces (64%) se destina a la producción de 'farinha de mandioca', un alimento básico de la población; 25% se destina a la alimentación animal; y una mínima parte se consume fresca.

Desde años atrás, la inestabilidad y los bajos precios de la farinha han afectado la producción de yuca, al punto que en ocasiones muchos agricultores han dejado de plantarla. El proyecto intenta, desde 1989, remediar esta situación mediante el desarrollo de tecnología mejorada para la producción, el procesamiento y la comercialización de la raíz; para ello cuenta con la entusiasta participación del sector agrícola de Ceará, el apoyo financiero de la Fundación W. K. Kellogg, y el apoyo técnico del Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF) y del CIAT.

Nueva oportunidad para el secado de yuca

Disminuir las altas fluctuaciones en los precios de la farinha era uno de los objetivos básicos del proyecto.

Therefore, an alternative market for the root was sought in the production of "raspas" (dried cassava chips) for animal feed. Even though eight drying plants, constructed in Ceará between 1981 and 1987, did not have the hoped-for success, their experiences were valuable and showed the project's feasibility.

One major limitation to the original drying plants' success was their organization, which was based on the model of large cooperatives with 400 to 500 producer-members. This discouraged participation by the individual farmer. In contrast, small plants in Colombia and Ecuador have had excellent results. These experiences led the Ceará project to adopt an agroindustrial model based on small groups, resulting in the establishment of 49 plants, with 11 more being developed.

A plant operating at Lagoa Grande, in the municipality of Acaraú, and one of the most dynamic, will enlarge its 400-m² drying patio to 1000 m² for the next harvest (Photo 1).

The local farmers find it advantageous to sell fresh cassava directly to the plant, because they do less work, save on costs of farinha production and selling, and obtain immediate payment for their produce. Of the roots processed from the harvest of July to November 1990, 40% were produced by 26 members and the remaining 60% came from nonmembers.

In Acaraú, as in other parts of Ceará, the buyers of dried cassava are mostly ranchers (Photo 2).

Para el efecto se buscó crear un mercado alternativo para la raíz, mediante la producción de 'raspas' (trozos de yuca seca) para la alimentación animal. Ocho plantas de secado que se habían construido en Ceará entre 1981 y 1987 no habían tenido el éxito esperado; sin embargo, dejaron valiosas experiencias y demostraron la factibilidad del proyecto.

Una de las principales limitaciones para el éxito de aquellas primeras plantas de secado fue su modelo de organización que, basado en grandes cooperativas con 400 a 500 socios productores, no estimulaba la participación individual de aquéllos. Esta experiencia y la obtenida en Colombia y Ecuador, donde las plantas pequeñas han dado excelentes resultados, determinaron la adopción por el proyecto en Ceará de un modelo agroindustrial basado en grupos pequeños. Ahora hay allí 49 plantas perfectamente establecidas, y 11 más en etapas avanzadas de organización.

Una de las plantas más activas es la que funciona en Lagoa Grande, en el municipio de Acaraú, y cuyo patio de secado de 400 m² se ampliará a 1000 m² para la próxima cosecha (Foto 1).

Vender yuca fresca a esa planta es ventajoso para los agricultores de la región porque implica menos trabajo y menos costo que procesarla para producir y vender la farinha, y porque en la planta obtienen pago inmediato. De las raíces que se procesaron en la cosecha de julio a noviembre de 1990, 40% pertenecía a los 26 socios; los no socios aportaron el 60% restante.

Los compradores de la yuca seca en Acaraú, como en todo Ceará, han sido principalmente numerosos ganaderos vecinos (Foto 2).



1 Cassava farinha and chip processing plant in Lagoa Grande. Above, women peel roots for farinha; below, chip-drying patio.

1 Unidade processadora de farinha y de raspas de yuca en Lagoa Grande. Arriba, algunas mujeres pelan raíces para la farinha; abajo, patio para el secado de las raspas.



1

However, the irregular supply of sufficiently large volumes of cassava still constitutes an obstacle to capturing the market of large feed-concentrate manufacturers. Nevertheless, the situation is expected to improve in the future.

Improving production practices

The low adoption of improved technology and the poor quality of planting material have been the major limitations to increasing cassava production in Ceará.

The project aims to overcome these limitations, mainly through technical assistance. According to Antonio Raimundo dos Santos, the Brazilian leader of the project, "the extensionist working beside the producer has been one of the



2

A nivel del estado, la irregularidad en la oferta de volúmenes suficientemente grandes todavía es un obstáculo para capturar el interés de las grandes empresas fabricantes de concentrados para animales, pero se espera mejorar esta situación en el futuro.

Mejoramiento en las prácticas de producción

La escasa adopción de tecnología mejorada y la baja calidad del material de siembra habían sido las mayores limitaciones para incrementar la producción de yuca en Ceará.

El proyecto busca superar estas limitaciones principalmente mediante la asistencia técnica. En opinión de Antonio Raimundo dos Santos, líder brasileño del proyecto, "la presencia del extensionista junto al productor ha sido uno de los

2 According to Paulo Andrade from Acaraú, "by using dried cassava chips to supplement pastures for cattle, I get more milk, the cows improve and fatten more,... Handling chips is easier than handling fresh cassava: you can keep them, and give them in quantity to the cows. They're just great!"

2 Según Paulo Andrade, en Acaraú, "usando raspas de yuca seca como suplemento del pasto para el ganado puedo obtener mejor producción de leche, el ganado se pone mejor y engorda más... La manipulación de las raspas es más fácil que la de yuca fresca; usted puede guardarlas y darlas en cantidad al ganado. ¡Son una belleza!"

most important factors of success, together with the financial support from the Kellogg Foundation, which provides a flexibility that was previously absent Large numbers of past projects were unsuccessful because there was no guarantee of continued assistance as there is now."

In the vicinity of the drying plants, preproduction and seed production plots have been established through communal work. In the preproduction plots, researchers, extension workers, and farmers together evaluate improved technologies and local practices in order to integrate them into a set of technical recommendations for each plant's area of influence. The best regional varieties are multiplied in the seed production plots in order to supply planting material to farmers.

As a result of these activities, together with the economic incentive arising from the production and sale of cassava chips, producers have begun to identify new varieties and to adopt improved technologies for their own fields. Fertilization, mostly with organic matter, and seed selection are the practices most frequently adopted.

Economic effects

Data on cassava processing in Ceará indicate that, in 1990, with chip production, the farmer earned 4.48 cruzeiros per kilogram, whereas with farinha production, he lost 3.57 cruzeiros. Nevertheless, the project's positive effect on farinha prices is already beginning to show (Figure 1), even though, during the last harvest, chips represented only 0.5% of the volume of farinha produced.

más importantes factores de éxito; los fondos aportados por la Fundación Kellogg han permitido una agilidad que antes no se tenía... Cantidades de proyectos anteriores no tuvieron éxito porque no se pudo garantizar la asesoría constante, como se está haciendo ahora".

En las vecindades de las plantas de secado se han establecido parcelas de preproducción y de producción de semillas, por medio de trabajo comunitario. En las primeras, investigadores, extensionistas y agricultores están validando conjuntamente tecnologías mejoradas y prácticas locales, para integrar un conjunto de recomendaciones técnicas para cada área de influencia de las plantas. En las parcelas de producción de semillas se multiplican las mejores variedades de la región para suministrar material de siembra a los productores.

Como resultado de estas actividades y del estímulo económico propiciado por la producción y venta de raspas, los productores han empezado a identificar nuevas variedades y a adoptar mejores tecnologías en sus propios campos. La fertilización, principalmente con materia orgánica, y la selección de semillas son las prácticas con mayor adopción.

Efectos económicos

Datos sobre el procesamiento de yuca en Ceará indican que en 1990 el agricultor obtuvo, con la producción de raspas, una ganancia de 4.48 cruzeiros por kilogramo mientras que con la producción de farinha tuvo una pérdida de 3.57 cruzeiros. Sin embargo, el efecto favorable del proyecto en los precios de la farinha ya empieza a manifestarse (Figura 1), a pesar de que en la última cosecha las raspas representaron sólo un 0.5% del volumen de la farinha producida.

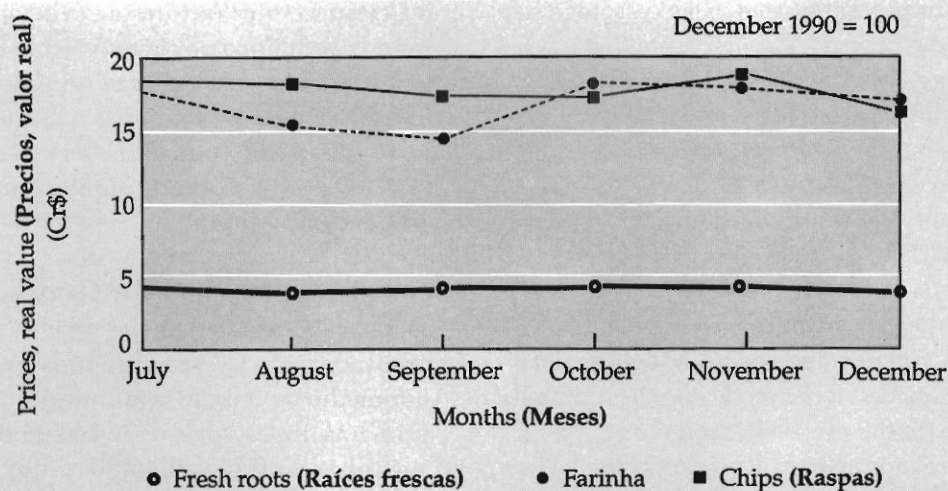


Figure 1. Comparison of monthly average prices for fresh cassava, "farinha," and chips during the 1990 processing season. (Exchange rate: Cr\$90.00 = US\$1.00, approximately.)

Comparación entre el promedio mensual de los precios de yuca fresca, farinha y raspas, en la época de procesamiento de 1990. (Cambio: US\$ 1.00 = Cr \$ 90, aproximadamente.)

"The project does not yet have a significant impact," says Antonio Raimundo da Silveira, manager of the Lagoa Grande cooperative, "but at least we now have an alternative for selling the root, which we didn't have before, when we only made farinha, and were losing money with it."

Besides economic benefits to individual farmers, the groups have also profited from the chipping operation. The earnings are distributed among members, used as working capital, and as a source of credit for members producing cassava.

Cassava drying has also opened up new sources of employment: the plant at Lagoa Grande, for example, employs a

"El proyecto no tiene todavía un gran impacto", dice Antonio Raimundo da Silveira, gerente de la cooperativa de Lagoa Grande, "pero al menos ahora tenemos una alternativa para vender la raíz, que antes no había porque sólo hacíamos farinha. Con la farinha perdíamos dinero".

Aparte de los beneficios económicos individuales para los productores, todos los grupos han obtenido ganancias en la operación del campo de raspas. Estas se distribuyen en parte entre los socios, como reserva para capital de trabajo, y como crédito para la producción de yuca por los socios.

El secado de la yuca también ha abierto nuevas fuentes de empleo. La planta de Lagoa Grande, por ejemplo, emplea a un

3 According to Antonia Francisca Souza Freitas, member of the poultry-fattening project in Pozo dos Caballos (Trairí), "this is better, because we believe that we're going to earn more money. I think that this is going to be easier than peeling cassava to make farinha."

3 Según Antonia Francisca Souza Freitas, socia del proyecto de engorde de pollos en Pozo dos Caballos (Trairí), "esto es mejor para uno, porque creemos que va a dar más ganancias. Creo que va a ser más fácil que pelar yuca para la farinha".



3

manager and two assistants; their wages are equivalent to 10% of the value of processed roots. The assistants rotate at each harvest so that other farmers have a chance.

However, chip production reduces employment opportunities for women involved in farinha production. This situation may be compensated by increasing family income through cassava chipping and drying, and through initiating other, possibly more profitable, activities. An example is a small poultry-fattening enterprise that a group of 17 women are setting up in Pozo dos Caballos, in the municipality of Trairí (Photo 3).

Overall, taking into account farmer earnings from sales of cassava to drying plants, wages earned, and members' shares in group profits, the main beneficiaries of the drying project are the small farmers with 1 to 2 hectares. Larger farm owners received fewer total benefits (Figure 2).

gerente y dos auxiliares, cuyos salarios equivalen al 10% del valor de las raíces procesadas. Los auxiliares cambian en cada cosecha para dar oportunidad a otros agricultores.

No obstante, la producción de raspas puede significar una reducción en las oportunidades de empleo para las mujeres, ya que son ellas quienes actualmente participan más en la elaboración de la farinha. Esa situación podría compensarse con los mayores ingresos que la producción de yuca seca comporta a la familia, y mediante otras actividades, posiblemente más rentables. Un ejemplo es la pequeña empresa de engorde de pollos que un grupo de 17 mujeres está iniciando en Pozo dos Caballos, en el municipio de Trairí (Foto 3).

Considerando el total de las ganancias de cada agricultor por la venta de yuca a los campos de secado, los salarios devengados y la participación en las utilidades obtenidas por el grupo, los principales beneficiados con el proyecto de raspas son los propietarios de parcelas de 1 a 2 hectáreas. Los propietarios de parcelas mayores reciben menores beneficios totales (Figura 2).

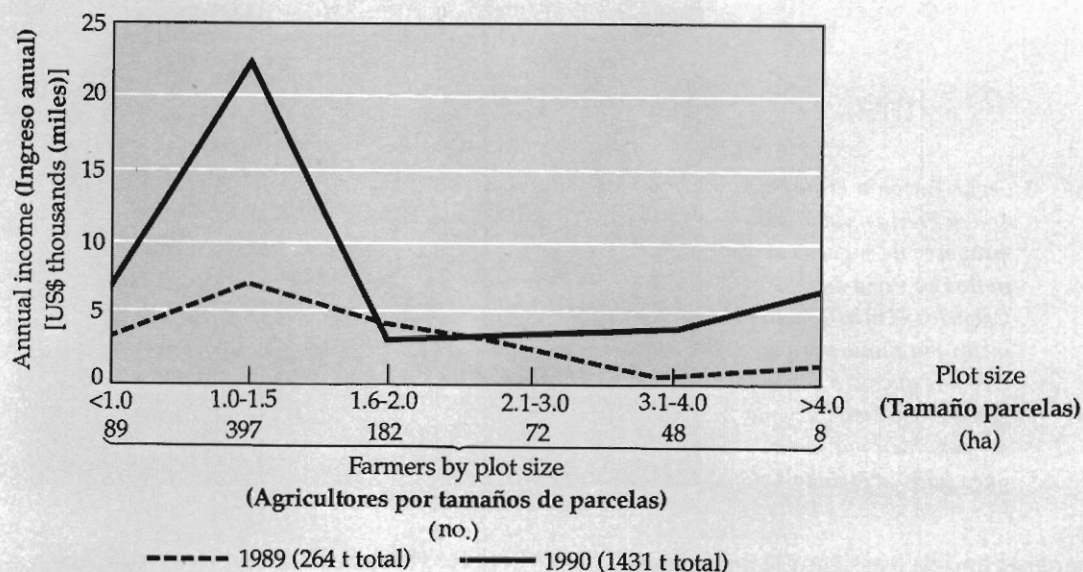


Figure 2. Distribution of total annual income from the Integrated Cassava Production Project, according to plot size.

