



ISSN 0120-3150
Serie CIAT 02S(2)82

Informe CIAT 1982



Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

Septiembre 1982

El **Informe CIAT 1982** se publica en inglés y español para informar a donantes, colaboradores y al público interesado sobre los progresos en nuestro trabajo. Los resultados que aquí se describen son aquellos logrados durante el año 1981.

Se pueden solicitar informes anuales individuales (en inglés o español) para cada programa de investigación — Frijol, Yuca, Arroz, y Pastos Tropicales — a la siguiente dirección:

Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

ISSN 0120-3150

Serie CIAT No. 02S(2)82

Septiembre, 1982

Inglés, 3000 ejemplares; español, 5000 ejemplares.

Impreso en Estados Unidos

Cita bibliográfica:

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1982. Informe CIAT 1982. Cali, Colombia. 128 p.

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas tropicales bajas. Su sede principal se encuentra en un terreno de 522 hectáreas, cercano a Cali. Dicho terreno es propiedad del gobierno colombiano el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. Este dispone igualmente de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con una extensión de 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, ambas en el Cauca. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas en los Llanos Orientales y colabora con el mismo ICA en varias de sus estaciones experimentales en Colombia, así como con instituciones agrícolas nacionales en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultativo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) financian los programas del CIAT.

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.

Este informe CIAT da cuenta de sus principales logros en el desarrollo de tecnología agrícola y su transferencia en el año 1981. Los progresos alcanzados hacen relación al contexto general de la misión del CIAT y a las estrategias perseguidas por sus cuatro programas de investigación en cultivos. Todos ellos, además de capacitación científica y unidad de semillas, están, en nuestra opinión, en camino de alcanzar sus objetivos, el mayor de los cuales es la colaboración con entidades nacionales e internacionales para aumentar la cantidad y calidad de los productos alimenticios básicos en América Latina y El Caribe.



El esfuerzo de desarrollo tecnológico del Programa de Fríjol alcanzó en algunos países su cuarta etapa o etapa más avanzada: la transferencia horizontal de nueva tecnología en fríjol desarrollada en un país, como es el caso de Guatemala y Honduras, a otros países centroamericanos. La primera etapa culminó en el incremento de la colección mundial de germoplasma en varias regiones productoras de fríjol por medio de los viveros internacionales. En la actualidad se cultivan estos materiales en más de 40,000 ha en 15 países. En la segunda etapa, líneas mejoradas desarrolladas por el CIAT se nombraron, se multiplicaron y fueron lanzadas por varios países colaboradores: cuatro de ellos ya han nombrado nuevas variedades a partir de esas líneas y seis más preparan una exitosa multiplicación de semillas. Por lo menos tres programas nacionales ya han alcanzado la tercera etapa en la cual se producen a nivel nacional nuevas variedades a partir de materiales de generación temprana suministrados por el CIAT. Actualmente el Programa de Fríjol dispone de materiales mejorados de los 16 tipos de grano básicos producidos en los trópicos. Además, se han identificado, y se están incorporando a las variedades comercialmente aceptables, fuentes de resistencia a la mayoría de las enfermedades e insectos-plaga del fríjol.

Nuestro Programa de Yuca había inicialmente demostrado que las prácticas culturales mejoradas y de bajos

insumos pueden duplicar los rendimientos tradicionales que son de 10 a 11 ton/ha. Datos más recientes sugieren que los rendimientos tradicionales pueden ser triplicados si tales prácticas agronómicas van acompañadas por híbridos recientemente desarrollados. En mayor escala, estas expectativas iniciales se han probado comercialmente y han demostrado que la tecnología del CIAT es efectiva. Hoy en día buena parte de nuestra atención se enfoca en usos alternativos para la yuca procesada, ya que la yuca fresca es altamente perecedera y el potencial de aceptación del mercado fresco es limitado. Un proyecto piloto al norte de Colombia en el cual participa el CIAT ha demostrado que si se dispone de un abastecimiento continuo de yuca (en este caso para una cooperativa de agricultores que produce trozos de yuca seca para alimentación animal) es posible el mercadeo a buen precio de cantidades aún mayores de yuca. Tenemos fundadas esperanzas de que con nuestra nueva tecnología de producción y con nuevos mercados para la yuca, numerosos países tropicales tendrán razones económicas suficientes para ampliar considerablemente su producción, reduciendo por lo tanto los costos de importación de alimentos para consumo humano y animal, y aumentando los ingresos del pequeño agricultor.



Nuestro Programa de Arroz ha proseguido con su notable capacidad de suministrar diversidad de líneas promisorias de arroz a los programas nacionales para su lanzamiento como nuevas variedades o para uso en programas de mejoramiento. En la actualidad casi el 80% del arroz con riego sembrado en América Latina es de variedades de alto rendimiento que tuvieron su origen en los esfuerzos de mejoramiento de arroz del CIAT—una tarea estrictamente circunscrita al Hemisferio Occidental, desarrollada en estrecha colaboración con el IRRI. En gran parte se debe a esas nuevas variedades el que la producción de arroz de América Latina y El Caribe haya podido estar a la altura de una demanda en continuo aumento. Los resultados más alentadores del trabajo de nuestro equipo de arroz hacen relación a la mayor y más estable resistencia a la piricularia, el problema más serio para la producción de arroz en América Latina. El año 1981 fue también el comienzo de nuestro esfuerzo relativamente modesto de mejoramiento del cultivo de arroz de secano. Los obstáculos a su mayor producción en los sistemas de cultivo ya han sido definidos cualitativamente y se han identificado materiales parentales promisorios.

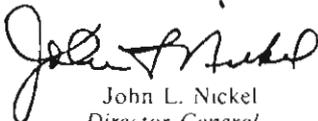




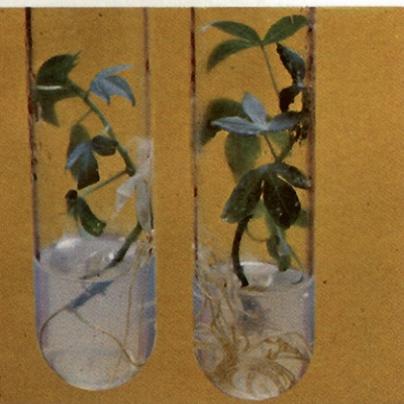
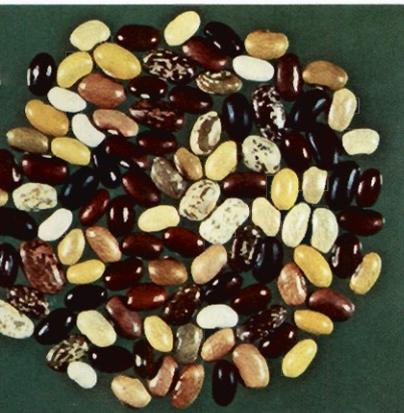
tiva y económicamente viable en los suelos ácidos e infértiles de América Latina tropical está siendo confirmada. Esta tecnología será el componente clave en la productividad —con un fundamento ecológico— de una de las últimas grandes fronteras agrícolas del mundo. Después de cuatro años de evaluación continua, las asociaciones más avanzadas de gramíneas y leguminosas continúan mostrándose altamente promisorias desde el punto de vista económico y agronómico. Además, se están identificando nuevas accesiones promisorias de pastos y leguminosas que se someten a una rigurosa secuencia evaluativa. Confiamos en que la nueva tecnología de producción de pastos, resultante de nuestros esfuerzos colaborativos con programas nacionales, será secundada por la buena voluntad y extraordinaria capacidad del sector de producción ganadera con lo cual se logrará un impulso decisivo en la producción de carne y leche, ambos alimentos básicos para los consumidores de bajos ingresos en la región.

Nuestros colaboradores a nivel nacional constituyen el factor sobresaliente en nuestro trabajo. A través de los años los programas nacionales y el CIAT han explorado continuamente las modalidades de cooperación más eficientes y efectivas que han conducido a una clara definición de responsabilidades para los niveles nacional e internacional, con lo cual se ha obtenido un alto grado de complementación. Resulta particularmente alentador recibir la ayuda decidida de nuestros colaboradores de los programas nacionales en cada una de las etapas críticas de nuestro trabajo, con lo cual se obtiene total continuidad en los esfuerzos de ambas partes.

Sea esta la oportunidad de expresar nuestro sincero agradecimiento a la comunidad de donantes por su ayuda financiera y técnica así como a las entidades de investigación y desarrollo que colaboran con nosotros. Con su apoyo continuado podremos mirar hacia adelante con la confianza de que seguiremos desempeñando nuestro papel dentro del conjunto de esfuerzos para aumentar la producción en los trópicos.