Distribución de los ingresos anuales totales del Proyecto Integrado de Producción, según tamaño de las parcelas.

Coordination and training: key factors

Coordination among the entities involved in the project, especially those responsible for research and extension, has been a major factor in the project's success, and has also enabled optimal use of scarce resources.

The Comitê Estadual da Mandioca is the coordinating body, and is responsible for the daily planning of project activities. The committee is made up of technical and administrative representatives of the Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) and the Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE). It is chaired by the representative of the Secretaria de Agricultura y Reforma Agraria (SEARA). Other entities from the state's agricultural sector sometimes participate.

Coordinación y capacitación, factores clave

La coordinación entre las entidades comprometidas en el proyecto, especialmente entre las responsables de la investigación y la extensión, ha sido uno de los factores de éxito y ha permitido maximizar los recursos, que son escasos.

El Comitê Estadual da Mandioca es el organismo coordinador, y responde por la planeación diaria de las actividades del proyecto. Está constituido por representantes técnicos y administrativos de la Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) y de la Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE); lo coordina la Secretaria de Agricultura y Reforma Agraria (SEARA). Algunas veces participan en el comité otras entidades del sector agrícola del estado.

Additionally, regional committees in the principal project areas are being formed in order to decentralize administration and facilitate participation by local technicians and farmer groups in decision making. At the municipal level, technical teams of extensionists, social workers, and technicians help rural communities organize and administer their cassava production and processing activities.

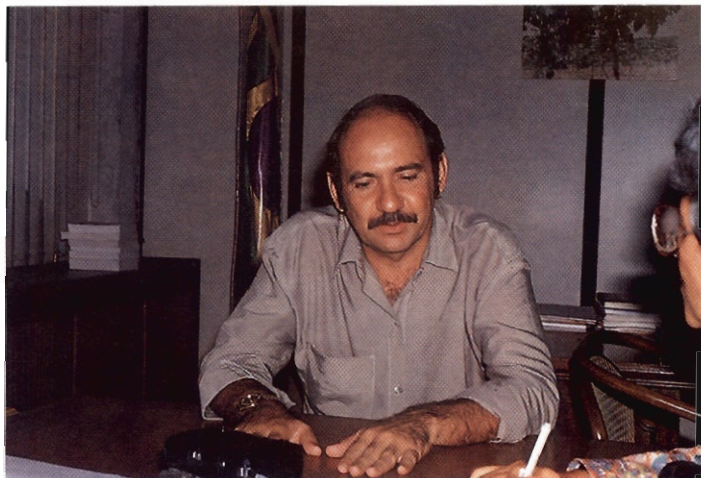
Training has been an important activity, even before the project began; for example, between 1979 and 1987, a tour of three Asian countries to study cassava processing was undertaken, two courses were organized by CIAT at its headquarters and in the Colombian North Coast, and a course was offered by EMATERCE in Ceará. The technicians involved learned more about cassava drying and organizing farmer groups. In addition, in 1987, several directors of state agricultural institutions in northeast Brazil visited CIAT and the cassava-drying projects in Ecuador and Colombia.

Bernardo Ospina, the CIAT official assigned to the project, considers that these previous activities "motivated the region's agricultural policy makers, created a positive environment for the project, and prompted Brazilian technicians to diagnose the situation and formulate a proposal for promoting cassava drying. This led to the formation of the *Comité Estadual da Mandioca*. This committee was instrumental in the project's establishment and is now the mainstay of its operations in Ceará."

Por otra parte, se están estableciendo comités regionales en las principales áreas del proyecto, con el fin de descentralizar la administración y facilitar la participación en la toma de decisiones de los técnicos locales y de los grupos de agricultores. Además, en cada municipio donde funciona el proyecto, equipos técnicos de extensionistas, asistentes sociales y especialistas ayudan a las comunidades rurales en la organización y administración de la producción y procesamiento de la yuca.

La capacitación ha sido un importante componente, y se inició aún antes del presente proyecto. Así, entre 1979 y 1987 hubo varios eventos, como una gira por tres países asiáticos para observar el procesamiento de la yuca, dos cursos organizados por el CIAT en su sede y en la costa atlántica colombiana, y un curso ofrecido en Ceará por EMATERCE. Todos ellos dieron a varios técnicos brasileños la oportunidad de conocer más acerca del secado de la yuca y de la organización de grupos de productores. Adicionalmente, en 1987 varios directivos del sector agrícola del nordeste brasileño visitaron el CIAT y los proyectos de secado de yuca de Ecuador y Colombia.

Bernardo Ospina, funcionario del CIAT asignado al proyecto, considera que esa actividad previa "motivó a quienes deciden la política agrícola de la región, creó una situación propicia para el proyecto, dio lugar a que técnicos brasileños elaboraran un diagnóstico de la situación y una propuesta para estimular el secado de la yuca, y condujo a la formación del *Comité Estadual da Mandioca*. Este comité fue factor decisivo para el establecimiento del proyecto y actualmente es el eje del trabajo que se está adelantando en Ceará".



4

4 Luis Sergio Sobreira, president of EMATERCE, suggests that "the project itself created a mentality of emphasizing cassava, which meant that official institutions were motivated to invest in it. However, concerning the project's stability, we will only relax when the marketing process is consolidated."

4 Luis Sergio Sobreira, presidente de EMATERCE, opina que "el proyecto por sí solo creó una mentalidad de priorizar la yuca, lo que significa que las instituciones oficiales estarían motivadas a invertir en ella. Sin embargo, nosotros sólo estaríamos tranquilos en relación con la estabilidad del programa en la medida en que el proceso de comercialización se consolide".

Training has included cassava production, processing, and marketing, as well as management and organization of farmer groups. In 1990, during the project's second year, 20 courses were offered to 289 technicians and 140 farmers, together with 29 tours and field days for 375 farmers. The project is now beginning to be used as a training ground for other northeastern states of Brazil.

Prospects

In Ceará, cassava is no longer "a third-class product" in official programs. For its five-year plan, the Ceará government chose cassava as one of the three most important crops (together with cotton and cashew) in its development strategy. According to Dr. Luis Sergio Sobreira, president of EMATERCE, "this can be attributed, in part, to work carried out in collaboration with CIAT, with additional support from the Kellogg Foundation and the Ceará institutions committed to integration" (Photo 4).

La capacitación ha comprendido temas como producción, procesamiento y comercialización de yuca, y gestión y organización de grupos de agricultores. En 1990, segundo año de labores del proyecto, se efectuaron 20 cursos con la participación de 289 técnicos y 140 agricultores; también se realizaron 29 excursiones y días de campo para 375 agricultores. Ahora el proyecto está comenzando a ser utilizado como un área de capacitación para otros estados del nordeste.

Perspectivas

La yuca ha dejado de ser 'un producto de tercera línea' en los programas oficiales de Ceará. Ahora el gobierno la ha escogido, junto con el algodón y el marañón, como uno de los tres productos más importantes para su estrategia de desarrollo para cinco años. Según el doctor Luis Sergio Sobreira, presidente de EMATERCE, "esto se puede atribuir en parte al trabajo que se ha desarrollado en cooperación con el CIAT, con el apoyo de la Fundación Kellogg y con el compromiso de integración entre las instituciones de Ceará" (Foto 4).

Expected demand for dried cassava chips as a possible substitute for maize (the demand for which in Ceará is estimated at 400 to 500 thousand metric tons per year) is 200 thousand metric tons. The animal feed industry would be the largest user of chips, but entering this market can be achieved only if large volumes can be supplied on a regular basis and with adequate quality control.

Farmers are now beginning to adopt improved technologies to increase productivity, and are becoming motivated to expand cultivation area and drying facilities. However, Brazilian technicians and leaders consider that technical and financial support must continue for several years in order for this process to be consolidated.

Considerando las raspas de yuca seca como un posible sustituto del maíz, cuya demanda actual en Ceará se estima entre 400 y 500 mil toneladas anuales, la demanda esperada para las raspas puede ser de 200 mil toneladas. La industria de alimentos para animales sería el mayor consumidor de la raspa de yuca, pero este mercado sólo se podrá captar en la medida en que se ofrezcan regularmente volúmenes apreciables, con un buen control de calidad.

Ahora los agricultores están empezando a adoptar mejores tecnologías para aumentar la productividad, y se están motivando para incrementar el área de cultivo y los campos de secado. Sin embargo, técnicos y directivos brasileños consideran que el apoyo técnico y financiero debe prolongarse durante varios años para que este proceso se consolide.

Local Women Entrepreneurs Process Cassava in Ecuador

Microempresarias Procesan Yuca en Ecuador

For many women farmers in Manabí Province, Ecuador, the dream of earning an income and using it freely to meet family needs, is slowly becoming reality. This has been made possible through their participation in community work, involving the extraction and marketing of cassava starch. Equally important, the new activity heightens their self-esteem and awareness of new capacities, and encourages favorable changes in their attitudes and those of their families and communities (Photo 1).

The extraction and marketing of starch are carried out within the framework of the Cassava Production, Processing, and Marketing Project. Collaborating in this project are CIAT, various Ecuadorean entities, the U.S. Agency for International Development (USAID), the U.S. PL-480 Fund, the Canadian Embassy, the Canadian International Development Research Centre (IDRC), and the British Embassy.

The historical and institutional context

Until 1985, when the Ecuadorean government decided to lower the wheat and maize subsidies, cassava was only a subsistence crop. Even so, the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) had done some agronomic research on cassava and, since the 1970s, CIAT's Cassava Program had been doing regional testing.

In 1980, at the request of the Ecuadorean government, CIAT made a visit, during which it was concluded that whatever

Para algunas mujeres campesinas de la provincia ecuatoriana de Manabí, poder generar ingresos y asignarlos libremente a la satisfacción de necesidades familiares es un sueño que poco a poco se hace realidad. Esto se debe al trabajo que están realizando comunitariamente para extraer y comercializar almidón de yuca. Sin embargo, no menos importantes que los ingresos son el proceso de superación derivado de su nueva actividad, la conciencia de sus capacidades, y los cambios favorables en sus propias actitudes y las de sus familias y comunidades (Foto 1).

Esta actividad de extracción y comercialización de almidón se lleva a cabo dentro del marco del Proyecto para la Producción, el Procesamiento y la Comercialización de la Yuca, que realizan conjuntamente varias entidades ecuatorianas y el CIAT. Cuentan para ello con la colaboración de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) y el Fondo PL-480 de Estados Unidos; la Embajada y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá; y la Embajada Británica.

El contexto histórico e institucional

Hasta 1985, cuando el gobierno de Ecuador decidió rebajar los subsidios al trigo y al maíz, la yuca era sólo un cultivo de subsistencia. No obstante, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) había adelantado trabajos de investigación agronómica en yuca y el Programa de Yuca del CIAT venía realizando, desde la década del 70, algunas pruebas regionales.

A solicitud de Ecuador, en 1980 el CIAT había visitado ese país y concluido que cualquier programa para el desarrollo del

1 *Members of the Asociación Primero de Abril, Las Piedras, Junín, Manabí, stand on the drying floor that they themselves helped build for drying starch and, eventually, for drying roots.*

1 *Socias de la Asociación Primero de Abril, comunidad de Las Piedras, parroquia de Junín, Manabí, en la pista que ellas mismas ayudaron a construir para el secado del almidón, y posiblemente para el secado de raíces.*



1

program which supported cassava production would be next to useless while the high subsidies for crops competing with cassava persisted. Consequently, the 1985 governmental measure not only stimulated cultivation, but also encouraged CIAT to initiate, together with rural sector institutions, a survey in Manabí, Ecuador's largest cassava-producing region (Map). The purpose was to determine the likelihood of successfully producing dried cassava and obtaining results comparable with those of the Colombian North Coast region.

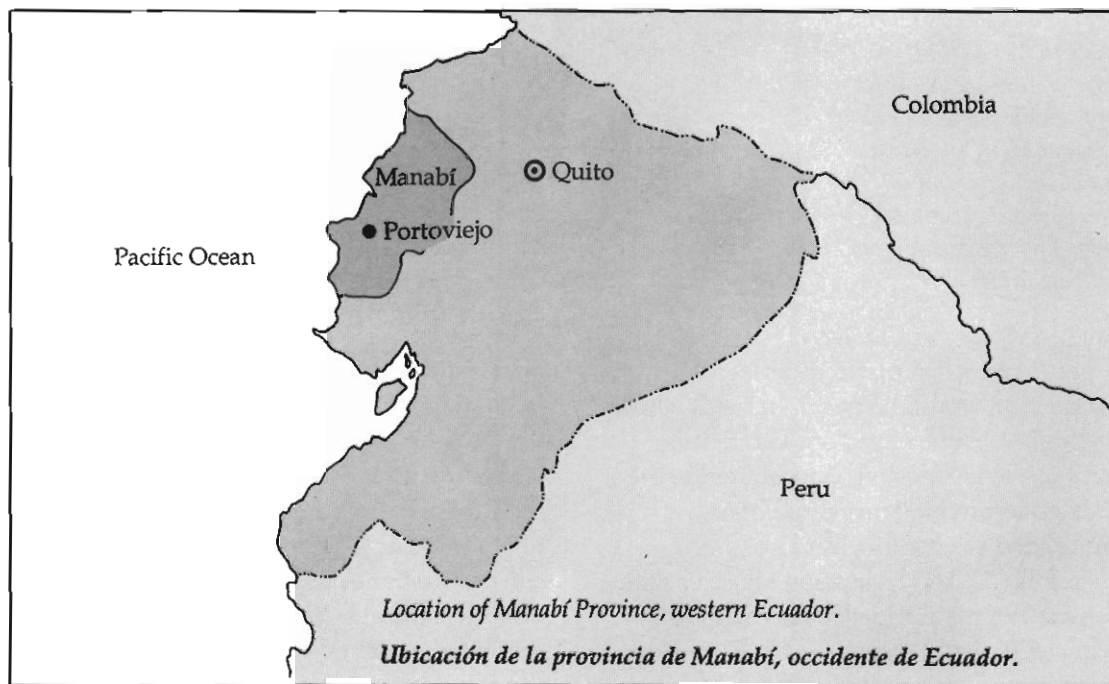
In Manabí, under the guidance of such entities as the Ministry of Agriculture (MAG), local groups were soon organized, becoming the first associations of cassava producers and processors (APPYs). The APPYs began producing dried cassava chips, initially for the poultry feed market. Later on, because of its agglutinant properties and high carbohydrate contents, the flour produced from dried cassava chips created demand for feed concentrate for shrimps—an important export industry for Ecuador (see *CIAT International*, vol. 7, no. 2, 1988). This market therefore stimulated the creation of new APPYs.