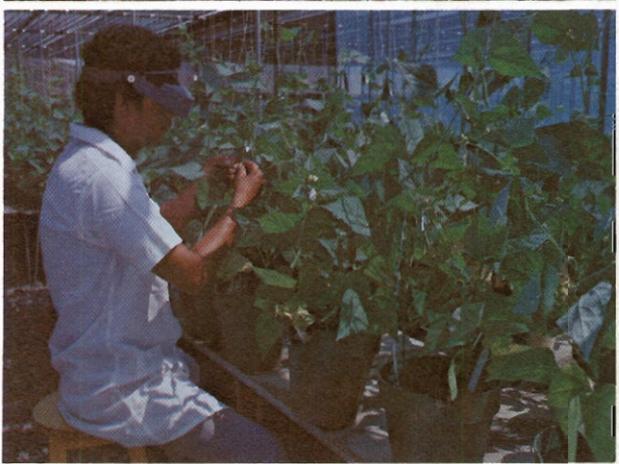
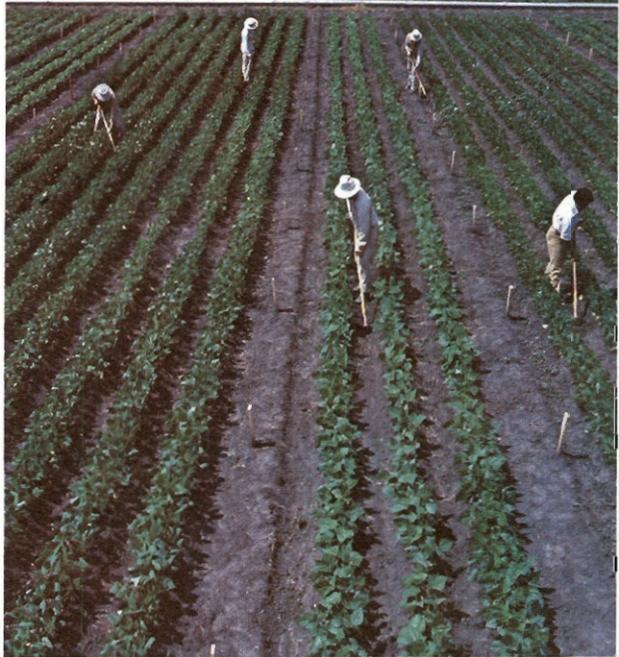

John L. Nickel
Director General

Contenido



Página

Programa de Frijol.....	1
Programa de Yuca	27
Programa de Arroz	51
Programa de Pastos Tropicales	67
Unidad de Semillas.....	95
Capacitación Científica	99
Estados Financieros	103
Personal Principal y Profesional	109



Programa de Frijol

	<i>Página</i>
Resumen de los Logros	2
Recolección y Selección de Germoplasma	4
Recolección de Germoplasma	4
Selección de Germoplasma	5
Frijol arbustivo	5
Frijol trepador	7
Mejoramiento Genético de Germoplasma	7
Mejoramiento de Características Específicas	7
Virus del mosaico común del frijol (BCMV)	8
Virus del mosaico dorado del frijol (BGMV)	8
Roya	9
Antracnosis	9
Mancha foliar angular	9
Añublo bacteriano común (CBB)	10
Saltahojas	10
Picudo de la vaina	10
Insectos de granos almacenados	11
Fijación de nitrógeno	12
Arquitectura de la planta	12
Combinación de Características Deseables	13
Evaluación de Progenies	16
Vivero del Equipo de Frijol (VEF)	16
Ensayos Preliminares de Rendimiento (EP)	17
Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN)	19
Frijoles arbustivos	21
Frijoles trepadores	21
Difusión de Materiales Mejorados de Frijol	21
Creciente Impulso de la Red Internacional de Frijol	25

EL OBJETIVO del Programa de Frijol del CIAT es desarrollar tecnologías de producción que permitan aumentar los rendimientos y mejorar su estabilidad con el tiempo. Como claro reflejo del interés del CIAT por desarrollar tecnología de producción eficiente en el uso de recursos y por la intensificación en el sector de fincas pequeñas, el Programa de Frijol hace énfasis en tecnologías con base en germoplasma mejorado que combinen:

- Resistencia o tolerancia a las principales enfermedades y plagas y a los principales factores limitativos edáficos y climáticos;
- eficiencia en el uso de los insumos aplicados;
- mejor arquitectura de la planta y rendimiento potencial.

Como parte del trabajo de desarrollo de germoplasma, el Programa de Frijol colabora estrechamente con los programas nacionales de frijol en el desarrollo de tecnologías viables de producción que satisfagan las necesidades regionales o nacionales en lo que respecta a los sistemas de cultivo utilizados por los agricultores, los factores agronómicos predominantes que limitan la producción y las exigencias de los consumidores. La capacitación científica constituye el medio principal mediante el cual el Programa ayuda a los programas nacionales a alcanzar un mayor desarrollo y, en últimas, a volverse autosuficientes en lo que respecta a investigación y desarrollo del frijol a nivel nacional.

El Programa de Frijol se inició en 1973 con seis científicos principales y ya en 1981 contaba con 15 de tales científicos. En este último año, el Programa logró avances importantes tanto en el desarrollo de tecnología como en aspectos de colaboración internacional.

RESUMEN DE LOS LOGROS

El esquema integrado de desarrollo y evaluación de germoplasma ha superado sus años de formación y ya es completamente operativo. En fitomejoramiento, en 1981 se alcanzó un progreso considerable en el desarrollo de características mejoradas. En lo que respecta a enfermedades, se lograron avances notables en el mejoramiento de la resistencia/tolerancia al virus del mosaico común del frijol (BCMV), virus del mosaico dorado del frijol (BGMV), roya, antracnosis, mancha foliar angular y añublo bacteriano común (CBB). Entre los insectos plaga, se avanzó en el mejoramiento de líneas de frijol resistentes a los saltahojas y al picudo de la vaina, *Apion godmani*. En 1981 se identificaron por primera vez fuentes promisorias de resistencia a *Zabrotes*, los insectos más perjudiciales que atacan al frijol almacenado y, por consiguiente, de mayor importancia económica. Los éxitos en el mejoramiento genético también se extendieron a la tecnología de fijación de nitrógeno del frijol; mediante la recombinación de materiales donantes promisorios se lograron niveles más altos de fijación de nitrógeno atmosférico. En lo que respecta a una mejor arquitectura, se desarrollaron varios tipos nuevos de plantas y actualmente se encuentran en evaluación preliminar para determinar su utilidad en términos de rendimiento, estabilidad de éste, y mecanismos para evitar las enfermedades y los insectos plaga. Además del mejoramiento de





La inoculación de las variedades de frijol para selección por resistencia a diversas enfermedades, en este caso contra el mosaico común (izquierda), permite el desarrollo de tecnología mejorada de producción de frijol. Así, aun este pequeño productor de frijol latinoamericano (derecha) podrá beneficiarse.

Ya hay disponibles materiales mejorados de frijol arbustivo y voluble para diferentes regiones productoras.

características individuales, se lograron avances en la transferencia de características mejoradas a multitud de tipos de semilla exigidos por los programas nacionales. Actualmente, ya hay disponibles materiales mejorados tanto arbustivos como trepadores para la mayoría de los tipos de semilla requeridos en las varias regiones productoras.

Con la incorporación de resistencia al virus del mosaico común del frijol — el problema patológico transmitido por semilla más difundido y severo del frijol en América Latina — en todos los materiales que salen del CIAT para su evaluación posterior, y con la disponibilidad de materiales mejorados representativos de una amplia gama de tipos de semilla, el proceso de selección de líneas genéticas avanzadas se está descentralizando en los programas nacionales colaboradores. En 1981, éstos seleccionaron más de 20 líneas de materiales en generaciones avanzadas y las incluyeron en esquemas de multiplicación de semilla y/o de evaluación a nivel de finca. Al mismo tiempo, 18 países en América Latina y África solicitaron más de 7000 accesiones de germoplasma del CIAT para su evaluación posterior y/o para su utilización en sus propios programas de mejoramiento genético. Estos avances corroboran el hecho de que se está adelantando conjuntamente un sólido esfuerzo a nivel internacional para el desarrollo del frijol.

En consecuencia, se puede esperar que el impacto inicial del CIAT en la producción de frijol mediante su amplia diseminación de cultivares comerciales no mejorados por él mismo, se duplicará en un futuro cercano con los materiales recientemente mejorados mediante esfuerzos colaborativos de mejoramiento genético entre el CIAT y los programas nacionales.

Recolección y Selección de Germoplasma

Recolección de Germoplasma

La base de todo el trabajo de mejoramiento del frijol es el banco de germoplasma de *Phaseolus* en el CIAT. Mediante donaciones de instituciones colaboradoras y mediante las giras de recolección en Brasil y Perú (en colaboración con el International Board for Plant Genetic Resources, IPBGR, con sede en Roma, Italia, y bajo su patrocinio financiero), la colección del CIAT aumentó en 1981 en cerca de 2000 accesiones nuevas, llegando a un total de más de 32,000. La composición de esta colección se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Colección de frijoles del género *Phaseolus* mantenida en el banco de germoplasma del CIAT, hasta diciembre de 1981.

Especies	Número de accesiones	
	Formas cultivadas	Formas silvestres
Cultivadas		
<i>P. vulgaris</i>	28,117	332
<i>P. lunatus</i>	2,221	62
<i>P. coccineus</i> subsp. <i>coccineus</i>	707	
<i>P. coccineus</i> subsp. <i>polyanthus</i>	317	
<i>P. coccineus</i>		58
<i>P. acutifolius</i>	89	59
No cultivadas (silvestres)		
<i>P. anisotrichus</i>		25
<i>P. metcalfei</i>		11
<i>P. ritensis</i>		8
<i>P. filiformis</i>		10
<i>P. wrightii</i>		4
<i>P. microcarpus</i>		9
<i>P. pedicellatus</i>		6
<i>P. polystachyus</i>		8
<i>P. galactoides</i>		1
<i>P. parvulus</i>		1
Total	31,451	594

Selección de Germoplasma

Con la evaluación de 4000 accesiones adicionales de *P. vulgaris* en 1981, el total que ha pasado por la etapa de evaluación morfoagronómica es ahora de aproximadamente 15,000. Toda la información acerca de la introducción, el mantenimiento, la evaluación y la distribución de cada una de las cuatro especies cultivadas se encuentra organizada en archivos de computador y está a la disposición de todos los investigadores a nivel nacional. Además del trabajo básico de evaluación y documentación de todas las entradas del banco de germoplasma, los diversos proyectos de mejoramiento genético de frijol seleccionan sistemáticamente las accesiones para identificar fuentes donantes de características especiales o tipos de grano comerciales.

Frijol arbustivo. Aproximadamente 5000 accesiones recién salidas del banco de germoplasma se evaluaron en parcelas sembradas a golpe en Popayán y Obonuco. Además, las selecciones de 5000 accesiones previamente evaluadas en el mismo tipo de parcelas se sometieron a evaluaciones posteriores en 1981 en parcelas de hileras individuales en Palmira, Popayán, La Selva y Obonuco. El Cuadro 2 presenta una lista de características específicas con base en las cuales se evalúa el germoplasma de frijol arbustivo y el número de líneas que hay ahora disponibles como progenitores para cruzamientos en el programa de mejoramiento genético.