From the beginning, Steven Romanoff, who initiated the project for CIAT, encouraged producers to set up an

cultivo de la yuca sería inocuo mientras persistieran allí los altos subsidios a productos competidores con la raíz. Por eso la medida gubernamental de 1985 no sólo constituyó un estímulo para el cultivo sino que motivó al CIAT para iniciar, de acuerdo con instituciones del sector agropecuario, una investigación en Manabí, la provincia más productora de yuca en Ecuador (Mapa). El propósito era determinar si se podía repetir allí con éxito la producción de yuca seca con los efectos que tuvo en la costa atlántica colombiana.

Pronto se empezaron a organizar en Manabí, bajo la orientación de entidades como el Ministerio de Agricultura (MAG), grupos vecinales que constituyeron las primeras Asociaciones de Productores y Procesadores de Yuca (APPY). Estas APPYs comenzaron a producir yuca seca en trozos, inicialmente con destino al mercado de alimentos para aves. Luego se vio que, debido a sus propiedades como aglutinante y como fuente de carbohidratos, la harina producida de los trozos secos tenía mercado en fábricas de concentrados para camarones, una importante industria de exportación ecuatoriana (ver *CIAT Internacional*, vol. 7, no. 2, 1988). Este mercado estimuló la creación de nuevas APPYs.

Desde un principio Steven Romanoff, iniciador del proyecto por parte del CIAT, estimuló a los productores a constituir una



organization that could assume management and leadership in cassava processing. This soon led the APPYs to integrate into a second-level organization which channels national and international resources for the project. This organization is known as the Unión de Asociaciones de Productores y Procesadores de Yuca (UAPPY). It is very active in assisting and training its associates, and is responsible for marketing and for identifying new and better markets for cassava products (Photo 2).

Participating in the project are MAG, which advises the UAPPY in legal and accounting matters; INIAP, which performs production research; and the Universidad Tecnológica de Manabí, whose graduates do surveys of interest to the UAPPY, with economic support from the project.

organización con poder de gestión y capacidad para asumir el liderazgo en el procesamiento de la yuca. Esta idea condujo a la agrupación de las APPYs en una organización de segundo orden, la cual se fortaleció al canalizar a través suyo los recursos procedentes de entidades nacionales e internacionales para el proyecto. Así nació la Unión de Asociaciones de Productores y Procesadores de Yuca (UAPPY), entidad que desarrolla una intensa labor de asesoría y capacitación para sus afiliados, y se encarga de la comercialización e identificación de nuevos y mejores mercados para sus productos (Foto 2).

En el proyecto participan: el MAG, que asesora a la UAPPY en aspectos jurídicos y contables; el INIAP, a cargo de la investigación para la producción; la Universidad Tecnológica de Manabí, algunos de cuyos egresados realizan investigaciones de interés para la UAPPY, con el apoyo económico del proyecto.

2 *Members of the UAPPY's current administrative team: (left to right) Jenny Mendoza, accounting assistant; Vicente Ruiz, project officer and technical assistant; Colón Mendoza, general administrator; and Francisco Paredes, president.*

2 *Miembros del equipo administrativo actual de la UAPPY. De izquierda a derecha: Jenny Mendoza, asistente de contabilidad; Vicente Ruiz, jefe de proyectos y asistencia técnica; Colón Mendoza, administrador general, y Francisco Paredes, presidente.*



2

Since 1988, a private Ecuadorean institution, the Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO), has played a key role in the project. FUNDAGRO provides technical and economic support for research, counselling for the smooth operation of the UAPPY, and training for producers.

For its part, CIAT offers counselling and training for technicians and UAPPY associates and promoters; carries out socioeconomic studies; and provides technical assistance in cassava processing.

Women in the UAPPY

Of the 18 associations that currently form the UAPPY, six have only men as members, four have only women as members, and the remaining eight associations are mixed. Although the women's associations usually extract cassava starch, their intention is to diversify. According to Francisco Paredes, UAPPY's current president, "The work women do in the organization is very good ... most of them understand it and have no problems."

Desde 1988, una institución ecuatoriana de derecho privado, la Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO), se ha convertido en factor clave para el proyecto: apoya técnica y económicamente las investigaciones, presta su asesoría para el buen funcionamiento de la UAPPY, y contribuye a la capacitación de los productores. El CIAT, por su parte, ofrece asesoría y capacitación a técnicos y a socios o promotores de la UAPPY, realiza investigaciones y estudios socioeconómicos y presta asistencia técnica en el área de procesamiento.

Las mujeres en la UAPPY

De las 18 asociaciones que conforman actualmente la UAPPY, seis son totalmente masculinas, cuatro totalmente femeninas y ocho son mixtas. Las femeninas están orientadas hacia la extracción de almidón de yuca, aunque no es su propósito dedicarse exclusivamente a esa actividad. En opinión de Francisco Paredes, presidente actual de la UAPPY, "el trabajo que están haciendo las mujeres en la organización es muy bueno ... la mayoría de ellas lo entienden y no tienen ningún problema".

Members of the starch extraction plants prefer to produce high quality starch for human consumption because of higher prices. To achieve top quality, a more exacting process is required than for poorer quality starches. The cassava must be washed after peeling, beaten to a slurry, and left to settle, after which the scum is skimmed off and the starch spread over paper to dry in the sun.

Except for grating, which is done with a gasoline-driven grater, all the processes are entirely manual, and some require considerable physical strength; for example, repeatedly lifting 20 to 30-kg bags for weighing purchased fresh cassava roots and when selling starch and waste pulp.

Women members work in turns, which are assigned, supervised, and paid for by the administrator, according to a schedule that the group draws up for the year. Despite the heavy work, the women are happy with the project because, as they say, "We now have money at hand to pay for family expenses ...," "over only a few years there were courses and we learned...," "we made new friends...."

Challenges faced by the San Vicente de Bijahual association

The Asociación de Mujeres Progresistas de San Vicente de Bijahual was organized in 1986 at San Vicente in the Calderón municipality. With economic assistance from USAID, the association had constructed and equipped a small installation (120 m²) for producing cassava, plantain, and maize flours, and cassava starch. Financial and marketing difficulties forced the group to abandon their activities. A year later, with support

Las socias de las plantas para extracción de almidón prefieren producir el de calidad superior, para consumo humano, porque tiene mejor precio. Para el efecto, siguen un procedimiento más cuidadoso que el aplicado para producir tipos de calidad inferior: lavan la yuca después de pelada, baten la lechada antes de dejarla sedimentar para sacar la 'cachaza' o 'mancha', y extienden el almidón sobre papel para secarlo al sol.

Con excepción del rallado, que se efectúa con una ralladora movida por motor de gasolina, las demás labores de producción son estrictamente manuales, y algunas requieren gran esfuerzo físico. Por ejemplo, levantar repetidamente sacos de 20 a 30 kg para pesarlos al comprar la yuca fresca y vender el almidón y el bagazo.

Las socias trabajan por turnos que la administradora asigna, supervisa y paga, basada en un plan que el respectivo grupo elabora para el año. A pesar de la rudeza de su trabajo, las mujeres se manifiestan satisfechas con el proyecto porque, según sus palabras, "ahora tenemos dinero a la mano para los gastos de la familia....", "en pocos años han habido cursos y se aprende...." "hemos ganado amistades..."

Los retos para las socias de San Vicente de Bijahual

Desde 1986 se había organizado en San Vicente, municipio de Calderón, la Asociación de Mujeres Progresistas de San Vicente de Bijahual. Con ayuda económica de la AID, la asociación había construido y dotado una pequeña instalación (120 m²) para producir harinas de yuca, plátano y maíz, y almidón de yuca. El grupo tuvo que abandonar sus actividades por falta de dinero y fallas en la comercialización. Un año después, con el apoyo del MAG y del

from MAG and CIAT, the group reorganized and began to produce cassava starch, and was eventually admitted to the UAPPY in 1988.

By 1990, when the members had improved their efficiency at work, marketing problems forced them to change from production of starch for human consumption to that of ordinary starch. This change and the impossibility of expanding the plant reduced salaries for the members. In addition, profits per member were the lowest in the UAPPY (less than 8000 sucres), whereas in other APPYs they were as high as 200,000 sucres, that is, about US\$285 ($S/700 = US\1 in July 1990).

The San Vicente association finally purchased a sufficiently large lot of almost one hectare by means of a donation and credit obtained through the UAPPY. With assistance from the Instituto Nacional del Niño y la Familia (INNFA), the old plant is being transformed into a day nursery, which will be run by members and will benefit the entire community. The new plant, which will begin operation during the harvest of early 1991, will demand considerable work and management ability from its members in order to fulfill obligations and meet expectations. However, this does not frighten the members: "We are capable, we were capable, and we will be capable" affirms Rigna García, ex-president of the group.

Moreover, the San Vicente APPY accepted the challenge of testing, in 1991, a technology, new for Ecuador and dubbed "the technology from Colombia," based on sedimentation canals for starch production. Testing will be done by CIAT in collaboration with the UAPPY.

CIAT, se reorganizó y empezó a producir almidón de yuca, para finalmente ser admitido en 1988 como miembro de la UAPPY.

En 1990, cuando las socias habían ganado eficiencia en su trabajo, problemas de mercadeo las obligaron a cambiar la producción de almidón para consumo humano por almidón corriente. Ese hecho y la imposibilidad de ampliar la planta ocasionó una disminución en los salarios. Asimismo, las utilidades por socia resultaron ser las más bajas de la UAPPY: menos de 8000 sucres, mientras en otras APPYs llegaron a 200,000 sucres (aproximadamente US\$285; $S/700 = US\$1$ en julio 1990).

Finalmente la APPY San Vicente adquirió un lote adecuado, de casi una hectárea, mediante una donación y un crédito obtenidos a través de la UAPPY. Ahora la vieja planta se transformará en una guardería que, con la ayuda del Instituto Nacional del Niño y la Familia (INNFA), será atendida por las socias y beneficiará a toda la comunidad. La nueva planta, que empezará a operar en la cosecha del primer semestre de 1991, requerirá mucho trabajo y capacidad empresarial por parte de las socias, para cumplir con sus compromisos y responder a las expectativas. Sin embargo, eso no parece arredrarlas: "Somos capaces, hemos sido capaces y capaces seguiremos siendo", expresa Rigna García, expresidenta del grupo.

Por otra parte, la APPY San Vicente ha aceptado el reto de probar, a partir de 1991, una tecnología nueva para Ecuador: 'la tecnología de Colombia', basada en el uso de canales para la sedimentación del almidón. Esta se probará en Manabí dentro de una investigación que está iniciando el CIAT en colaboración con la UAPPY.



3

According to Susan Poats, CIAT's current consultant for the project, "Although there has always been a technology for producing dried cassava, the women had no way of improving that for starch processing, and it was about time. This is not a story of big successes, but rather a story of how to adjust the wishes of a group to a given social system and a given technology" (Photos 3 and 4).

For its part, the group's expectations are expressed by Blanca de Ruiz, the current president, "We have faith in this technology, that it will be very good. I feel that things will be better and that we will be able to obtain better quality starch."

The human factor

The changes in knowledge, aptitudes, and attitudes of the Manabí men and women involved in the project, and the maturity achieved by their organization, the UAPPY, constitute the most important results of the project. Over the years, the UAPPY has consolidated itself as an authentic and efficient representative of its members in the eyes of both public and



4

Según Susan Poats, actual asesora del CIAT en el proyecto: "Hasta ahora había una tecnología para producir yuca seca, pero las mujeres no tenían una para mejorar su proceso de almidón, y ya era hora. Por otra parte, ésta no es una historia de éxitos enormes, sino una historia de cómo ajustar los deseos de un grupo frente a un sistema social, y frente a una tecnología" (Fotos 3 y 4).

Las expectativas del grupo, por su parte, se reflejan en las palabras de Blanca de Ruiz, la actual presidenta: "Nosotras tenemos fe en que esta tecnología va a ser muy buena. Siento que va a ser mejor y vamos a poder obtener mejor calidad de almidón".

El factor humano, primer beneficiado

Los cambios en los conocimientos, aptitudes y actitudes de los hombres y mujeres de Manabí vinculados al proyecto, y la madurez que ha alcanzado su organización, la UAPPY, constituyen el efecto más importante. A lo largo de los años la UAPPY se ha consolidado como auténtica y eficiente representante de sus afiliados ante entidades públicas y privadas

3 *Members of the San Vicente de Bijahual APPY crumble the starch before drying it.*

3 *Socias de la APPY de San Vicente de Bijahual desmenuzando almidón previamente a su secado.*

4 *Referring to the advantages of the Asociación de Mujeres Progresistas de San Vicente de Bijahual, its president, Blanca de Ruiz, says, "Before, we were on the edge; now we are coming into the clear."*

4 *Refiriéndose a las ventajas de la Asociación de Mujeres de San Vicente de Bijahual, su presidenta, Blanca de Ruiz, dice: "antes estábamos marginadas, pero ahora vamos saliendo un poquito a la claridad".*

private entities. It has proven itself capable of making increasingly mature decisions, and of watching over the progress and interests of its members.

Women, traditionally underestimated in their ability for activities outside the home, are beginning to feel more confident as generators of ideas. They are being more readily accepted as "colleagues" by men in the production tasks. In a region where there are practically no self-employment opportunities for women, to be an APPY member is a means of developing and demonstrating capacity, and of being valued by the community.