Quince mil accesiones de P. vulgaris — la mitad del banco de germoplasma — han pasado por la etapa de evaluación morfoagronómica.

Cuadro 2. **Número de líneas de frijol arbustivo con resistencia o tolerancia a diversos caracteres, que se emplean como padres potenciales; disponibles en el CIAT hasta diciembre de 1981.**

Caracteres	No. de líneas
Estrés biológico	
<i>Enfermedades</i>	
Mosaico común del frijol (resistencia de tipo recesivo)	5
Mosaico dorado del frijol	30
Roya	40
Antracnosis	180
Mancha angular de la hoja	70
Mildeo polvoso	21
Añublo bacterial común	23
Añublo de halo	14
Mustia hilachosa	30
<i>Insectos</i>	
Lorito verde (<i>Empoasca</i>)	64
Picudo de la vaina (<i>Apion</i>)	29
Insectos del grano almacenado (<i>Zabrotes</i>)	5
Estrés edáfico	
Fijación de nitrógeno	12
Fósforo del suelo	16
Estrés climático	
Temperaturas	10
Sequia	17
Arquitectura de la planta y rendimiento	15
Madurez temprana	6
Total	587

Investigación Cooperativa en Genética del Fríjol

El CIAT depende de algunas entidades de investigación y universidades del mundo en cuanto a recursos para resolver problemas altamente específicos de investigación agrícola aplicada. Por ejemplo, el Programa de Fríjol persigue, por medio de varios proyectos, conocimiento especializado, capacidades y equipo en su búsqueda de resistencia a las enfermedades más importantes del fríjol y de variabilidad arquitectónica de la planta.

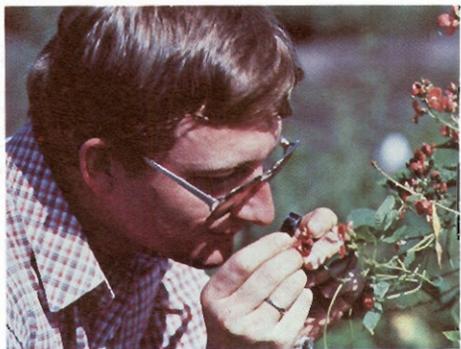
Una de las necesidades es la de incorporar resistencia genética al virus del mosaico común del fríjol (BCMV), una difundida enfermedad que se trasmite por la semilla y por áfidos. Normalmente el Programa depende de un único gene dominante (II) para la resistencia. En tanto que este trabajo ha demostrado ser muy exitoso, hay razas del virus que, en condiciones ambientales específicas, rompen esta resistencia. Esto ocurre en importantes países productores de fríjol como Burundi, Chile y Ruanda. El Instituto de Mejoramiento de Plantas Hortícolas (IVT) en Wageningen, Holanda, ha desarrollado dos líneas de fríjol de clima templado

resistentes a todas las razas de BCMV. Tal resistencia es controlada por la presencia de varios genes recesivos. El actual empeño conjunto del CIAT e IVT es introducir tales genes recesivos a germoplasma adaptado al trópico y aceptable comercialmente. El IVT asume la responsabilidad por el extenso y altamente especializado programa de pruebas en el cual se detectan la presencia o ausencia de tales genes recesivos en las líneas provistas por el CIAT. Ya la resistencia encontrada en las líneas de semilla blanca pequeña del IVT ha sido incorporada con éxito a líneas adaptadas al trópico de varios tipos de semilla del CIAT, incluidas algunas comercialmente aceptables en Brasil y Chile.

Otra necesidad es la de proveer hibridación interespecífica a las líneas de fríjol del CIAT por medio de la transferencia de fuentes de resistencia genética y rasgos arquitectónicos de especies de *Phaseolus* emparentadas con *P. vulgaris*. Los cruces entre especies de *Phaseolus* presentan problemas únicos de restauración de la fertilidad los cuales requieren capacidades especializadas. Los cientí-

cos de la Universidad de Gembloux en Bélgica se especializan en taxonomía del género *Phaseolus*. Su tarea conjunta con el CIAT es identificar cruces deseables, realizarlos, y restaurar la fertilidad a los híbridos resultantes. Este trabajo se hace tanto en la sede del CIAT como en Gembloux. Una vez restaurada la fertilidad, se continúa con la selección de progenies en el CIAT y en los programas nacionales en condiciones tropicales. En la actualidad la tolerancia a enfermedades tales como la antracnosis, la mancha de ascochyta, el añublo bacteriano, y el virus del mosaico dorado de fríjol, así como la incorporación de varias características de floración, se encuentran en el delicado y dispendioso proceso de transferencia genética al frijol común.

Tales esfuerzos cooperativos de investigación intensiva y a largo plazo entre el CIAT y entidades nacionales e internacionales ayudan al Programa de Fríjol a cumplir con sus responsabilidades de mejoramiento genético.



UNIVERSIDAD DE GEMBOUX

Frijol trepador. Todos los materiales de frijol trepador se evalúan y seleccionan para su cultivo en asociación con maíz. Además de la resistencia y tolerancia a las principales enfermedades (tales como la mancha de la hoja y de la vaina por *Ascochyta*, mildew polvoso, antracnosis y mancha foliar angular), los criterios de evaluación incluyen la competitividad de los frijoles trepadores en comparación con el maíz y su habilidad para dar buena producción a menores densidades de población que las utilizadas en frijol arbustivo en monocultivo. En 1981 se evaluaron cerca de 800 accesiones de frijoles trepadores en Palmira, 500 en La Selva y 300 en Obonuco. En cada localidad se seleccionaron los materiales más promisorios para su evaluación posterior y para su utilización como progenitores en el programa de hibridación.

En 1981, uno de los objetivos en la evaluación de germoplasma fue identificar materiales que pudieran superar la estrecha adaptación a la temperatura observada en materiales evaluados con anterioridad, particularmente entre las localidades de prueba en La Selva y Obonuco (temperaturas medias de 17 y 13°C, respectivamente). Hasta la fecha, se han identificado dos variedades sobresalientes por su amplia adaptación a la temperatura, E 1034 y E 1056, ambas de la colección ecuatoriana en el banco de germoplasma del CIAT.

Mejoramiento Genético de Germoplasma

Los caracteres específicos del germoplasma se mejoran y recombinan de acuerdo con las necesidades de las regiones productoras de frijol y sus preferencias sobre tipos de grano.

Diferentes regiones producen frijol que varía considerablemente en aspectos tales como hábito de crecimiento y color, tamaño y forma de la semilla. Esta variación refleja tanto las preferencias del productor y del consumidor, como las diferentes condiciones agroclimáticas y de sistemas de cultivo. Además, aunque la mayoría de las enfermedades y plagas son comunes en muchas regiones productoras, hay gran variación en su orden e importancia económica relativa. La selección y evaluación de germoplasma por cada uno de estos factores generalmente requiere metodologías y condiciones climáticas específicas que, con frecuencia, son incompatibles con otras condiciones epifitóticas creadas artificialmente. Esta es una razón importante que restringe a dos o tres el número de factores limitativos que pueden ser manejados a la vez en un sólo vivero de mejoramiento genético. Por consiguiente, con el fin de identificar la variación genética deseable y utilizarla en mejoramiento genético, el programa sigue una estrategia en dos partes, a saber, (1) el mejoramiento de características específicas y (2) la recombinación de características deseables según las regiones productoras y los tipos de grano preferidos.

Mejoramiento de Características Específicas

El proceso de mejoramiento de características es una búsqueda continua de fuentes mejores de un rasgo deseable en todos los hábitos de crecimiento y tipos de grano. Son aproximadamente 20 las características agronómicas que juegan un papel importante en la resolución de los



En condiciones de campo, se encuentran variedades de frijol que presentan tanto pústulas de roya pequeñas (arriba) como grandes (abajo) en condiciones naturales, inoculadas y protegidas. Las diferencias en rendimiento entre parcelas protegidas químicamente y aquellas inoculadas con roya fueron de 47 a 77% y de 0 a 25% para las variedades con tipo de pústula grande y pequeña, respectivamente. De la misma manera, las diferencias de rendimiento entre las parcelas protegidas químicamente y las parcelas naturales (no inoculadas con roya) fueron de 43 a 74% para las variedades con pústulas grandes y de 0 a 19% para aquellas con pústulas pequeñas.

principales problemas de producción, y cada una de ellas se maneja en proyectos de mejoramiento genético separados. Se persiguen la máxima expresión de la característica, su estabilidad y adaptación. Además de su utilización en los proyectos de mejoramiento en el CIAT, todas las fuentes de características deseables se ponen a la disposición de investigadores de frijol interesados, ya sea por medio de los viveros internacionales o por solicitud individual. A continuación se presenta un resumen del progreso alcanzado en los proyectos más importantes de mejoramiento genético de características individuales.

Virus del mosaico común del frijol (BCMV). Como se informó anteriormente, el Programa ha establecido como política que todas las líneas que salgan del CIAT y todas aquellas que entren al Vivero del Equipo de Frijol (vease la Figura 7 para su definición), deben ser resistentes al BCMV. Normalmente, la progenie de las selecciones F_2 se inocula con mezcla de diferentes cepas del virus para detectar y eliminar materiales susceptibles. Durante el año, aproximadamente 5500 líneas individuales de frijol arbustivo y 2500 de frijol trepador se inocularon con una mezcla de las cepas del BCMV Florida y New York 15 y se evaluaron por resistencia.

En el pasado se ha observado que los materiales seleccionados, tales como los tipos de frijol de tamaño grande y mediano y de coloración amarilla y rojo moteada — de importancia considerable en la región Andina — se escaparon a la detección del BCMV puesto que permanecieron sin síntomas después de su inoculación con cepas del BCMV causantes de mosaico. Para evitar que se presentara nuevamente esta situación, se desarrolló un método mediante el cual estos materiales se inoculan con una cepa de virus causante de necrosis (BCMV NL3), lo cual hace posible verificar la presencia o ausencia del gene dominante de la necrosis (I) el cual confiere resistencia al mosaico sistémico. Como resultado, por primera vez el Programa ha identificado líneas de grano mediano y grande de color rojo moteado con resistencia confirmada al BCMV. Esto deja al Canario, tipo de grano grande de color amarillo, como el único carente de resistencia al BCMV.

En colaboración con el Institute for Horticultural Plant Breeding (IVT) en Wageningen, Holanda, se está adelantando un proyecto de mejoramiento genético para la incorporación de genes recesivos por resistencia a las cepas inductoras de necrosis del BCMV en tipos comerciales de frijol. Estos ya tienen resistencia dominante a las cepas del virus inductoras de mosaico. El primer grupo de retrocruzamientos realizado en 1981 permitió incorporar los genes recesivos en líneas de frijol adaptadas al trópico. En 1981 se realizaron retrocruzamientos para mejorar estas líneas por tipo de grano y adaptación. Los materiales con genes recesivos se necesitan en países como Chile y Burundi en donde las cepas del BCMV inductoras de necrosis se encuentran ampliamente difundidas.

Virus del mosaico dorado del frijol (BGMV). Los tipos de grano negro continuaron mostrando mayores niveles de resistencia al BGMV que los tipos de color. Para los primeros, el programa busca el mejoramiento genético de factores múltiples, prestándole atención especial a la resistencia combinada al BGMV y al saltahoja *Empoasca* y al añublo bacteriano común. Los esfuerzos en relación con los tipos no negros se enfocan en mayores niveles de resistencia al BGMV; los avances logrados en 1981 fueron especialmente notorios en los tipos Pompadour de grano pequeño y rojo pequeño.

Entre los 191 materiales evaluados, el vivero regional de BGMV organizado en América Central permitió identificar dos líneas genéticas del CIAT, A 171 y A 174, con buenos niveles intermedios de resistencia en

condiciones de alta presión de la enfermedad. Las dos líneas no están relacionadas entre sí ni tienen parentesco conocido con fuentes resistentes al BGMV. Este descubrimiento indica que entre la especie *P. vulgaris* adaptada al trópico, probablemente aún existen más fuentes de resistencia al patógeno que aún no han sido identificadas. En el vivero regional de BGMV aludido, y en varios viveros de mejoramiento genético, se sospechó una variación en la interacción localidad por variedad para el BGMV, indicando una posible variación patogénica en el virus.

En la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia, se seleccionaron 144 líneas de formas silvestres de *P. vulgaris*. Seis de estas accesiones presentaron altos niveles de tolerancia y actualmente se están cruzando con materiales localmente adaptados. También hay varias selecciones provenientes de cruces interespecíficos entre accesiones resistentes de *P. coccineus* x *P. vulgaris* que parecen tener altos niveles de resistencia, pero aún se requieren más evaluaciones.

Roya. La roya del frijol, causada por *Uromyces phaseoli*, es uno de los principales problemas patológicos de este cultivo en América Latina y en otras regiones productoras del mundo. Debido a una variación patogénica marcada, son pocos los cultivares que presentan resistencia en una amplia gama de localidades o durante períodos de tiempo prolongados. El programa busca identificar mecanismos de resistencia a la roya que sean estables tanto en el espacio como en el tiempo. Los resultados obtenidos del Vivero Internacional de Roya del Frijol (IBRN) de 1979-80, en 22 localidades en 10 países, muestran que hay varias líneas de frijol del CIAT que presentan resistencia o reacción intermedia a las diferentes poblaciones del patógeno existentes en América Latina y en otras áreas productoras (Figura 1). Estos materiales se están sometiendo a otras pruebas y los seleccionados se utilizarán como fuentes de resistencia a la roya. A su vez, las progenies de los cruzamientos hechos a partir de hasta cuatro progenitores resistentes a la roya están siendo evaluadas en Palмира bajo elevados niveles de inoculación del patógeno.

Antracnosis. En el período 1978-81 se evaluaron más de 13,000 accesiones del banco de germoplasma de frijol por su resistencia a la antracnosis, enfermedad causada por *Colletotrichum lindemuthianum*. En el período 1980-81 se sembraron e inocularon progenies de las selecciones más promisorias en las condiciones de Popayán. Las accesiones resistentes también se evaluaron en condiciones de invernadero por su resistencia a un amplio rango de diferentes razas y aislamientos del hongo causal de la antracnosis. Se identificaron 27 accesiones resistentes o que presentaron reacción intermedia a todas las razas conocidas de Europa y a los aislados virulentos de Colombia y de otras partes de América Latina. Entre estas accesiones se encuentran las siguientes cinco líneas del CIAT: BAT 44, BAT 841, V 7917, V 7918, V 7920. Este grupo de 27 accesiones es representativo de una amplia gama de tamaños, y colores de grano, incluyendo el negro.

En un esfuerzo continuado por combinar todas las fuentes de resistencia a la antracnosis que sea posible, se han desarrollado 15 líneas experimentales que incluyen seis fuentes diferentes a partir de cruzamientos hechos en 1978. También se hicieron 34 cruzamientos adicionales entre 35 fuentes parentales de resistencia. Se está organizando un vivero internacional de antracnosis de frijol el cual se distribuirá en 1982 a las principales áreas productoras de frijol en el mundo.

Mancha foliar angular. Aunque no tan avanzado como el proyecto de mejoramiento por resistencia a la antracnosis, este proyecto de mejoramiento cuenta ahora con 15 accesiones clasificadas como "resistentes"

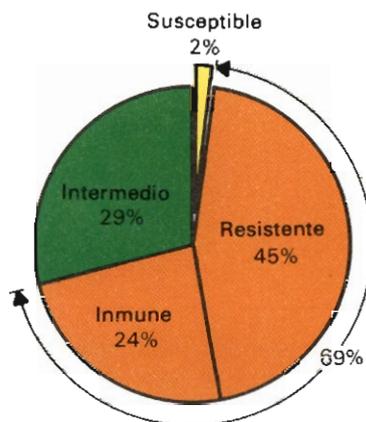


Figura 1. En 1981 el Vivero Internacional de Roya del Frijol de 1979-80 fue evaluado en 22 localidades en 10 países. Las 10 mejores líneas del CIAT resultaron inmunes o resistentes a la roya en el 69% de los sitios de prueba, comparadas con sólo el 9% del control.

En 1978-81, se evaluaron más de 13,000 accesiones por su resistencia a la antracnosis.

o "intermedias" a los aislados de Popayán. También presentan buena resistencia o tolerancia a varios aislados del patógeno causal de la antracnosis, *Isariopsis griseola*, después de evaluaciones de campo e invernadero hechas con aislados de Popayán y evaluaciones de invernadero por resistencia a la antracnosis. La utilidad de estas fuentes de resistencia a la mancha angular no se puede determinar hasta que se disponga de información adicional de las evaluaciones hechas en otras localidades y con aislamientos adicionales de otras áreas productoras de frijol.

La población segregante de cruzamientos hechos en 1979 y 1980 para combinar fuentes de resistencia a la mancha angular, el añublo de halo, y el mildeo polvoso se está evaluando en Popayán y Obonuco.

*Se encontraron fuentes de resistencia al **Zabrotes** sp. y al **Acanthoscelides** sp. en accesiones semicultivadas recolectadas en México.*

Añublo bacteriano común (CBB). El programa continúa sus esfuerzos por desarrollar materiales resistentes al añublo bacteriano común (CBB) con tipos y colores de grano de aceptación comercial en regiones en donde este patógeno es un factor limitativo importante para la producción. Las fuentes muy promisorias de resistencia identificadas en 1980 ya han entrado al programa de cruzamientos, y el próximo año se informará sobre el progreso alcanzado con las progenies provenientes de estas fuentes. En 1981 se evaluaron por resistencia foliar aproximadamente 100 líneas genéticas de generaciones tempranas y avanzadas anteriormente calificadas como resistentes al patógeno del CBB, *Xanthomonas phaseoli*. Entre las 27 líneas clasificadas como "resistentes" o "intermedias" se encontraron tanto líneas genéticas de semilla pequeña y de color rojo brillante como líneas genéticas de semilla negra opaca — grupos de color que anteriormente habían presentado dificultad en aceptar transferencias de resistencia.

En la búsqueda de mayores niveles de resistencia al CBB, se evaluaron 19 poblaciones F₂ provenientes de cruces interespecíficos entre *P. vulgaris* y accesiones de *P. coccineus* resistentes a *Xanthomonas*. Se identificaron o confirmaron varias selecciones con alto nivel de resistencia.

Saltahojas. Como se informó en años anteriores, el logro de altos niveles de resistencia al saltahojas, conocido también como lorito verde (*Empoasca kraemeri*), ha probado ser un proceso difícil. En 1981 se evaluaron más de 5300 materiales de diferentes viveros, pero solamente calificaron como resistentes menos del 1 por ciento. Las mejores accesiones se utilizaron como progenitoras en un programa de selección recurrente. Con la terminación del cuarto ciclo de cruzamientos en este programa de mejoramiento genético, se confirmó el proceso observado en ciclos anteriores de la selección recurrente para aumentar los niveles de resistencia. Las selecciones promisorias son representativas de una amplia gama de colores de semilla. Ya se ha iniciado un esfuerzo especial para seleccionar tipos de semilla grande, cuyo mejoramiento por resistencia a *Empoasca* ha probado ser especialmente difícil.