The rural family is the first to benefit from women's participation in the cassava project, as shown by surveys. Preliminary results of an impact study in the region show that women use their income principally to meet home needs such as food, clothes, health services, and education.

Moreover, the importance of cassava and its prospects are increasing, not only in Manabí, but also in Ecuador as a whole, because of the variety of uses for the root and the demand for many of its products. According to Jorge Chang, FUNDAGRO's executive director, "The cassava program is now at its most successful and with high potential for developing, growing, and becoming self-sufficient. It is an excellent example of what can be achieved with the collaboration of an international center."

y como una empresa capaz de tomar decisiones cada vez más maduras y velar por el progreso e intereses de sus miembros.

La mujer, tradicionalmente subestimada en su capacidad para actividades diferentes a las del hogar, empieza a sentirse más segura como generadora de ideas y a ser aceptada como 'socia' del hombre en las labores de producción. En una región donde prácticamente no existen oportunidades de trabajo por su cuenta, ser socia de una APPY es la ocasión para desarrollar y demostrar sus capacidades y hacerse valer en su comunidad.

La familia campesina es la primera beneficiada de la participación de las mujeres en el proyecto de yuca. Así parecen demostrarlo algunas encuestas y los resultados preliminares de un estudio sobre impacto en la región: las mujeres utilizan sus ingresos principalmente para satisfacer necesidades del hogar como alimentos, vestuario, salud y estudio.

Por su parte, la importancia de la yuca y sus perspectivas son cada vez mayores no sólo en Manabí sino en Ecuador, considerando la variedad de usos de la raíz y la demanda para muchos de sus productos. Según Jorge Chang, director ejecutivo de FUNDAGRO, "El programa de yuca es el que más éxito ha tenido y posiblemente el que mayor potencial tiene para desarrollarse, crecer y hacerse autosostenible. Es un excelente ejemplo de lo que se puede alcanzar con la colaboración de un centro internacional".

FINANCIAL REPORT

INFORME FINANCIERO

Expenditures in 1990 (Expressed in thousands of U.S. dollars)

Gastos en 1990 (Expresados en miles de dólares de E.U.)

Area of expenditure	Actual expenditures		
	Core activities	Complementary activities	Total
Operational Programs			
Germplasm Development			
Beans	4,653	2,595	7,248
Cassava	2,580	590	3,170
Rice	1,981	204	2,185
Tropical forages	3,845	321	4,166
Total Germplasm Development	13,059	3,710	16,769
Institutional Development Support	2,748	215	2,963
Research Support			
Genetic resources	495	—	495
Biotechnology research	421	66	487
Virology research	339	10	349
Research services	276	—	276
Research stations	817	—	817
Carimagua station	434	—	434
Information management	510	—	510
Visiting scientists and postdoctorals	450	—	450
Agroecological studies	209	—	209
Seed systems	438	49	487
Research contracts	26	—	26
Animal herd	260	—	260
Farmer participation research	—	183	183
Total Research Support	4,675	308	4,983
Management and Administration			
Board of Trustees	229	—	229
Management	1,146	—	1,146
Administrative support	1,749	—	1,749
General operating expenses	2,688	—	2,688
Total Management and Administration	5,812	—	5,812
Total operations	26,294	4,233	30,527
Capital			
Capital	1,870	408	2,278
Working capital adjustment	404	—	404
Total capital	2,274	408	2,682
Grand total	28,568	4,641	33,209

Sources of Funds in 1990 (Expressed in thousands of U.S. dollars)

Fuentes de Fondos en 1990 (Expresados en miles de dólares de E.U.)

Core Activities

Canadian International Development Agency	933
Belgium	192
Canada	1,476
People's Republic of China	10
European Economic Community	2,408
Finland	251
Ford Foundation	67
France	267
Federal Republic of Germany	711
Inter-American Development Bank	4,523
International Development Research Centre	133
Italy	371
Japan	2,818
Netherlands	513
Norway	640
Rockefeller Foundation	159
Spain	60
Sweden	325
Switzerland	2,557
United Kingdom	922
United Nations Development Programme	262
United States Agency for International Development	4,920
World Bank	3,215
Subtotal	27,733
Income applied in the year	835
Total	28,568

(Continued)

(Continued).

Complementary activities

Australia	56
Belgium	63
Canadian International Development Agency	1,528
Colombia	121
European Economic Community	23
Food and Agriculture Organization of the United Nations	13
Ford Foundation	34
France	19
Fundación para el Desarrollo Agropecuario	102
German Agency for Technical Cooperation	19
Federal Republic of Germany	68
Inter-American Development Bank	17
International Development Research Centre	94
Iran	20
Italy	148
Japan	259
Netherlands	27
Rockefeller Foundation	148
Switzerland	930
United States Agency for International Development	424
W. K. Kellogg Foundation	449
Other donors	79
Total	<u>4,641</u>

Total Core and Complementary Activities	<u>33,209</u>
---	---------------

COLLABORATIVE PROJECTS IN 1990

PROYECTOS COLABORATIVOS EN 1990

Project Description Descripción del proyecto	Research Institution Institución de investigación	Donor Donante
BEANS/FRIJOL		
Identification and characterization of genetic strains in whitefly (<i>Bemisia tabaci</i>) Identificación y caracterización de razas genéticas en la mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Tel Aviv University, Israel	United States Agency for International Development (USAID)
Scientific and technical cooperation in research and training on <i>Phaseolus</i> bean improvement Cooperación científica y técnica en investigación y capacitación para mejorar el frijol <i>Phaseolus</i>	Ministry of Agriculture, Iran	Government of Iran
Molecular approaches to control of bean golden mosaic virus Estrategia molecular para controlar el virus del mosaico dorado del frijol	University of Wisconsin, Madison, WI, USA; University of Nebraska, Lincoln, NE, USA; Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, PR; Secretaría de Estado de Agricultura (SEDA), República Dominicana	Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program
Use of clone viral DNAs in characterization, epidemiology, and control of bean golden mosaic virus Uso de moléculas de ADN viral clonadas para la caracterización, la epidemiología, y el control del virus del mosaico dorado del frijol	Institute for Molecular Virology and Department of Plant Pathology, University of Wisconsin, Madison, WI, USA	USAID
Research on antinutritional factors in common beans (<i>Phaseolus vulgaris</i>) Investigación de los factores antinutricionales del frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Istituto Nazionale della Nutrizione (INN), Rome, Italy	Government of Italy
Characterization of the main bean yellow mosaic virus isolates that limit bean production in W. Africa, W. Asia, and China Caracterización de los principales aislamientos del virus del mosaico amarillo del frijol que limitan su producción en Africa Occidental, Asia Occidental y China	Istituto di Fitovirologia Applicata (IFVA), Torino, Italy	Government of Italy
Image processing for advanced bean-germplasm data bank Procesamiento de imágenes para un banco de datos avanzado de germoplasma de frijol	Istituto d'Agronomia e Coltivazione Erbacee, Università degli Studi di Napoli, Portici, Italy	Government of Italy
Development of a protocol for agrobacterium-based transformation in beans (<i>Phaseolus</i> spp.) Desarrollo de un protocolo para la transformación basada en <i>Agrobacterium</i> de tejidos de frijol (<i>Phaseolus</i> spp.)	Istituto Sperimentale per L'Orticoltura, Milan, Italy	Government of Italy

Project Description Descripción del proyecto	Research Institution Institución de investigación	Donor Donante
Pathogenic variation of <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> , the halo blight pathogen of <i>Phaseolus</i> beans Variación patogénica de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>, el patógeno del añublo de halo del frijol <i>Phaseolus</i>	Institute of Horticultural Research, United Kingdom	Overseas Development Administration (ODA); Government of the United Kingdom
IBPGR-CIAT collaborative project on development of practical strategies for maintaining variability of wild <i>Phaseolus</i> Proyecto colaborativo IBPGR-CIAT para desarrollar estrategias prácticas que conserven la variabilidad del <i>Phaseolus</i> silvestre	International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Rome, Italy	IBPGR
Competition and survival of <i>Rhizobium</i> bv. <i>phaseoli</i> strains Competencia y supervivencia de las razas de <i>Rhizobium</i> bv. <i>phaseoli</i>	Philipps Universität Marburg, Federal Republic of Germany	Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ), Federal Republic of Germany
Distribution and importance of viruses naturally infecting <i>Phaseolus vulgaris</i> and its relatives in Africa Distribución e importancia de los virus que infectan naturalmente a <i>Phaseolus vulgaris</i> y a especies afines en Africa	Institut für Viruskrankheiten der Pflanzen Braunschweig (IVPB), Federal Republic of Germany	BMZ
Interspecific hybridization and germplasm evaluation for <i>Phaseolus</i> species Hibridación interespecífica y evaluación del germoplasma en especies de <i>Phaseolus</i>	Département de Phytotechnologie Tropicale, Faculté des Sciences Agronomiques de l'État, Gembloux, Belgium	Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD), Belgium
Development of genetic molecular markers in <i>Phaseolus vulgaris</i> Desarrollo de marcadores moleculares de genes en <i>Phaseolus vulgaris</i>	University of Florida, Gainesville, FL, USA	USAID, competitive grant award
Interspecific hybridization in <i>Phaseolus</i> spp. through embryo culture Hibridación interespecífica en el género <i>Phaseolus</i> mediante cultivo de embriones	Department of Horticulture, University of Wisconsin, Madison, WI, USA	USAID
Molecular markers for evolutionary studies in <i>P. vulgaris</i> Marcadores moleculares para estudios evolutivos en <i>P. vulgaris</i>	University of California, Davis, CA, USA	USAID
Plant regeneration of <i>P. vulgaris</i> in tissue culture (Ph.D. thesis) Regeneración de plantas de <i>P. vulgaris</i> mantenidas en cultivo de tejidos (tesis Ph.D.)	Technische Universität Bonn, Federal Republic of Germany	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Federal Republic of Germany

Project Description Descripción del proyecto	Research Institution Institución de investigación	Donor Donante
Yield potential studies in <i>Phaseolus vulgaris</i> Estudios del potencial de rendimiento de <i>Phaseolus vulgaris</i>	University of Florida, Gainesville, FL, USA	USAID (Constraints Program)
Transformation and regeneration of beans (<i>Phaseolus</i> spp.) Transformación y regeneración del frijol (<i>Phaseolus</i> spp.)	University of California, Davis, CA, USA	USAID
Identification of gene pools in cultivated common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>) germplasm, using isozyme and RFLP techniques Identificación de acervos de genes en el germoplasma del frijol común cultivado (<i>Phaseolus vulgaris</i>), empleando técnicas de isozimas y de RFLP	University of California, Davis, CA, USA	USAID
Development of monoclonal antibodies for serological differentiation of bean golden mosaic virus isolates Desarrollo de anticuerpos monoclonales para la diferenciación serológica de los aislamientos del virus del mosaico dorado del frijol	University of Florida, Gainesville, FL, USA	Univ. of Florida/USAID
Collection of wild <i>Phaseolus</i> in Ecuador Recolección de <i>Phaseolus</i> silvestre en Ecuador	University of California, Davis, CA, USA	United States Department of Agriculture
CASSAVA/YUCA		
Organoleptic and biochemical evaluation of storage life of cassava Evaluación organoléptica y bioquímica de la yuca en almacenamiento	Overseas Development and Natural Resources Institute (ODNRI), United Kingdom	Overseas Development Administration (ODA), United Kingdom
Exploration and evaluation of cassava mite predators Exploración y evaluación de los depredadores de ácaros de la yuca	International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria	IITA
Development of gene transfer techniques in cassava Desarrollo de técnicas de transferencia de genes en la yuca	Department of Biochemistry, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA	USAID (Constraints Program)
Agroindustrial development of cassava in Colombia Desarrollo agroindustrial de la yuca en Colombia	Fondo de Desarrollo Rural Integrado (DRI), Colombia	DRI

Project Description Descripción del proyecto	Research Institution Institución de investigación	Donor Donante
Production and marketing of cassava flour for human consumption, Phase II Producción y mercadeo de la harina de yuca para consumo humano, Fase II	DRI and Universidad del Valle, Cali, Colombia	International Development Research Centre (IDRC), Canada
Conferring virus resistance in cassava by introduction and expression of virus coat protein genes Obtención de resistencia a los virus en la yuca mediante introducción y expresión de los genes que codifican la proteína externa de los virus	Washington University, St. Louis, MO, USA	Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM), France; Rockefeller Foundation
Transformation of cassava tissues Transformación de los tejidos de la yuca	Vrije Universiteit Brussel, Belgium	(Informal)
Characterization of photosynthetic assimilation processes in cassava and other <i>Manihot</i> species Caracterización de los procesos de asimilación fotosintética en la yuca y en otras especies de <i>Manihot</i>	Biochemistry Department, University of Georgia, Athens, GA, USA	USAID (Constraints Program)
The use of plant transformation techniques to modify the protein quality of cassava (<i>Manihot esculenta</i>) and/or common beans (<i>Phaseolus vulgaris</i>) Empleo de técnicas de transformación de plantas para modificar la calidad de la proteína de la yuca (<i>Manihot esculenta</i>) y/o del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA	USAID (Constraints Program)
Cassava and bean physiology, Phase I Fisiología de la yuca y del frijol, Fase I	Australian National University, Canberra, Australia	Australian International Development Assistance Bureau (AIDAB)
Development of cassava in Ecuador Desarrollo de la yuca en Ecuador	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador	Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO), Ecuador
Advanced cassava research network, steering committee Red de investigación avanzada de la yuca, comité directivo		International Fund for Agricultural Research (IFAR), USA
Soil conservation in smallholder hillside farming of the Andean Inceptisols Conservación del suelo en pequeñas explotaciones de ladera establecidas en Inceptisoles andinos	Hohenheim University, Federal Republic of Germany	GTZ