Picudo de la vaina. El daño causado por el picudo de la vaina, *Apion godmani*, tiene considerable importancia económica en las áreas productoras de frijol en América Central. En 1981, el proyecto de mejoramiento genético por resistencia al picudo registró progresos significativos puesto que se identificaron una serie de líneas altamente resistentes (Figura 2). Estas se identificaron por medio de un vivero internacional de *Apion*, el cual se distribuyó a El Salvador, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua. En este vivero que incluyó 40 entradas, se clasificaron como resistentes 28 líneas. Una de ellas, la APN 65, se lanzó en Honduras como nueva variedad con el nombre de Copán.



Evaluación en casa de malla por resistencia a la oviposición de los gorgojos. Cada bolsa de tul contiene una vaina de frijol y un par de insectos adultos.

Insectos de granos almacenados. Después de evaluar en el período 1975 a 1981, más de 6000 accesiones del banco de germoplasma por resistencia al gorgojo común de la especie *Zabrotes subfasciatus*, y más de 1000 accesiones por resistencia a la especie *Acanthoscelides obtectus*, se llegó a la conclusión de que los niveles de resistencia en los materiales cultivados son demasiado bajos para ser de importancia económica. Sin embargo, en 1981 las evaluaciones de 206 accesiones de frijol semicultivadas, recolectadas anteriormente en México, mostraron que algunas eran altamente resistentes a ambas especies del gorgojo. Se encontró que esta resistencia se expresaba en una reducción considerable en el número de progenies de los gorgojos, junto con un retraso en su desarrollo y peso seco (Cuadro 3).

La línea más promisoría entre las resistentes se incorporó al programa de cruzamientos en un intento por transferir los genes de resistencia a materiales comerciales. En el caso de que se obtengan resultados exitosos, se habrá logrado un avance importante en la lucha contra los insectos de granos almacenados — una causa fundamental, en diferentes partes, de la caída en el precio del frijol inmediatamente después de la cosecha.

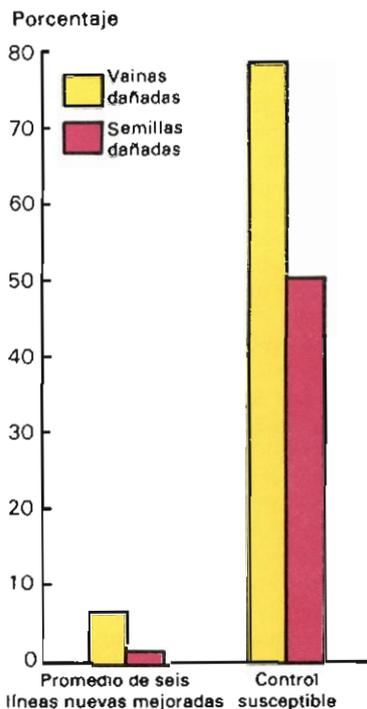


Figura 2. Se han identificado diversas líneas de frijol por su resistencia al picudo de la vaina por medio del vivero internacional de Apion. Los porcentajes de semilla y vainas dañadas por el picudo de la vaina se redujeron en un 72 y 42%, respectivamente, con las nuevas líneas mejoradas, disponibles ahora gracias a la colaboración de los programas nacionales.

Cuadro 3. Resistencia de las accesiones de frijol de mejor comportamiento, entre 206 recolectadas en México en 1981, y del testigo susceptible al gorgojo mexicano del frijol (*Zabrotes subfasciatus*).

Accesión	Promedio de adultos emergidos (no.) ^a	Promedio de duración del ciclo de desarrollo (días)	Promedio del peso seco de un adulto (mg)
G10019	7	38	8
G12952	9	67	7
G12880	39	33	10
Diacol Calima (testigo susceptible)	306	31	16

a. Promedio de adultos hallados en cinco repeticiones de 50 semillas cada una.

Fijación de nitrógeno. Son muy alentadores los resultados obtenidos después de tres ciclos de cruzamientos y selección por una mayor fijación de N_2 en cultivares de frijol arbustivo. Las 114 líneas del tercer ciclo de selección en invernadero y de evaluación en el campo fijaron en promedio un 50 por ciento más N_2 que sus progenitores, los cuales fueron seleccionados por su alta capacidad de fijación. Las mejores cinco de estas líneas fijaron un 100 por ciento más que los progenitores originales (Figura 3). Como estos materiales altamente promisorios no cumplen con todos los requisitos agronómicos, se adelantan cruces adicionales para introducir esta variabilidad de otros proyectos de mejoramiento a este esquema de selección recurrente para mayor fijación de N_2 .

Arquitectura de la planta. En busca de mejores rendimientos, su estabilidad, y mecanismos para evitar enfermedades, se han desarrollado una serie de nuevos rasgos de la arquitectura de planta para su evaluación. Un rasgo particularmente promisorio es el de una planta con numerosos entrenudos y corta distancia internodal, el cual promete mejorar el potencial de rendimiento, especialmente en tipos de frijol de crecimiento determinado (Figura 4). También muy promisorio es el tipo de frijol con un tallo fuerte y ramificación erecta, pero que produce un alto número de vainas (Figura 5). Una arquitectura erecta como ésta previene el contacto de las vainas con el suelo, aumentando la calidad de la semilla y disminuyendo la incidencia de enfermedades. Las características tales como entrenudos cortos y sin ramificación se están combinando con otros rasgos arquitectónicos tales como vainas pequeñas, tallos duros, follaje reducido, hoja lanceolada, y otros para estudiar sus efectos en el rendimiento potencial. Como la mayoría de los rasgos arquitectónicos están disponibles solamente para líneas de semilla pequeña adaptadas a los climas más cálidos, se le está prestando más atención a la transferencia de estos rasgos a variedades de semilla mediana y grande y a variedades adaptadas a los ambientes de producción más frescos en el trópico.

Tasa de fijación de N_2 ,
medida por la C_2H_4 producida
($\mu\text{mol/planta/hora}$)

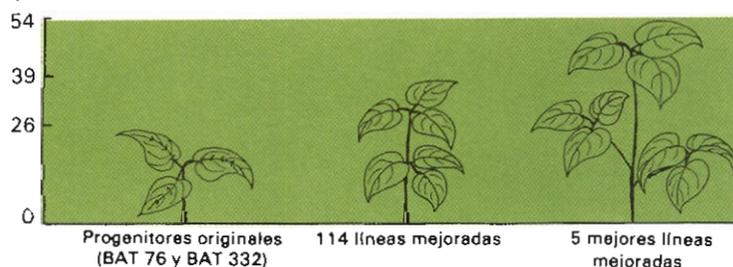


Figura 3. Se han obtenido nuevos cultivares de frijol arbustivo con mayor capacidad de fijación de nitrógeno. Después de tres ciclos de selección recurrente, las progenies muestran aumento hasta del 100% en la fijación de N_2 en comparación con sus progenitores.



Figura 4. Como parte de sus esfuerzos para mejorar la arquitectura de las plantas de frijol, el CIAT ha desarrollado este nuevo tipo de planta, la Línea A 132, con numerosos internódulos a corta distancia unos de otros, con la cual se espera mejorar el potencial de rendimiento de los frijoles arbustivos.



Figura 5 Otro tipo de frijol del CIAT, la Línea A 57, tiene tallo fuerte, ramificación erecta y gran número de vainas, con lo cual se espera mejorar la calidad de la semilla y reducir la incidencia de enfermedades.

Combinación de Características Deseables

Las fuentes más promisorias de resistencia y con características agrónomicas deseables se transfieren en forma selectiva y acumulativa a materiales agrónomicamente adecuados con tipos de frijol comercial. En este proceso de recombinación, con frecuencia es necesario sacrificar en cierto grado la expresión de características individuales. A medida que se acumula la información sobre el valor de las progenies, se comienzan a utilizar más ampliamente algunos progenitores y otros se descartan. Utilizando los criterios del hábito de crecimiento, adaptación climática, tamaño de la semilla y color de la testa del grano, el Programa de Frijol ha clasificado los principales tipos comerciales de frijol en 16 grupos básicos (Figura 6). Todos ellos se incluyen en las actividades de mejoramiento del Programa de Frijol del CIAT.

En 1981, los proyectos de mejoramiento genético de frijoles arbustivos adelantaron aproximadamente 1250 cruzamientos para la recombinación de características múltiples y produjeron un total de 681 líneas

Cuadro 4. Líneas arbustivas y trepadoras de frijol bajo evaluación en el vivero VEF en 1981.

Grupo principal de frijol	Características del grano		Región de producción y consumo	Número de líneas
	Color ^a	Tamaño		
Fríjol arbustivo				
1	Negro	Pequeño	México, Brasil	160
2	Rojo	Pequeño	América Central	190
2	Rojo	Mediano	El Caribe	71
4	Rojo	Grande	Zona Andina	46
5	Blanco	Pequeño	Perú, Ecuador	51
6	Crema	Pequeño	Brasil	205
7	Blanco	Mediano	Perú, Chile	12
8	Rosado	Mediano	México	70
9	Blanco	Grande	Argentina	10
10	Amarillo	Grande	Chile, Ecuador, Perú	59
Fríjol voluble				
11	Negro	Pequeño	Guatemala (altiplano)	21
12	Rojo	Pequeño	América Central	69
13	Rojo	Grande	Sierra andina	79
14	Crema	Grande	Sierra andina	25
15	Negro	Pequeño	Sierra andina	18
16	Blanco	Pequeño	Perú, Ecuador	23
Total				430

a. Comprende los tipos de color sólido, moteado, listado (rayado) o jaspeado.

experimentales nuevas para las distintas regiones de producción en América Latina y El Caribe. Todas estas líneas están sometidas ahora a evaluaciones adicionales. En el proyecto de frijoles trepadores se hicieron aproximadamente 270 cruzamientos para transferir características deseables a los diversos tipos de grano comerciales. La progenie de estos cruzamientos se sembró y evaluó con maíz en condiciones de alta presión de BCMV y antracnosis. En CIAT-Palmira se evaluó un total de aproximadamente 1400 progenies, en Popayán aproximadamente 2000, en La Selva cerca de 1000 y en Obonuco 300. Cerca de 430 de las selecciones más promisorias pasaron a la primera etapa de pruebas en el Vivero del Equipo de Frijol (VEF), para su evaluación por resistencia a enfermedades.