Project Description Descripción del proyecto	Research Institution Institución de investigación	Donor Donante
Small-scale cassava agroindustrial development Desarrollo agroindustrial de pequeñas empresas yuqueras	Plan Nacional de Rehabilitación (PNR), Colombia	PNR
Agroeconomic study of cassava in sub-Saharan Africa Estudio agroeconómico de la yuca en Africa al sur del Sahara	IITA and Natural Resources Institute (NRI), United Kingdom	Rockefeller Foundation
Human resource development for generation and transfer of root and tuber crops technology Desarrollo del recurso humano para la generación y transferencia de tecnología en cultivos de raíces y tubérculos	Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Peru, and IITA	United Nations Development Programme (UNDP)
Cassava development: Pilot project in Brazil Desarrollo del cultivo de la yuca: proyecto piloto en Brasil	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) and Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), Brazil	Kellogg Foundation
RICE/ARROZ		
Social benefits and costs of rice research in Brazil Beneficio social y costos de la investigación del arroz en Brasil	Technische Universität München, Institut für Wirtschafts und Sozialwissenschaften, Federal Republic of Germany	BMZ
DNA fingerprinting of <i>Pyricularia grisea</i> strains from Colombia Identificación del ADN de las razas de <i>Pyricularia grisea</i> de Colombia	Purdue University, West Lafayette, IN, USA	Rockefeller Foundation
IRRI-CIAT collaborative project Proyecto colaborativo IRRI-CIAT	International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines	IRRI
Upland rice root morphology Morfología de la raíz en el arroz de secano	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia	AIDAB
TROPICAL PASTURES/ PASTOS TROPICALES		
Characterization and comparison of isolates of <i>C. gloeosporioides</i> , Phase II Caracterización y comparación de los aislamientos de <i>C. gloeosporioides</i> , Fase II	CSIRO	AIDAB

Project Description Descripción del proyecto	Research Institution Institución de investigación	Donor Donante
Research on dual-purpose systems and the role of improved grass-legume pastures for milk and beef production in acid soils of tropical America Investigación de los sistemas de doble propósito y de la función de pasturas mejoradas de gramínea-leguminosa en la producción de carne y leche en suelos ácidos de América tropical	Technische Universität Berlin, Federal Republic of Germany	GTZ
RABAO (Recherche en Alimentation du Bétail en Afrique Occidentale et Centrale) Project, forage evaluation project in West and Central Africa RABAO (Recherche en Alimentation du Bétail en Afrique Occidentale et Centrale), proyecto de evaluación de forraje en África Central y Occidental	International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Ababa, Ethiopia	Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux (IEMVT)/Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), France
Reproductive physiology of <i>Centrosema</i> species, Phase I Fisiología reproductiva de especies de <i>Centrosema</i>, Fase I	University of Queensland, St. Lucia, Australia	AIDAB
Socioeconomic impact of an agrosilvopastoral model on the humid tropical Amazon region of Ecuador Impacto socioeconómico de un modelo agrosilvopastoril en la región húmeda tropical de la Amazonia ecuatoriana	INIAP, Ecuador	FUNDAGRO
IFDC/CIAT Soil fertility studies Estudios de fertilidad del suelo IFDC-CIAT	IFDC/CIAT	International Fertilizer Development Center (IFDC), USA
OTHERS/OTROS		
Sorghum research in Latin America (INTSORMIL) Investigación de sorgo en América Latina (INTSORMIL)	Office of International Programs, Mississippi State University, Starkville, MS, USA	USAID (Title XII)
Support for testing and disseminating a promising methodology for on-farm assessment of new agricultural technologies Apoyo a pruebas y disseminación de una metodología promisorio de evaluación en fincas de nuevas tecnologías agrícolas		Ford Foundation

PUBLICATIONS PUBLICACIONES

The following list of 1990 publications is divided into CIAT's four research commodities, namely, beans, cassava, tropical pastures, and rice, as well as other topics. The list contains both CIAT publications and CIAT staff articles and other works published outside the Center. Entries are in alphabetical order by author or technical editor. A list of CIAT's serial publications in 1990 is added.

La siguiente lista de publicaciones en 1990 está dividida en cuatro partes, según los cultivos en investigación por parte del CIAT, a saber, frijol, yuca, pastos tropicales, arroz, y otros temas. La lista contiene publicaciones del CIAT así como trabajos de su personal científico y otros publicados fuera del Centro. Las citas están en orden alfabético según autor o editor técnico. Se agrega una lista de las publicaciones seriadas del CIAT en 1990.

BEANS/FRIJOL

- Abawi, G.S. and Pastor Corrales, M.A. 1990. Root rots of beans in Latin America and Africa: Diagnosis, research methodologies, and management strategies. CIAT, Cali, Colombia. 120 p.
- Abawi, G.; Pastor-Corrales, M.; Kornegay, J.; Mullin, B.; and Cárdenas-Alonso, M. 1990. Bean germplasm with resistance to fungal and nematodal soilborne pathogens. Bean Improvement Cooperative Annual Report 33:66-67.
- Aguirre, R. 1990. Efecto de la humedad en el almacenamiento hermético a corto plazo de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Agronomía Mesoamericana 1:35-44.
- Araya, C.M. y Pastor-Corrales, M.A. 1990. Variación patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* en Costa Rica. (Abstract.) Phytopathology 80:513.
- Balardín, R.S.; Pastor-Corrales, M.A.; e Otoyá, M.M. 1990. Resistência de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris*) a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Fitopatologia Brasileira 15(1):102-103.
- Cardona, C. 1990. Effect of intercropping on insect population: The case of beans. In: Waddington, S.R.; Palmer, A.F.E.; and Edje, O.T. (eds.). Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Mexico. p. 56-61.
- Cardona, C. and Karel, A.K. 1990. Key insects and other invertebrate pests of beans. In: Singh, S.R. (ed.). Insect pests of tropical food legumes. John Wiley & Sons, Chichester, England. p. 157-191.
- Cardona, C.; Kornegay, J.; Posso, C.E.; Morales, F.; and Ramírez, H. 1990. Comparative value of four arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the Mexican bean weevil. Entomologia Experimentalis et Applicata 56:197-206.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. *Ophiomyia* spp. 1913-1990. Quick Bibliographies No. 1. Cali, Colombia. 64 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. Frijol en América Central y el Caribe. Bibliografías Nacionales. Cali, Colombia. 241 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. Informe: Seminario sobre Planificación Participativa por Objetivos del Programa de Frijol de Bolivia (1990: Santa Cruz, Bolivia). Cali, Colombia. 69 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. Informe: Reunión del Comité Directivo del Proyecto de Frijol del CIAT para la Zona Andina PROFRIZA (3: 1990: Quito, Ecuador). Programa Regional de Frijol, Zona Andina, Cali, Colombia. 117 p.
- Cortés, M.L.; Cardona, C.; y Trujillo, F. 1990. Efectividad de tres insecticidas para el control del tostón del frijol, posible *Phyllonorycter* sp (Lepidoptera: Gracillariidae) en Nariño. Revista Colombiana de Entomología 16(1):12-15.
- Debouck, D.G. 1990. Wild beans as a food resource in the Andes. Bean Improvement Cooperative Annual Report 33:102-103.
- Debouck, D.G.; Schmit, V.; Libreros, D.; and Ramírez, H. 1990. Biochemical evidence for a fifth cultigen within the genus *Phaseolus*. Bean Improvement Cooperative Annual Report 33:106-107.
- Hoogenboom, G.; Jones, J.W.; White, J.W.; and Boote, K.J. 1990. BEANGRO version 1.0: A *Phaseolus* computer simulation model. Bean Improvement Cooperative Annual Report 33:39-40.
- Kirkby, R.A. 1990. The ecology of traditional agroecosystems in Africa. In: Altieri, M.A. and Hecht, S.B. (eds.). Agroecology and small farm development. CRC Press, Boca Raton, Florida. p. 173-180.

- Koenig, R.L.; Singh, S.P.; and Gepts, P. 1990. Novel phaseolin types in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany* 44(1):50-60.
- Kornegay, J.L. and Cardona, C. 1990. Development of an appropriate breeding scheme for tolerance to *Empoasca kraemeri* in common bean. *Euphytica* 47:223-231.
- Luna G., C.A. y Janssen, W.G. 1990. El comercio internacional y la producción de frijol en Colombia. *Coyuntura Agropecuaria* 7(1):107-139.
- Minney, B.H.P.; Gatehouse, A.M.R.; Dobie, P.; Dendy, J.; Cardona, C.; and Gatehouse, J.A. 1990. Biochemical bases of seed resistance to *Zabrotes subfasciatus* (bean weevil) in *Phaseolus vulgaris* (common bean); a mechanism for arcelin toxicity. *Journal of Insect Physiology* 36:757-767.
- Morales, F.; Niessen, A.; Ramírez, B.; and Castaño, M. 1990. Isolation and partial characterization of a geminivirus causing bean dwarf mosaic. *Phytopathology* 80(1):96-101.
- Mullin, B.A.; Abawi, G.S.; Pastor-Corrales, M.A.; and Kornegay, J.L. 1990. Species and distribution of root-knot nematodes associated with bean production regions in Colombia and Peru. (Abstract.) *Phytopathology* 80:981.
- Mullin, B.A.; Abawi, G.S.; Pastor-Corrales, M.A.; and Kornegay, J.L. 1990. Yield reduction of dry edible beans by root-knot nematodes in the Cauca Valley, Colombia. (Abstract.) *Phytopathology* 80:1041-1042.
- Pineda, P. and Kipe-Nolt, J.A. 1990. Response of bean varieties to inoculation with selected *Rhizobium* strains in El Salvador. *Turrialba* 40(3):410-415.
- Rodríguez, A.; Morales, J.A.; Cardona, C.; y Corredor, D. 1990. Mecanismos de resistencia de *Phaseolus acutifolius* A. Gray a *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae). *Revista Colombiana de Entomología* 16(1):23-30.
- Ruiz de Londoño, N. y Janssen, W.G. 1990. Un caso de adopción de tecnología: La variedad de frijol Gloriabamba en Perú. Documento de Trabajo No. 61. CIAT, Cali, Colombia. 93 p.
- Silva, L.O.; Pastor-Corrales, M.A.; and Singh, S.P. 1990. Choice of location for bacterial blight evaluation in common bean. *Bean Improvement Cooperative Annual Report* 33:173-174.
- Singh, S.P. 1990. Bridging-parents for incompatible crosses between Mesoamerican and Andean common beans. *Bean Improvement Cooperative Annual Report* 33:111.
- Singh, S.P.; Debouck, D.G.; and Urrea, C.A. 1990. Variation for bracteoles and its association with races of common bean. *Bean Improvement Cooperative Annual Report* 33:112.
- Singh, S.P.; Gutiérrez, A.; Urrea, C.; Koenig, R.; Nodari, R.; and Gepts, P. 1990. Marker-based analysis of genetic diversity in common bean. *Bean Improvement Cooperative Annual Report* 33:15-16.
- Singh, S.P. and Gutiérrez, J.A. 1990. Effect of plant density on selection for seed yield in two population types of *Phaseolus vulgaris* L. *Euphytica* 51:173-178.
- Singh, S.P.; Lépiz, R.; Gutiérrez, J.A.; Urrea, C.; Molina, A.; and Terán, H. 1990. Yield testing of early generation populations of common bean. *Crop Science* 30:874-878.
- Smithson, J.B. (ed.). 1990. SADCC Regional Bean Research Workshop (1: 1989: Mbabane, Swaziland) Proceedings. CIAT Workshop Series No. 6.
- Smithson, J.B. and Grisley, W. 1990. First African Bean Yield and Adaptation Nursery (AFBYAN I). Part I: Performance in individual environments. CIAT African Occasional Publications Series No. 3A. 48 p.
- Streit, W.; Wolff, A.B.; Kipe-Nolt, J.A.; Vargas, H.; and Werner, D. 1990. Survival and nodulation by inoculant strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. In: Gresshoff, P.M.; Roth, L.E.; Stacey, G.; and Newton, W.E. (eds.). *Nitrogen fixation: Achievements and objectives. International Congress on Nitrogen Fixation* (8: 1990: Knoxville, Tennessee) Proceedings. Chapman and Hall, New York. p. 436.
- Toro, O.; Tohme, J.; and Debouck, D.G. 1990. Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Description and distribution. *International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia*. 106 p.
- Vargas, J.; Tohme, J.; and Debouck, D.G. 1990. Common bean domestication in the southern Andes. *Bean Improvement Cooperative Annual Report* 33:104-105.
- White, J.W.; Castillo, J.A.; and Ehleringer, J. 1990. Associations between productivity, root growth and carbon isotope discrimination in *Phaseolus vulgaris* under water deficit. *Australian Journal of Plant Physiology* 17:189-198.

- White, J.W. and Castillo, J. 1990. The effect of shoot genotype on yield under water deficits. Bean Improvement Cooperative Annual Report 33:29-30.
- White, J.W. and González, A. 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. Field Crops Research 23:159-175.
- White, J.W.; Voysest, O.; and Serrano, G. 1990. The CIAT bean database. Bean Improvement Cooperative Annual Report 33:100-101.
- Wolff, A.B.; Streit, W.; Kipe-Nolt, J.A.; and Werner, D. 1990. Growth at low carbohydrate concentrations, survival in soil and competition of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* strains. In: Gresshoff, P.M.; Roth, L.E.; Stacey, G.; and Newton, W.E. (eds.). Nitrogen fixation: Achievements and objectives. International Congress on Nitrogen Fixation (8: 1990: Knoxville, Tennessee). Chapman and Hall, New York. p. 441.
- Buitrago A., J.A. 1990. La yuca en la alimentación animal. CIAT, Cali, Colombia. 450 p.
- Carter, S.E. 1990. A survey method to characterise spatial variation for rural development projects. Agricultural Systems 34:237-257.
- Cock, J.H.; Lynam, J.K.; Wheatley, C.W.; Correa, C.; and Izquierdo, D. 1990. Benefits to cassava consumers and producers: New market options in Colombia. Food Policy 15(3):255-257.
- Cock, J.H. and Lynam, J. 1990. Research for development. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 109-119.
- De Llamas, P.A.; Moreno, R.A.; e Izquierdo, D.A. 1990. Comercialización de la mandioca en Paraguay. Documento de Trabajo No. 71. CIAT, Cali, Colombia. 87 p.

CASSAVA/YUCA

- Bellotti, A.C.; Arias V., B.; and Reyes, J.A. 1990. Biological control of the cassava hornworm, *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) with emphasis on the hornworm virus. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 354-363.
- Bellotti, A.C.; Cardona, C.; and Lapointe, S.L. 1990. Trends in pesticide use in Colombia and Brazil. Journal of Agricultural Entomology 7(3):191-201.
- Best, R. and Menéndez, L. (comps.). 1990. Cassava utilization in animal feed: Supplement 1989. CIAT, Cali, Colombia. 134 p.
- Best, R. y Menéndez, L. 1990. El uso de la yuca en la alimentación animal: Suplemento 1989. CIAT, Cali, Colombia. 155 p.
- Best, R. 1990. The role of the International Agricultural Research Centers in generating and transferring root and tuber crop post-harvest technology: CIAT's experience. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 76-91.
- El-Sharkawy, M.A.; Cock, J.H.; Lynam, J.K.; Hernández, A. del P.; and Cadavid L., L. F. 1990. Relationships between biomass, root yield and single-leaf photosynthesis in field-grown cassava. Field Crops Research 25:183-201.
- El-Sharkawy, M.A. and Cock, J.H. 1990. Photosynthesis of cassava (*Manihot esculenta*). Experimental Agriculture 26(3):325-340.
- El-Sharkawy, M.A. 1990. Effect of humidity and wind on leaf conductance of field grown cassava. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 2(2):17-22.
- Gold, C.S.; Altieri, M.A.; and Bellotti, A.C. 1990. Direct and residual effects of short duration intercrops on the cassava whiteflies *Aleurotrachelus socialis* and *Trialeurodes variabilis* (Homoptera: Aleyrodidae) in Colombia. Agriculture, Ecosystems and Environment 32(1-2):57-67.
- Gold, C.S.; Altieri, M.A.; and Bellotti, A.C. 1990. Effects of intercropping and varietal mixtures on the cassava hornworm, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae), and the stemborer, *Chilomima clarkei* (Amsel) (Lepidoptera: Pyralidae), in Colombia. Tropical Pest Management 36(4):362-367.
- Gold, C.S.; Altieri, M.A.; and Bellotti, A.C. 1990. Response of the cassava whitefly, *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), (Homoptera: Aleyrodidae) to host plant size: Implications for cropping system management. Acta OEcologica 11(1):35-41.

- Howeler, R.H. (ed.). 1990. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops. 724 p.
- Howeler, R.H. 1990. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops. p. 269-270.
- Howeler, R.H. 1990. Phosphorus requirements and management of tropical root and tuber crops. In: Symposium on Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania (1989: Manila, Philippines) Proceedings. International Rice Research Institute. p. 427-444.
- Howeler, R.H. and Cadavid, L.F. 1990. Short- and long-term fertility trials in Colombia to determine the nutrient requirements of cassava. *Fertilizer Research* 26:61-80.
- Janssen, A.; Hofker, C.D.; Braun, A.R.; Mesa, N.; Sabelis, M.W.; and Bellotti, A.C. 1990. Preselecting predatory mites for biological control: The use of an olfactometer. *Bulletin of Entomological Research* 80(2):177-181.
- Janssen, W.G. and Lynam, J.K. 1990. Integrated ex ante and ex post impact assessment in the generation of agricultural technology: Cassava in the Atlantic Coast of Colombia. In: Echeverría, R.G. (ed.). *Methods for diagnosing research system constraints and assessing the impact of agricultural research. 2. Assessing the impact of agricultural research.* International Service for National Agricultural Research, The Hague, Netherlands. p. 217-250.
- Jantawat, S.; Vichukit, V.; Putthacharden, S.; and Howeler, R.H. 1990. Cassava cultivation practices for erosion control in Thailand. (Abstract.) In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 242-243.
- Kawano, K.; Sarakarn, S.; Limsila, A.; Tongglum, A.; and Supaharn, D. 1990. Cassava cultivar evolution viewed through harvest index and biomass production. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 202-210.
- Marín, M.L.; Mafla, G.; Roca, W.M.; and Withers, L.A. 1990. Cryopreservation of cassava zygotic embryos and whole seeds in liquid nitrogen. *Cryo-Letters* 11(4):257-264.
- Menéndez F., L. and López S., J. 1990. Cassava in Asia: East and Southeast Asia. National bibliographies. CIAT, Cali, Colombia. 486 p.
- Menéndez F., L. and López S., J. 1990. Cassava in Asia: South Asia. National bibliographies. CIAT, Cali, Colombia. 305 p.
- Mesa, N.C.; Braun, A.R.; and Bellotti, A.C. 1990. Comparison of *Mononychellus progresivus* and *Tetranychus urticae* as prey for five species of phytoseiid mites. *Experimental and Applied Acarology* 9:159-168.
- Moreno, R.A.; Moreno B., A.; and Muñoz, F. 1990. Cassava-yam intercrop in the North Coast of Colombia. (Abstract.) In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 311.
- Moreno, R.A. y Tobón, H. (eds.). 1990. Yuca y cultivos asociados. Documento de Trabajo No. 02. CIAT, Cali, Colombia. 183 p.
- Orozco, J.; Duque, M.C.; y Mesa, N.C. 1990. Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de *Oligonychus yotheri* en *Coffea arabica*. *Cenicafé* 41(1):5-18.
- Porto, M.C.M. 1990. Growth of cassava intercropped with maize and cowpea. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 300-310.

- Roca, W.M. 1990. Cassava production and utilization problems and their biotechnological solutions. In: Sasson, A. and Costarini, V. (eds.). International Symposium on Plant Biotechnologies for Developing Countries (1989: Luxembourg) Proceedings. Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Wageningen, Netherlands. p. 215-219.
- Rodríguez, H.; Nubia, S.; y Hershey, C. 1990. Dos nuevas variedades de yuca de alta producción para los Llanos Orientales. Plegable Divulgativo No. 220. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia. 6 p.
- Wheatley, C.C.; Izquierdo, D.A.; and Lynam, J.K. 1990. Increasing fresh cassava consumption in urban Latin America: The introduction of storage technology. In: Howeler, R.H. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (8: 1988: Bangkok, Thailand) Proceedings. Department of Agriculture of Thailand and International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, Thailand. p. 364-373.
- PASTURES/PASTOS**
- Arulanantham, A.R.; Rao, I.M.; and Terry, N. 1990. Limiting factors in photosynthesis. VI. Regeneration of ribulose 1,5-bisphosphate limits photosynthesis at low photochemical capacity. *Plant Physiology* 93:1466-1475.
- Coradin, L. and Schultze-Kraft, R. 1990. Germplasm collection of tropical pasture legumes in Brazil. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 67(2):98-100.
- Costa, N.M.S. and Schultze-Kraft, R. 1990. Biogeografía de *Stylosanthes capitata* Vog. e *S. guianensis* Sw. var. *pauciflora*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 25(11):1547-1554.
- Diulgheroff, S.; Pizarro, E.A.; Ferguson, J.E.; y Argel, P. 1990. Multiplicación de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica. *Pasturas tropicales* 12(2):15-23.
- Ferguson, J.E. 1990. Overview of seed of forage species in tropical Latin America. *International Herbage Seed Production Research Group Newsletter* 13:9-13.
- Ferguson, J.E. (ed.). 1990. Desarrollo del suministro de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica y otros países: Memorias de un taller (1990: Atenas, Costa Rica). Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica, y CIAT, Cali, Colombia. 26 p.
- Franco, M.A.; Mesa, E.; y Franco, L.H. 1990. Análisis de la información disponible en la base de datos sobre localidades y evaluaciones de germoplasma en el trópico húmedo. RIEPT y CIAT, Cali, Colombia. 126 p.
- Fredeen, A.L.; Raab, T.K.; Rao, I.M.; and Terry, N. 1990. Effects of phosphorus nutrition on photosynthesis in *Glycine max* (L.) Merr. *Planta* 181:399-405.
- Keller-Grein, G. (ed.). 1990. Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT-Amazônia (1: 1990: Lima, Perú). Trabajos presentados. Documento de Trabajo No. 75. CIAT, Cali, Colombia. Vol. 1, 574 p.; Vol. 2, p. 575-1119.
- Lapointe, S.L.; García, C.A.; and Serrano, M.S. 1990. Control of *Acromyrmex landolti* in the improved pastures of Colombian savanna. In: Vander Meer, R.K.; Jaffe, K.; and Cedeño, A. (eds.). *Applied myrmecology: A world perspective*. Westview Press, Boulder, Colorado. p. 511-518.
- Lascano, C.E. 1990. Metodología para medir consumo bajo pastoreo. En: Ruiz, M.E. y Ruiz, A. (eds.). *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación*. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. p. 149-157.
- Lascano, C.E.; Borel, R.; Quiroz, R.; Zorrilla, J.; Chaves, C.; y Wernli, C. 1990. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En: Ruiz, M.E. y Ruiz, A. (eds.). *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación*. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. p. 159-168.
- Lascano, C.E. y Plazas, C. 1990. Bancos de proteína y energía en sabanas de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas tropicales* 12(1):9-15.
- Lascano, C.E. y Quiroz, R. 1990. Metodología para estimar la dinámica de la digestión en rumiantes. En: Ruiz, M.E. y Ruiz, A. (eds.). *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación*. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. p. 89-104.
- Lascano, C.; Rodríguez, J.C.; y Avila, P. 1990. Niveles de urea en la leche como un indicativo del consumo de leguminosas tropicales por animales en pastoreo. *Pasturas tropicales* 12(3):38-40.

- Lenné, J.M. 1990. A world list of fungal diseases of tropical pasture species. Phytopathological Paper No. 31. CAB International Mycological Institute, and CIAT, Cambridge, England. 162 p.
- Lenné, J.M. and Burdon, J.J. 1990. Preliminary study of virulence and isozymic variation in natural populations of *Colletotrichum gloeosporioides* from *Stylosanthes guianensis*. Phytopathology 80(8):728-731.
- Lenné, J.M. 1990. Evaluation of biotic factors affecting grassland production—History and prospects. In: International Grassland Congress (16: 1989: Nice, France) Proceedings. Association Française pour la Production Fourragère, Versailles, France. Vol. 3, p. 1811-1815.
- Lenné, J.M. 1990. Rust on the tropical pasture grass *Brachiaria humidicola* in South America. Plant Disease 74(9):720.
- Lenné, J.M. and Sonoda, R.M. 1990. Tropical pasture pathology: A pioneering and challenging endeavor. Plant Disease 74(12):945-951.
- Lenné, J.M. and Stanton, J.M. 1990. Diseases of *Desmodium* species—A review. Tropical Grasslands 14(1):1-14.
- Lenné, J.M.; Torres, C.; and García, C. 1990. Effect of wart disease on survival and yield of the tropical pasture legume *Desmodium ovalifolium*. Plant Disease 74(9):676-679.
- Lenné, J.M. and Vargas de Alvarez, A. 1990. Leaf spot of *Centrosema* species caused by *Cylindrocladium colhounii*. Plant Disease 74(11):935-937.
- Michelsen, H. 1990. Análisis del desarrollo de la producción de leche en la zona tropical húmeda: El caso del Caquetá, Colombia. Documento de Trabajo No. 60. CIAT, Cali, Colombia. 68 p.
- Millard, P.; Thomas, R.J.; and Buckland, S.T. 1990. Nitrogen supply affects the remobilization of nitrogen for the regrowth of defoliated *Lolium perenne* L. Journal of Experimental Botany 41:941-947.
- Morales, F.J.; Niessen, A.I.; Castaño, M.; and Calvert, L. 1990. Detection of a strain of soybean mosaic virus affecting tropical forage species of *Centrosema*. Plant Disease 74:648-651.
- Pinzón, B.; Argel, P.; y Montenegro, R. 1990. Control de malezas con herbicidas pre y post emergentes en el establecimiento de la leguminosa forrajera kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*). Ciencia Agropecuaria 6:79-90.
- Pizarro, E.A. y Vera, R.R. 1990. Efecto de diferir la época de utilización en la producción y calidad de *Centrosema pubescens*. Pasturas tropicales 12(1):39-43.
- Ramírez, A. y Seré, C. 1990. *Brachiaria decumbens* en el Caquetá, Colombia: Adopción y uso en ganaderías de doble propósito. Documento de Trabajo No. 67. CIAT, Cali, Colombia. 118 p.
- Reátegui, K.; Ruiz, R.; Cantera, G.; y Lascano, C. 1990. Persistencia de pasturas asociadas con diferentes manejos del pastoreo en un Ultisol arcilloso de Puerto Bermúdez, Perú. Pasturas tropicales 12(1):16-24.
- Schultze-Kraft, R. and Clements, R.J. (eds.). 1990. *Centrosema*: Biology, agronomy, and utilization. CIAT, Cali, Colombia. 674 p.
- Schultze-Kraft, R. (comp.). 1990. The CIAT collection of tropical forages. 1. Catalog of germplasm from Southeast Asia. Working Document No. 76. CIAT, Cali, Colombia. 319 p.
- Schultze-Kraft, R. and Toledo, J.M. 1990. Germplasm storage and distribution, forage evaluation, and seed multiplication in the CIAT Tropical Pastures Program. In: Forage germplasm storage, distribution, evaluation and multiplication. ACIAR Working Paper No. 32. Australian Centre for International Agricultural Research, Brisbane, Australia. p. 8-17.
- Schultze-Kraft, R. y Williams, R.J. 1990. Una nueva especie de *Centrosema* (DC.) Benth. (Leguminosae: Papilionoideae) del Orinoco. Caldasia 16(77):133-137.
- Schultze-Kraft, R. and Pattanavibul, S. 1990. Germplasm collection of tropical forage legumes in Thailand. Thai Journal of Agricultural Science 23(4):359-369.
- Seré, C. and Jarvis, L.S. 1990. The betting line on beef: ex ante estimates of the benefits of research on improved pasture for the Latin American tropics. In: Echeverría, R.G. (ed.). Methods for diagnosing research system constraints and assessing the impact of agricultural research. 2. Assessing the impact of agricultural research. International Service for National Agricultural Research, The Hague, Netherlands. p. 197-216.
- Spain, J.M. e Vilela, L. 1990. Perspectivas para pastagens consorciadas na América Latina nos anos 90 e futuros. Em: Pastagens. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. p. 87-105.