En resumen, en 1981 se apreció el desarrollo de líneas promisorias en los 16 grupos básicos de frijoles (Cuadro 4). Todas estas líneas son resistentes al BGMV, y la mayoría presenta tipos de planta mejorados. Los avances más notorios en el mejoramiento de tipos de grano de frijol se registraron para las zonas Andina, El Caribe (el tipo Pompadour), América Central (tipos pequeños y rojos) y Brasil (tipos Carioca y Mulatinho).

Evaluación de Progenies

El Programa de Frijol utiliza una estrategia de evaluación de progenies en tres etapas (Figura 7). La primera etapa, el Vivero del Equipo de Frijol (VEF), es una evaluación uniforme y multidisciplinaria de los materiales por su adaptación y resistencia a las enfermedades e insectos prioritarios. Cada año entran a este vivero aproximadamente 1000 líneas. Los materiales seleccionados (aproximadamente 300 líneas por año) pasan a la segunda etapa de evaluación, los Ensayos Preliminares de Rendimiento (EP). En éstos, las líneas se someten a una evaluación casi completa, incluyendo resistencia a enfermedades y plagas menores, factores de calidad y fijación de N₂. Los mejores materiales seleccionados de los EP (aproximadamente 100 líneas por año) se incluyen en el Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN).

Evaluación parental, hibridación y selección en el CIAT

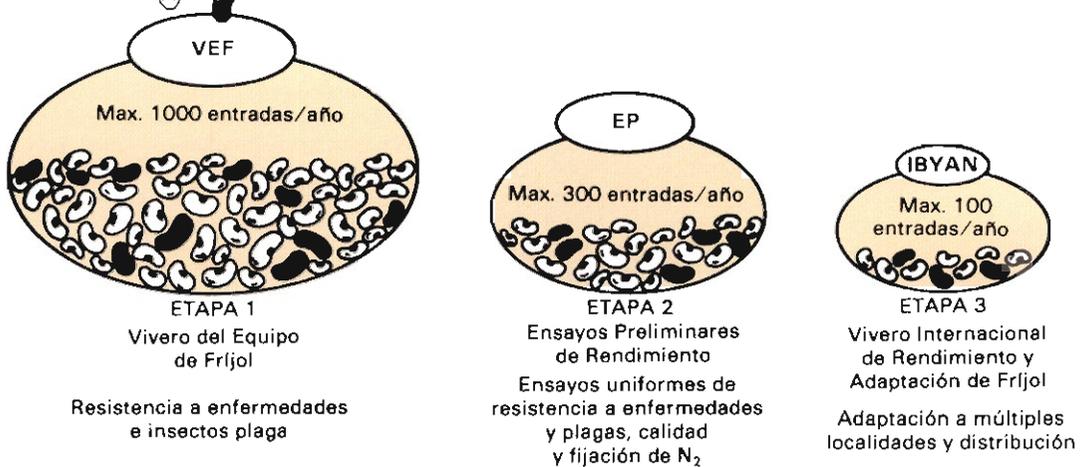


① Líneas mejoradas avanzadas del CIAT y de programas nacionales

② Materiales del banco de germoplasma



③ Líneas mejoradas avanzadas de programas nacionales



Vivero del Equipo de Frijol (VEF)

Este Vivero incluyó en 1981, 1110 entradas, de las cuales 661 eran frijoles arbustivos mejorados y 235 frijoles trepadores mejorados; los 194 materiales restantes eran accesiones del banco de germoplasma o materiales provenientes de los programas nacionales. En este vivero estaban representados materiales de todos los 16 grupos básicos de frijol. El grupo con el menor número de entradas (es decir, frijoles arbustivos de grano grande y blanco para Argentina) incluyó 10 líneas, en tanto que el grupo con el mayor número de entradas (granos pequeños de color crema y marrón para Brasil) incluyó 205 líneas. Todos los materiales que entraron al VEF presentaban resistencia al BCMV; 43 por ciento de las entradas de frijol arbustivo y 47 por ciento de las trepadoras presentaron una reacción resistente o intermedia a la roya. La frecuencia de resistencia a la antracnosis en el VEF de 1981 aumentó considerablemente en comparación con los años anteriores, puesto que más de la mitad de sus entradas presentó

Figura 7 Tal como se informó previamente, el Programa de Frijol del CIAT emplea un programa de tres fases de viveros y ensayos para el desarrollo y distribución de materiales mejorados de frijol. Las entradas originales para este esquema de evaluación provienen tanto del CIAT como de los programas nacionales.

resistencia a esta importante enfermedad del frijol (Figura 8). En todos los 16 grupos básicos de frijol se identificaron líneas resistentes a la antracnosis.

Ensayos Preliminares de Rendimiento (EP)

En los Ensayos Preliminares de Rendimiento (EP), las líneas recién mejoradas se someten por primera vez a evaluación por su capacidad de rendimiento. Estos ensayos se realizan tanto en CIAT-Palmira como en CIAT-Popayán en condiciones de altos y bajos niveles de insumos en ambas localidades. En 1981 también se sembraron siete juegos del EP en localidades fuera de Colombia.

Los EP de 1981 incluyeron 191 líneas seleccionadas entre más de 500 entradas evaluadas en el VEF de 1980. Los frijoles arbustivos estuvieron representados por 135 líneas y los trepadores por 56 líneas. Todos los tipos básicos de frijoles estuvieron representados en los EP, excepto por los de grano blanco de tamaño grande y mediano. El progreso constante observado en el esfuerzo a largo plazo de mejoramiento genético en el CIAT se evidencia por el hecho de que, en la gran mayoría de los grupos básicos de frijol evaluados, las líneas genéticas seleccionadas lograron superar en rendimiento a su respectivo testigo, tanto en condiciones de protección química como sin ella, en las dos principales localidades de prueba.

Entre los frijoles arbustivos, se identificó una serie de líneas genéticas altamente promisorias en cada uno de los ocho grupos básicos. La Figura 9 muestra que, en el caso de la localidad de prueba en CIAT-Palmira, el promedio de los materiales nuevos más promisorios en cada uno de los grupos básicos evaluados es casi siempre mayor que el promedio de las variedades testigo, con y sin protección química.

Debido al comienzo relativamente tardío del mejoramiento de frijoles trepadores en el CIAT, las líneas genéticas para los grupos básicos de este tipo no se encuentran tan avanzadas como las de los frijoles arbustivos. Sin embargo, en el EP de 1981 hay líneas sobresalientes en cada uno de los seis grupos básicos de frijoles trepadores. En cinco de los seis grupos el material con el rendimiento más alto fue una línea mejorada.

Un alto porcentaje de las entradas del EP presentó reacciones resistentes o intermedias a una de las siguientes enfermedades o a una combinación de ellas: añublo bacteriano común, roya, antracnosis, mancha foliar por *Ascochyta*, mancha foliar angular, el complejo de la pudrición radical y mustia hilachosa (Figura 10). En 11 (6%) de las entradas se observó una reacción intermedia a *Empoasca kraemeri*.

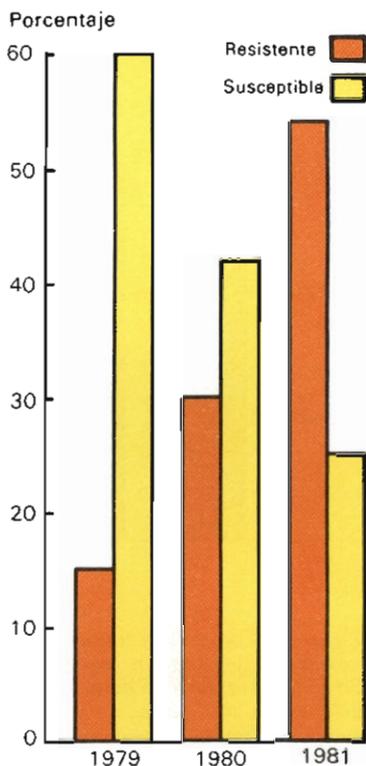


Figura 8. La resistencia a la antracnosis en los ensayos del vivero VEF se ha más que triplicado en los últimos tres años. En el vivero de 1981, más del 59% de las líneas nuevas fueron clasificadas como resistentes. Todas las líneas que entraron al VEF ya eran resistentes al BCMV. (Las reacciones intermedias han sido excluidas en esta gráfica.)

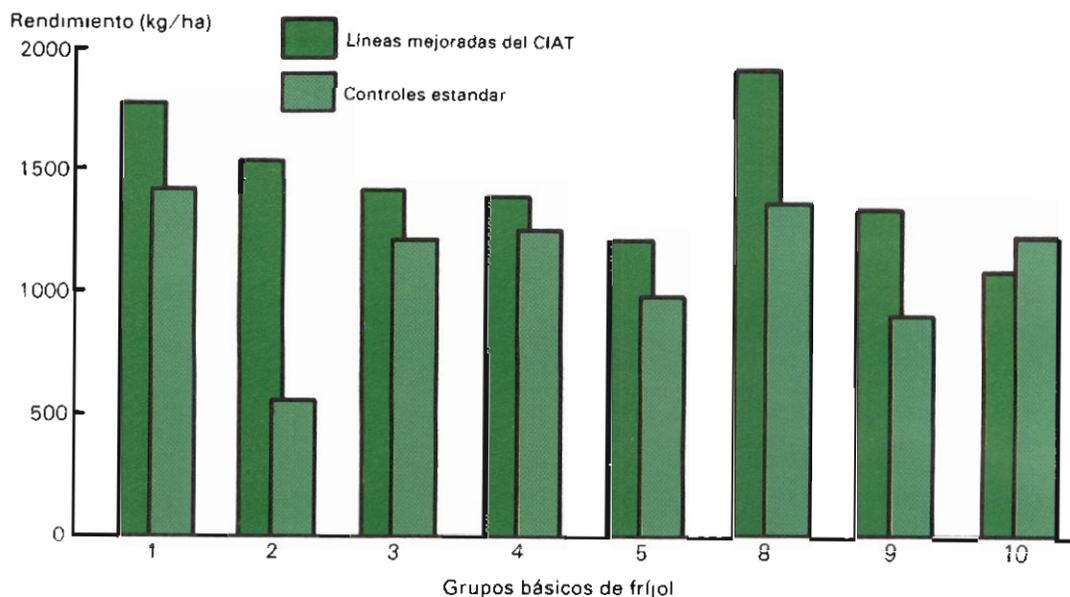


Figura 9 El progreso continuo en el desarrollo de materiales mejorados de frijol en todos los grupos básicos se hace evidente en los resultados de los Ensayos Preliminares de 1981 llevados a cabo en CIAT-Palmira. En siete de un total de ocho grupos evaluados, el promedio de las mejores 10 nuevas líneas del CIAT estuvo muy por encima del promedio de las mejores variedades disponibles de control estándar, tanto con protección química como sin ella.