- Sylvester-Bradley, R.; Mosquera, D.; y Méndez, J.E. 1990. Uso de cilindros con suelo no perturbado y establecimiento por labranza reducida para la evaluación de cepas de rizobios en *Arachis pintoi*. En: Sylvester-Bradley, R. y Kipe-Nolt, J. (eds.). La simbiosis leguminosa-rizobio: Actas de un taller sobre la evaluación, selección y manejo agronómico. Parte II. Trabajos de investigación sobre leguminosas forrajeras tropicales. Documento de Trabajo No. 64. CIAT, Cali, Colombia. p. 237-253.
- Thomas, D. and Schultze-Kraft, R. 1990. Evaluation of five shrubby legumes in comparison with *Centrosema acutifolium*, Carimagua, Colombia. *Tropical Grasslands* 24:87-92.
- Thomas, D.; Vera, R.R.; Lascano, C.; and Fisher, M.J. 1990. Use and improvement of pastures in neotropical savannas. In: Sarmiento, G. (comp.). Las sabanas americanas: Aspecto de su biogeografía, ecología y utilización. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. p. 141-161.
- Thomas, R.J.; Logan, K.A.B.; Ironside, A.D.; and Bolton, G.R. 1990. Measurement of the accumulation of N by grass in a continuously grazed upland pasture. In: Harrison, A.F.; Ineson, P.; and Heal, O.W. (eds.). Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Elsevier Applied Science, London, England. p. 428-440.
- Thomas, R.J.; Logan, K.A.B.; Ironside, A.D.; and Bolton, G.R. 1990. The effects of grazing with and without excretal returns on the accumulation of nitrogen by ryegrass in a continuously grazed upland sward. *Grass and Forage Science* 45(1):65-75.
- Toledo, J.M.; Vera, R.; Lascano, C.; and Lenné, J.M. (eds.). 1990. *Andropogon gayanus* Kunth: A grass for tropical acid soils. CIAT, Cali, Colombia. 381 p.
- Vera, R.R. 1990. Effective use of improved tropical pasture for efficient reproductive performance. In: World animal production. International Stockmen's School Handbooks, Texas. Vol. 1, p. 404-427.
- Cuevas-Pérez, F. 1990. Evaluación del germoplasma antes del envío de los viveros. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 95-98.
- Cuevas-Pérez, F. and Guimarães, E.P. 1990. Exploitation of the genetic variability of rice in Latin America. In: Agronomy Abstracts. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America. p. 85.
- Cuevas-Pérez, F. 1990. INGER-América Latina: Plan de trabajo marzo 1990-agosto 1991. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 185-190.
- Cuevas-Pérez, F.; Martínez, C.P.; e Amézquita, M.C. 1990. Estabilidade da avaliação do centro branco em 22 cultivares de arroz. Em: Resumos. Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (4: 1990: Goiânia, Brasil). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Goiânia, Brasil. p. 87.
- Cuevas-Pérez, F. 1990. Participación en INGER del germoplasma de programas nacionales de América Latina. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 131-136.
- Cuevas-Pérez, F. and Peske, S.T. 1990. Milling performance of rice varieties under different moisture absorption environments. *Tropical Science* 30(2):147-152.
- Cuevas-Pérez, F. 1990. Seguimiento de las recomendaciones de la Primera Reunión del Comité Asesor de INGER-América Latina. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 65-94.
- Guimarães, E.P. 1990. Antecedentes de los talleres de mejoradores. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 121-125.
- Guimarães, E.P. and Cuevas-Pérez, F. 1990. Contribution of American germplasm to rice improvement in Latin America. In: Rice Technical Working Group (23: 1990: Biloxi, Mississippi) Proceedings. Texas Agricultural Experiment Station, Texas.

RICE/ARROZ

- Cuevas-Pérez, F.; Amézquita, M.C.; e Zeigler, R.S. 1990. Avaliação de Palmira, Colombia, como sitio de seleção para produtividade de arroz na América Latina. Em: Resumos. Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (4: 1990: Goiânia, Brasil). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Goiânia, Brasil. p. 46.

Manosalva de N., N. 1990. Intercambio de información en arroz entre los países de América Latina. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 127-129.

Martínez, C.P. 1990. Reuniones y paneles organizados por INGER-América Latina: Antecedentes. En: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 113-120.

Teixeira, S.M. e Sanint, L.R. 1990. Subsidios ao estabelecimento de prioridades de pesquisa com arroz no Brasil. Em: Resumos. Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (4: 1990: Goiânia, Brasil). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Goiânia, Brasil. p. 102.

Velásquez, J.; Teixeira, S.M.; Sanint, L.R.; e Oliveira, E.B. 1990. Ventagens comparativas dos sistemas de produção de arroz no Brasil. Em: Resumos. Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz (4: 1990: Goiânia, Brasil). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Goiânia, Brasil. p. 103.

Velásquez, J.G.; García, C.A.; Pantoja, A.; y Duque, M.C. 1990. Comparación de métodos absolutos e indirectos de muestreo de artrópodos en arroz. En: Resúmenes. Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (17: Medellín, Colombia). Sociedad Colombiana de Entomología, Bogotá, Colombia. p. 16.

Zeigler, R.S. and Alvarez, E. 1990. Characteristics of *Pseudomonas* spp. causing grain discoloration and sheath rot of rice, and associated pseudomonad epiphytes. *Plant Disease* 74(11):917-922.

Zeigler, R.S. and Alvarez, E. 1990. Nonfluorescent *Pseudomonas* strains causing rice sterility and grain discoloration in Colombia. *International Rice Research Newsletter* 15(3):28-29.

Zeigler, R.S. and Morales, F.J. 1990. Genetic determination of replication of rice hoja blanca virus within its planthopper vector, *Sogatodes oryzae*. *Phytopathology* 80:559-566.

Zeigler, R.S. 1990. The Latin American rice research network. In: Informe INGER-América Latina, primer semestre de 1990: Resultados viveros primer semestre 1989. CIAT, Cali, Colombia. p. 61-64.

OTHERS/OTROS

Ashby, J.A. 1990. Evaluating technology with farmers: A handbook. IPRA Projects, CIAT, Cali, Colombia. 95 p.

Bingen, R. J. and Poats, S. V. 1990. Staff management issues in on-farm client-oriented research. OFCOR-Comparative Study No. 5. International Service for National Agricultural Research, The Hague, Netherlands. 41 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. Publicaciones del CIAT/CIAT publications: Catálogo de títulos publicados de 1975 a 1990/Catalog of publications from 1975 to 1990. Cali, Colombia. 107 p.

Garay, A. E. 1990. Situación de la certificación de las semillas en América Latina: Limitantes y oportunidades de desarrollo. En: Mendoza, A. (ed.). *Memorias. Reunión de Trabajo sobre Fortalecimiento de Sistemas para Mejorar la Calidad de Semillas (1987: Montevideo, Uruguay)*. CIAT, Cali, Colombia. p. 101-108.

Gómez V., S. and Rizo P., N. (comps.). 1990. Bibliography of CIAT publications in the field of socioeconomics 1980-1989 [Bibliografía de publicaciones del CIAT en el área socioeconómica 1980-1989]. CIAT, Cali, Colombia. 42 p.

Granados, E. 1990. La construcción de un modelo de regresión. En: *Memorias. Simposio de Estadística: Análisis de regresión (1: 1990: Bogotá, Colombia)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. p. 7-26.

Janssen, W. (ed.). 1990. Trends in CIAT commodities 1990. Working Document No. 74. CIAT, Cali, Colombia. 228 p.

Johnson, D. E. 1990. El papel de un programa de certificación de semillas en el desarrollo del sector agrícola nacional. En: Mendoza, A. (ed.). *Memorias. Reunión de Trabajo sobre Fortalecimiento en Sistemas para Mejorar la Calidad de Semillas (1987: Montevideo, Uruguay)*. CIAT, Cali, Colombia. p. 91-95.

Lozano, J. C. and Zeigler, R. S. 1990. Screening for resistance: Methods to screen for resistance to foliar bacterial pathogens. In: Klement, Z.; Rudolph, K.; Sands, D. C. (eds.). *Methods in phyto bacteriology Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary*. p. 334-338.

- Mendoza, A. (ed.). 1990. Memorias. Reunión de Trabajo sobre Fortalecimiento de Sistemas para Mejorar la Calidad de Semillas (1987: Montevideo, Uruguay). CIAT, Cali, Colombia. 280 p.
- Peske, S. T. 1990. Tecnología de poscosecha para asegurar la calidad de la semilla. En: Memorias. Reunión de Trabajo sobre Fortalecimiento de Sistemas para Mejorar la Calidad de Semillas (1987: Montevideo, Uruguay). CIAT, Cali, Colombia. p. 13-22.
- Poats, S. V. 1990. Gender issues in the CGIAR system. Gender and Agriculture Project, Population Council, New York. 48 p.
- Ramírez, A.; Seré, C.; y Uquillas, J. 1990. Impacto socioeconómico de sistemas agroforestales en la selva baja del Ecuador. Documento de Trabajo No. 65. Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO), Quito, Ecuador, y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 217 p.
- Rao, I.M.; Arulanantham, A.R.; and Terry, N. 1990. Diurnal changes in adenylates and nicotinamide nucleotides in sugar beet leaves. *Photosynthesis Research* 23:205-212.
- Rao, I.M.; Fredeen, A.L.; and Terry, N. 1990. Leaf phosphate status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet. III. Diurnal changes in carbon partitioning and carbon export. *Plant Physiology* 92:29-36.
- Salinas, J. G. y Gourley, L. M. (eds.). 1990. Sorgo para suelos ácidos. CIAT, Cali, Colombia. 353 p.
- Thottappilly, G.; Rossel, H. W.; Reddy, D. V. R.; Morales, F. J.; Green, S. K.; and Makkouk, K. M. 1990. Vectors of virus and mycoplasma diseases: An overview. In: Singh, S. R. (ed.). *Insect pests of tropical food legumes*. John Wiley & Sons, Chichester, England. p. 323-342.
- Tripp, R. and Woolley, J. 1990. Training in farming systems research. *Experimental Agriculture* 26(3):247-262.

SERIAL PUBLICATIONS

- Abstracts on cassava (1990: vol. XVI, no. 1, 132 p.; no. 2, 120 p.; no. 3, 139 p.)
- Resúmenes analíticos sobre yuca (1990: vol. XVI, no. 1, 140 p.; no. 2, 129 p.; no. 3, 163 p.)
- Abstracts on field beans (1990: vol. XV, no. 1, 89 p.; no. 2, 240 p.; no. 3, 235 p.)
- Resúmenes analíticos sobre frijol (1990: vol. XV, no. 1, 88 p.; no. 2, 258 p.; no. 3, 247 p.)
- Arroz en las Américas (vol. 11, no. 1, octubre 1990, 12 p.)
- Cassava newsletter (vol. 14, no. 1, September 1990, 12 p.)
- Yuca boletín informativo (vol. 14, no. 1, septiembre 1990, 12 p.)
- CIAT Internacional (vol. 9, no. 1, junio 1990, 8 p.; no. 2, octubre 1990, 8 p.)
- CIAT International (vol. 9, no. 1, June 1990, 8 p.; no. 2, October 1990, 8 p.)
- CIAT Report/Informe CIAT 1990. 192 p.
- Pasturas tropicales (vol. 12, no. 1, abril 1990, 48 p.; no. 2, agosto 1990, 32 p.; no. 3, diciembre 1990, 48 p.)
- Program plans and funding requirements 1989-1993: Funding request for 1991. 40 p.
- Resúmenes analíticos sobre pastos tropicales (1990: vol. XII, no. 1, 153 p.; no. 2, 150 p.; no. 3, 185 p.)

CENTER'S ORGANIZATION

ORGANIZACION DEL CENTRO

Board of Trustees 1990, 1991 Junta Directiva 1990, 1991

Frederick Hutchinson, Chairman
Provost and Academic Vice-President
Ohio State University
USA

Lucía de Vaccaro, Vice-Chairman
Professor
Facultad de Agronomía
Instituto de Producción Animal
Universidad Central de Venezuela
Venezuela

William A. Carlson
Consultant
USA

Richard B. Flavell
Director
John Innes Institute
United Kingdom

Leopold Gahamanyi
Director
Institut des Sciences Agronomiques du
Rwanda
Rwanda

Chukichi Kaneda
Professor
Department of Plant Protection
Faculty of Agriculture
Kobe National University
Japan

H. Jeffrey Leonard
Senior Fellow, World Wildlife Fund
The Conservation Foundation
USA
(from July 1990)

Ricardo Mosquera Mesa,
Darío Valencia,
Antanas Mockus
Rector
Universidad Nacional de Colombia
Colombia
(until October 1990; until April 1991;
from April 1991, respectively)

Gabriel Montes Llamas
Director General
Instituto Colombiano Agropecuario
Colombia

John L. Nickel,
Gustavo A. Nores
Director General
CIAT
Colombia
(until February 1990; from March 1990)

Josef Nösberger
Professor
Institute of Plant Sciences
Switzerland

Michel Petit
Director
Agricultural and Rural Development
Department
The World Bank
USA
(until June 1990)

Gabriel Rosas Vega,
María del Rosario Sintés
Minister of Agriculture
Colombia
(until August 1990; from August 1990)

Juan José Salazar
Representative
Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
Mexico

Jack Tanner
Professor
Department of Crop Science
Ontario Agricultural College
University of Guelph
Canada

Rodrigo Tarté
Director
Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza
Costa Rica
(until June 1990)

Helio Tollini
Chief
Agriculture Division
Inter-American Development Bank
USA
(until December 1990)

Alvaro Umaña
Consultant
Centro de Estudio Ambiental
Costa Rica
(from July 1990)

Vijay S. Vyas
Director
Institute of Development Studies
India

Armando Samper Gnecco, Chairman
Emeritus
CIAT Board of Trustees
President Emeritus
Centro de Investigación de la Caña de
Azúcar
Colombia

Principal Staff (up to 31 March 1991)
Personal Principal (a 31 Marzo 1991)

**OFFICE OF THE DIRECTOR
GENERAL**

Gustavo A. Nores
Director General

Douglas Laing
Deputy Director General

Filemón Torres
Deputy Director General

Sieglinde Espino
Assistant to the Director General

**COMMODITY RESEARCH
PROGRAMS**

Bean Program

Douglas Pachico
Agricultural Economist, Leader

Stephen Beebe
Plant Breeder

César Cardona
Entomologist

Guillermo Gálvez
Plant Pathologist
*Coordinator, Andean Regional Bean
Research Network*
Lima, Peru

Peter Hanson
Plant Breeder
(Postdoctoral Fellow)

Willem Janssen
Economist

Judith Kipe-Nolt
Microbiologist

Julia Kornegay
Plant Breeder

Rogelio Lépiz
Agronomist
Quito, Ecuador

Gottfried Paul Msumali
Soil Scientist

Barry Nolt
Virologist
(Senior Research Fellow)