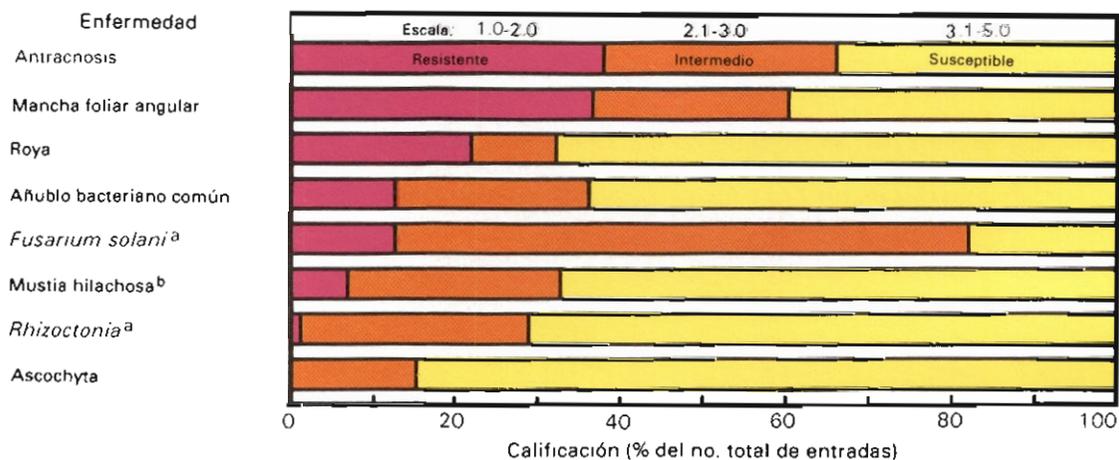


Figura 10. Los EP de 1981 demostraron mayor resistencia en condiciones de campo a la mayoría de las principales enfermedades del frijol (cada enfermedad fue evaluada en aproximadamente 191 entradas).

a. Resultados del experimento en condiciones de invernadero.

b. Evaluada en dos sitios en Costa Rica.

Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN)

Todas las fuentes de características deseables están disponibles para los investigadores en frijol interesados, bien sea por intermedio de los viveros internacionales o por solicitud individual.

Este vivero se inició en 1976 como un ensayo para frijoles arbustivos en el cual todos los colores de semilla se evaluaban en un solo vivero. A partir de 1977 las entradas de frijoles arbustivos de grano negro y las de otros colores se han evaluado en viveros separados. En 1978 se adicionaron los ensayos para frijoles trepadores, separando los materiales en tres grupos de color: negros, rojos y otros. En 1980, el IBYAN aumentó a siete viveros diferentes, dividiendo los ensayos con frijoles arbustivos en cuatro grupos — negro, rojo, blanco y crema — permitiéndole así a los programas nacionales recibir los materiales con los tipos de grano de su interés. Para finales de 1981, cerca de 1200 ensayos IBYAN habían sido despachados a todas partes del mundo (Cuadro 5); solamente en 1981 se despacharon aproximadamente 300 ensayos.

Los siete viveros en los ensayos IBYAN de 1981 incluyeron un total de 46 líneas de frijol arbustivas y 30 trepadoras. Todas las entradas se seleccionaron de los ensayos preliminares de rendimiento de 1980. Los resultados de los ensayos IBYAN de cada año se publican en informes separados y están disponibles en años consecutivos en la Oficina de Distribución de Publicaciones del CIAT. Este informe solamente incluye resultados de ensayos IBYAN sembrados por el Programa de Frijol en Colombia en el segundo semestre de 1980 y el primer semestre de 1981.



La semilla de frijol para despacho a los viveros internacionales se multiplica en un valle árido cerca de Cali, Colombia, donde no hay enfermedades del frijol ni producción del mismo. Los funcionarios de cuarentena del Instituto Colombiano Agropecuario inspeccionan periódicamente estas parcelas como requisito para expedir los certificados fitosanitarios.

Cuadro 5. Distribución de los ensayos IBYAN según las zonas geográficas.

Region	1976		1977		1978		1979		1980		1981		Total
	Arbustivo	Total											
América Latina y El Caribe	69	80	136	37	141	59	143	50	180	64	959		
América del Norte, Europa, Australia	8	9	5	0	2	0	6	0	8	0	38		
Asia	9	14	0	3	1	0	17	10	26	11	91		
Africa	4	5	9	2	12	5	25	8	27	9	106		
Total	90	108	150	42	156	64	191	68	241	84	1194		

Fríjoles arbustivos. En CIAT-Palmira y en CIAT-Popayán se sembraron ensayos para tipos de fríjol de semilla negra, roja, blanca y crema. Como testigos internacionales se utilizaron las variedades Jamapa y Porrillo Sintético para los tipos negros; Diacol-Calima para los tipos rojos; Ex-Rico para los blancos; y Carioca para los de semilla crema. Además, las mejores variedades locales disponibles se utilizaron como testigos locales. En todos los casos, los testigos internacionales y locales fueron superados en rendimiento por las nuevas líneas genéticas seleccionadas y por testigos élite (los testigos élite son líneas sobresalientes de los ensayos IBYAN anteriores). Los rangos de rendimiento tanto con como sin protección química nuevamente fueron muy similares.

Fríjoles trepadores. Todos los ensayos IBYAN con fríjoles trepadores están diseñados para siembra en asociación o en relevo con maíz. En los ensayos con materiales de semilla negra, la mayoría de las líneas mejoradas superaron en rendimiento a los testigos locales. Las mejores variedades en cualquiera de las localidades (es decir, en CIAT-Palmira o CIAT-Popayán) presentaron un comportamiento pobre en la otra localidad de ensayo, lo cual indica una adaptación ambiental específica de los materiales. En los ensayos con materiales de semilla roja, la interacción genotipo por localidad fue menos pronunciada. Nuevamente en este caso, los mayores rendimientos fueron de líneas genéticas nuevas. Finalmente, en los ensayos con materiales de semilla grande (preferidos en las áreas frescas de tierras altas de la zona Andina y en México) todas excepto una de las nuevas líneas genéticas superaron en rendimiento a los testigos locales.

Los frijoles volubles se evalúan y seleccionan para siembra en asociación con maíz.

Difusión de Materiales Mejorados de Fríjol

El esquema de evaluación de materiales mejorados de fríjol ilustrado en la Figura 7, permite el libre flujo de materiales genéticos de los programas nacionales hacia el CIAT y viceversa. En las fases iniciales de este programa de evaluación (1976-77), los materiales incorporados fueron selecciones del banco de germoplasma y variedades establecidas en países de América Latina. Desde 1978, ha aumentado continuamente la representación de líneas genéticas nuevas. Por ejemplo, para 1981 más del 80 por ciento de las entradas de fríjol arbustivo en el IBYAN eran líneas mejoradas del Programa de Fríjol.

El Programa suministra materiales genéticos a los programas nacionales colaboradores para cualquier etapa de desarrollo en la cual éstos deseen utilizarlos. Esta etapa varía según el tipo de factores limitativos que enfrenten los programas nacionales, como también según sus recursos humanos y físicos. El CIAT suministra a algunos países líneas genéticas que pueden ser utilizadas inmediatamente como variedades. En otros países, los materiales que mejor se ajustan a las necesidades de los programas nacionales son las generaciones tempranas de poblaciones segregantes — con mucha frecuencia provenientes de cruzamientos hechos específicamente para satisfacer las necesidades de dichos programas.

Por consiguiente, con los años, el Programa de Fríjol ha estado involucrado en la distribución de tres tipos de materiales de fríjol por medio de su programa de desarrollo y evaluación de germoplasma: (1) variedades y entradas del banco de germoplasma obtenidas de programas nacionales; (2) líneas genéticas avanzadas resultantes del mejoramiento genético del Programa de Fríjol; y (3) líneas avanzadas desarrolladas por los programas nacionales, con frecuencia a partir de líneas genéticas de generaciones tempranas del CIAT.

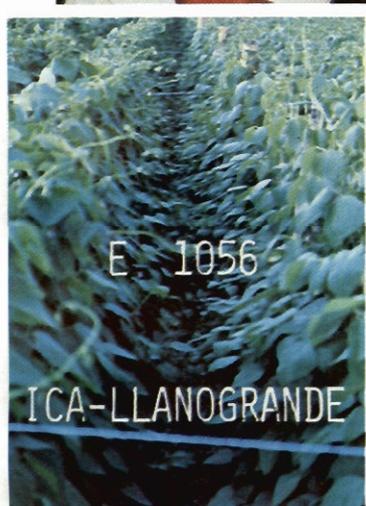
El CIAT ha diseminado materiales ya existentes en programas nacionales. De las 400 entradas incluidas en los ensayos IBYAN desde sus comienzos en 1976 hasta 1981, 151 fueron obtenidas de programas nacionales. Como se presenta en el Cuadro 6, para 1981 cerca de 15 países de América Latina habían lanzado variedades de fríjol seleccionadas de dichas entradas. Se estima que estas variedades están ahora sembradas en 40,000 hectáreas fuera de su país de origen. Este mismo proceso de difusión está comenzando en África Oriental; por ejemplo, Burundi ha seleccionado la variedad Diacol-Calima de un vivero estructurado por el CIAT y ya está haciendo uso comercial extensivo de ella.