Silvio H. Orozco
Agronomist
Guatemala, Guatemala

Marcial Pastor Corrales
Plant Pathologist

Shree Singh
Plant Breeder

Michael Thung
Agronomist
Goiânia, Brazil

Oswaldo Voysest
Agronomist

Jeffrey White
Plant Physiologist

African Regional Projects

Vas Dev Aggarwal
Plant Breeder
Lilongwe, Malawi

David Allen
Plant Pathologist
*Coordinator, SADCC Regional Bean
Network for Southern Africa*
Arusha, Tanzania

James Kwasi Ampofo
Entomologist
Arusha, Tanzania

Robin Buruchara
Plant Pathologist
(Senior Research Fellow)
Butare, Rwanda

Luis H. Camacho
Plant Breeder
Butare, Rwanda

Todo Edje
Cropping Systems Agronomist
Arusha, Tanzania

Howard Gridley
Plant Breeder
Kampala, Uganda

William Grisley
Economist
Kampala, Uganda

Roger Kirkby
Agronomist
Pan-Africa Coordinator
Debre Zeit, Ethiopia

Jeffreyson Mutimba
(Senior Training Fellow)
Debre Zeit, Ethiopia

Urs Scheidegger
Agronomist
Coordinator, Great Lakes Project
Butare, Rwanda

Louise Sperling
Anthropologist
Butare, Rwanda

Charles Wortmann
Agronomist
Kampala, Uganda

Cassava Program

Rupert Best
Chemical Engineer, Leader

Anthony Bellotti
Entomologist

Ann Braun
Entomologist
(Senior Research Fellow)

Gerard Chuzel
Food Technologist
(Visiting Scientist)

Mabrouk El-Sharkawy
Plant Physiologist

Clair Hershey
Plant Breeder

Reinhardt Howeler
Soil Scientist
Bangkok, Thailand

Carlos Iglesias
Plant Breeder
(Postdoctoral Fellow)

Kazuo Kawano
Plant Breeder
Bangkok, Thailand

Carlos Lozano
Plant Pathologist

Raúl Moreno
Agronomist

Karl Müller-Sämann
Agronomist
(Postdoctoral Fellow)

Bernardo Ospina
Agricultural Engineer
(Senior Research Fellow)
Fortaleza, Brazil

Susan Poats
Anthropologist
Quito, Ecuador

Marcio Porto
Plant Breeder, CIAT/IITA Collaborative
Research Project
Ibadan, Nigeria

Christopher Wheatley
Plant Physiologist

Rice Program

Robert Zeigler
Plant Pathologist, Leader

Jorge Luis Armenta
Physiologist/Agronomist
Coordinator, Caribbean Rice Improvement
Network
Santo Domingo, República
Dominicana

Fernando J. Correa
Plant Pathologist
(Senior Research Fellow)

Jean Coulombe
Agronomist
(Senior Research Fellow)
Santo Domingo, República
Dominicana

Federico Cuevas
Agronomist/Plant Breeder
(Associate Member Senior Staff/IRRI)

Albert Fischer
Agronomist

Elcio Perpetuo Guimarães
Plant Breeder

Zaida Lentini
Plant Breeder
(Postdoctoral Fellow)

André Leury
Agricultural Engineer
(Senior Research Fellow)
Port-au-Prince, Haiti

César Martínez
Plant Breeder

Alberto Pantoja
Entomologist

Animesh C. Roy
Agronomist
(Visiting Scientist/IITA)

Luis Roberto Sanint
Agricultural Economist

José Ignacio Sanz
Soil Scientist
(Senior Research Fellow)
Villavicencio, Colombia

Surapong Sarkarung
Plant Breeder

César Ventura
Plant Breeder
(CIAT Fellow)

Tropical Pastures Program

Raúl Vera
Animal Scientist, Leader

Miguel Ara
Soil Scientist
(Postdoctoral Fellow)
Pucallpa, Peru

Pedro Argel
Agronomist
San José, Costa Rica

Miguel A. Ayarza
Soil Scientist
(Postdoctoral Fellow)

John Ferguson
Agronomist

Myles Fisher
Pasture Ecophysiology

Gerhard Keller-Grein
Agronomist

Stephen Lapointe
Entomologist

Carlos Lascano
Animal Scientist

Brigitte Maass
Pasture Germplasm Specialist
(Postdoctoral Fellow)

John Miles
Plant Breeder

Yoichi Nada
Pasture Scientist
(Senior Research Fellow/TARC)

Esteban Pizarro
Agronomist
Planaltina, Brazil

Idupulapati M. Rao
Plant Nutrition Physiologist

Georges Rippstein
Grassland Ecologist
(Associate Member Senior
Staff/IEMVT/CIRAD)

Rainer Schultze-Kraft
Agronomist

James Spain
Soil Scientist
Planaltina, Brazil

Richard Thomas
Nitrogen Cycling Specialist

Peter Trutmann
Plant Pathologist

Training and Communications Support Program

Gerardo Häbich
Leader

Susana Amaya
Communications Specialist, Head,
Publications

Alfredo Caldas
*Admissions Administrator (GAS)**

Walter Correa
Chemical Engineer, Head, Graphic Arts
Production (GAS)

Elizabeth Goldberg
Information Specialist, Head,
Documentation and Information

Vicente Zapata
Education Specialist, Acting Head,
Training and Conferences
(Senior Research Fellow)

RESEARCH SUPPORT

Agroecological Studies Unit

Peter Jones
Agrometeorologist/Computer Scientist,
Head

Simon Carter
Agricultural Geographer
(Senior Research Fellow)

Daniel Robison
Soil Scientist
(Senior Research Fellow)

Analytical Services Laboratory

Sheila McKean
Soil Chemist

Biotechnology Research Unit

William Roca
Physiologist, Head

Fernando Angel
Molecular Biologist
(Visiting Scientist)

Jorge E. Mayer
Biochemist

Joseph Tohme
Geneticist
(Senior Research Fellow)

Data Services Unit

María Cristina Amézquita de
Quiñónez
Biometrician, Acting Head (GAS)

Experiment Stations Operation

Alfonso Díaz-Durán
Agricultural Engineer, Superintendent

Genetic Resources Unit

Masaru Iwanaga
Cytogeneticist, Head

Seed Unit

Adriel Garay
Seed Production Technologist, Acting
Head

Virology Research Unit

Francisco Morales
Virologist, Head

Lee A. Calvert
Virologist

Farmer Participation in Technology Design and Transfer

Jacqueline A. Ashby
Rural Sociologist

FINANCE AND ADMINISTRATION

Fritz Kramer
Director

Camilo Alvarez
Head, General Services (GAS)

Jesús A. Cuéllar
Executive Officer

Luz Stella Daza
Internal Auditor (GAS)

Abraham A. Espino
Controller

Alberto Estrada
Head, Administrative Systems and
Procedures (GAS)

Germán Gutiérrez
Head, Maintenance Services (GAS)

Harrington Hazel
Projects Officer

Fernando Posada
Manager, CIAT Miami Office

Darío Quiroga
Head, Supplies (GAS)

Diego Vanegas
Pilot (GAS)

Germán Vargas
Head, Human Resources (GAS)

Bernardo Velásquez
Head, Food and Housing (GAS)

* GAS = General Administrative Services.

**COLLABORATING
INSTITUTIONS REPRESENTED
AT CIAT**

**CIMMYT/CIAT Andean Region
Maize Project**

Shivaji Pandey
Plant Breeder, Head
(Associate Member Senior Staff)

Hernán Ceballos
Plant Breeder
(Associate Member Senior Staff)

Bronson Knapp
Soil Scientist
(Associate Member Senior Staff)

CIP Regional Representation

Oscar Hidalgo
Liaison Officer, Head
(Associate Member Senior Staff)
Bogotá, Colombia

Luis Valencia
Liaison Officer
(Associate Member Senior Staff)
Bogotá, Colombia

IBPGR Regional Representation

Katsuo Armando Okada
Botanist, Coordinator for South America
(Associate Member Senior Staff)

Luis López
Geneticist
(Associate Senior Research Fellow)

IFDC/CIAT Soil Fertility Studies

Luis Alfredo León
Soil Scientist, Head
(Associate Member Senior Staff)

**INTSORMIL/MSU/ICA/CIAT
Project**

Guillermo Muñoz
Plant Breeder, Coordinator
(Associate Member Senior Staff)

Consultative Group on International Agricultural Research

Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional

The Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) is an informal association of governments, international organizations, and private institutions, cosponsored by the World Bank, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and the United Nations Development Programme (UNDP). The CGIAR first met in 1971 when members agreed to support, on a sustained basis, a well-defined and closely monitored program of research on food commodities and on food production in agroecological zones. CGIAR operates without a formal charter, relying on the consensus deriving from a sense of common purpose.

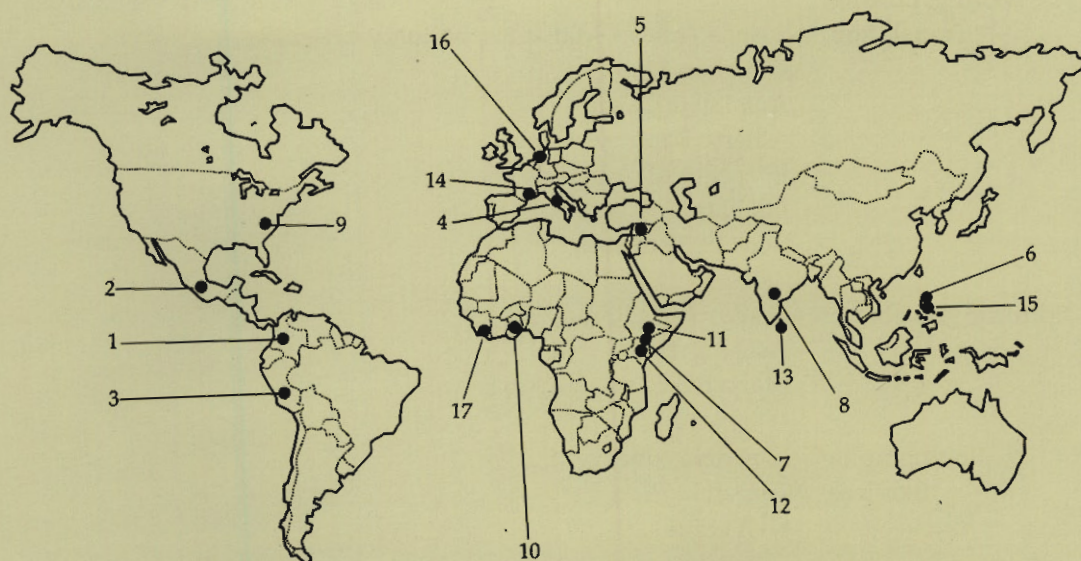
The following mission statement for the CGIAR has been developed by the Technical Advisory Committee, reflecting the consensus that has emerged in recent years among the various partners in the global research system:

"Through international research and related activities, and in partnership with national research systems, to contribute to sustainable improvements in the productivity of agriculture, forestry, and fisheries in developing countries in ways that enhance nutrition and well-being, especially among low-income people."

El Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAl) es una asociación informal de gobiernos, organizaciones internacionales e instituciones privadas, copatrocinada por el Banco Mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El GCIAl se reunió por primera vez en 1971, ocasión en la cual sus miembros convinieron en apoyar, de manera sostenida, un programa bien definido y estrechamente supervisado de investigación en cultivos alimenticios y en producción de éstos en distintas zonas agroecológicas. El GCIAl opera sin una constitución formal, basado en el consenso resultante de su unanimidad de propósitos.

La siguiente declaración elaborada por el Comité Técnico Asesor sobre la misión del GCIAl refleja el consenso surgido en años recientes entre los varios socios del sistema global de investigación:

"Por medio de la investigación internacional y actividades relacionadas, y en asocio con los sistemas nacionales de investigación, contribuir al mejoramiento sostenido de la productividad de la agricultura, la silvicultura, y la piscicultura en los países en desarrollo, de tal manera que se fortalezcan la nutrición y el bienestar, especialmente entre las gentes de escasos recursos".



Global location of the CGIAR-supported centers, including the centers entering the system in 1991.

Ubicación global de los centros apoyados por el GCIAT incluyendo los centros incorporados al sistema en 1991.

- | | |
|---|---|
| 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia | 9. IFPRI, International Food Policy Research Institute, United States |
| 2. CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Mexico | 10. IITA, International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria |
| 3. CIP, Centro Internacional de la Papa, Peru | 11. ILCA, International Livestock Centre for Africa, Ethiopia |
| 4. IBPGR, International Board for Plant Genetic Resources, Italy | 12. ILRAD, International Laboratory for Research on Animal Diseases, Kenya |
| 5. ICARDA, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Syria | 13. IIMI, International Irrigation Management Institute, Sri Lanka* |
| 6. ICLARM, International Centre for Living Aquatic Resources Management, Philippines* | 14. INIBAP, International Network for the Improvement of Banana and Plantain, France* |
| 7. ICRAF, International Council for Research in Agroforestry, Kenya* | 15. IRRI, International Rice Research Institute, Philippines |
| 8. ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India | 16. ISNAR, International Service for National Agricultural Research, Netherlands |
| | 17. WARDA, West Africa Rice Development Association, Côte d'Ivoire |

* New member beginning in 1991.
(Nuevo miembro a partir de 1991.)

Credits

Créditos

Writing, Editing,

Translation: Susana Amaya, Managing Editor
Francisco Motta
Ana Lucía García
Alberto Ramírez
Elizabeth McAdam de Páez
Bill Hardy
Rodrigo Ferrerosa

Editorial Assistance: Gladys R. de Ramos
Astrid Salazar
María del Carmen Iglesias

Photographic Services: Mauricio Antorveza
Fernando Pino
Helí Uribe

Design and Production: Julio César Martínez, Designer
Oscar Idárraga
Camilo Oliveros
Addiana Loaiza
Gloria Libreros
Conrado Gallego

Printing: Carvajal S. A., Cali

Photographs: J. C. Abreu (EMATERCE, Brazil),
M. Antorveza, M. Ayarza,
F. Correa, C. Egüez (FUNDAGRO, Ecuador),
R. Ferrerosa, A. L. García,
R. Howeler, H. Jiang,
K. Kawano, F. Pino,
S. Poats, A. Ramírez,
I. Rao, J. I. Roa,
W. Roca, M. Ruppenthal,
U. Scheidegger, R. Schultze-Kraft,
L. Sperling, R. Thomas,
J. Tohme, H. Uribe,
C. Wheatley