Unas 40,000 hectáreas en varios países están sembradas actualmente con materiales diseminados fuera de su país de origen por los viveros internacionales del CIAT.

Cuadro 6. Variedades y entradas de germoplasma del banco del CIAT recibidas de los programas nacionales y adaptadas en otros países, hasta diciembre de 1981.

Variedad	Fuente	Adoptada por ^a
Brasil 2	Brasil	Ecuador (INIAP—Bayito)
Pirata 2	Brasil	Perú
Diacol Calima	Colombia	Burundi, Gabón
ICA Palmar	Colombia	Perú
ICA Pijao	Colombia	Bolivia, Cuba, Costa Rica, Honduras, Guatemala (Suchitan), Nicaragua
ICA Tui	Colombia	Costa Rica
ICA-10103	Colombia	Costa Rica (Talamanca)
G 1753	Costa Rica	Argentina
E 1056	Ecuador	Colombia, Ecuador
Porriillo Sintético	El Salvador	Cuba, Perú, Costa Rica
Redcloud	Estados Unidos	Chile, Perú, Belice
Línea 78-0327	Estados Unidos	Perú
Apetito	México	Perú
G 2333	México	Perú
Puebla 444	México	Perú
Ex-Rico 23	(desconocida)	Canadá

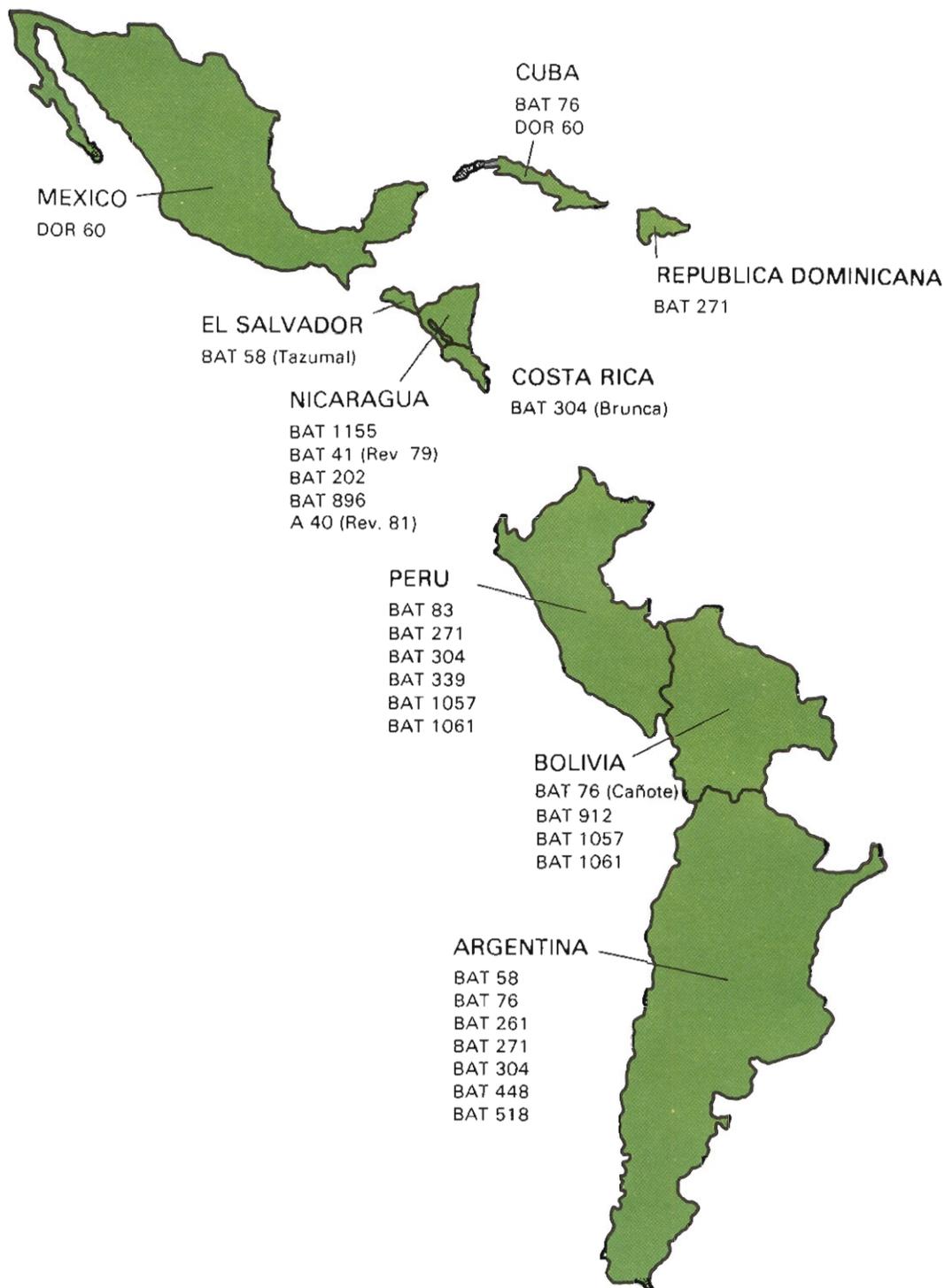
a. Los nombres entre paréntesis son de variedades adoptadas por el respectivo país.



Al finalizar los cursos sobre producción de frijol en los distintos países, los participantes reciben en vez del certificado usual, un paquete de semillas de variedades recientemente liberadas para siembra como ensayo de demostración. Estas líneas del CIAT (tales como la E 1056) son multiplicadas para pruebas avanzadas en los países y frecuentemente se les denomina como variedades (tal como ICA-Llanogrande) (inserción).

Además, tuvo lugar la difusión de las líneas mejoradas del CIAT. En tanto que éstas fueron solamente dos entre 35 en el IBYAN de 1977, en 1981, 63 de las 75 entradas eran líneas genéticas del CIAT. Para finales de 1981, Bolivia, Costa Rica, El Salvador y Nicaragua habían nombrado como nuevas variedades selecciones hechas entre dichas líneas genéticas. La Figura 11 presenta un resumen de las líneas genéticas del CIAT que ahora están siendo sometidas a un proceso de multiplicación de semilla en varios países de América Latina.

Las variedades desarrolladas por los programas nacionales con base en cruzamientos hechos por el CIAT también fueron lanzadas. En colaboración estrecha con el CIAT, Guatemala y Honduras ya han desarrollado sus propias variedades con base en líneas de generaciones tempranas provenientes de cruzamientos hechos por el CIAT. Las variedades desarrolladas por Guatemala incluyen ICTA Quetzal, ICTA Jutiapan e ICTA Tamazulapa; en Honduras, Acacia 4 y Copán. Con la colaboración del proyecto regional del Programa de Frijol en América Central, estas líneas están siendo distribuidas y evaluadas en toda la región. Por ejemplo, la variedad ICTA-Quetzal ha sido adoptada en Cuba, ICTA-Jutiapan en Nicaragua, y Acacia ha sido introducida a Costa Rica.



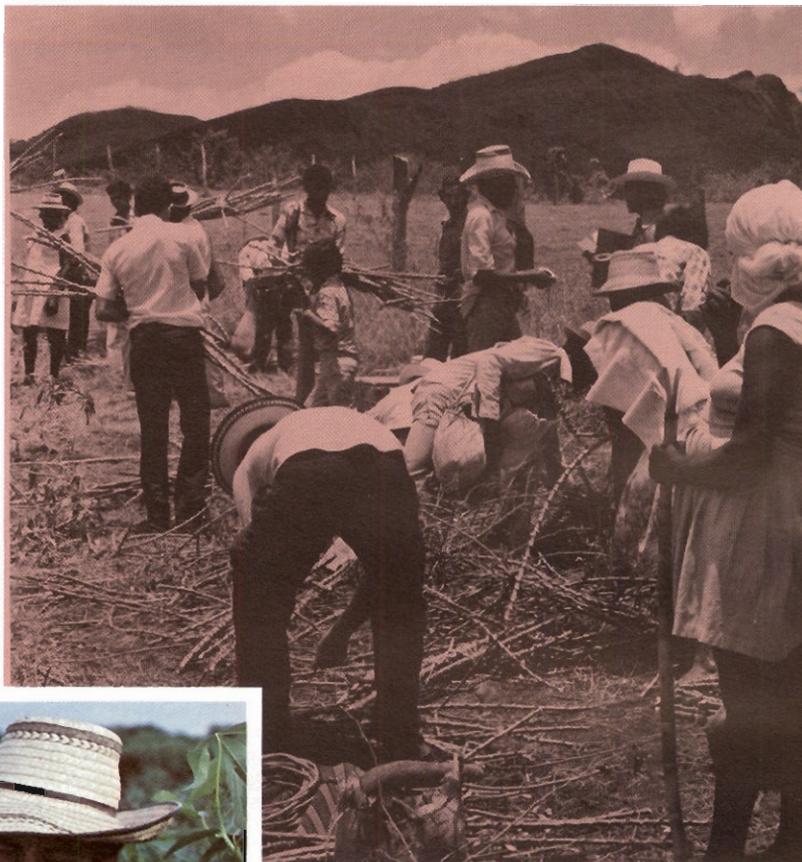
Creciente Impulso de la Red Internacional de Fríjol

En América Latina, los programas nacionales están incrementando su capacidad para comprometerse en actividades de desarrollo de frijol tanto colaborativas como independientes.

Mediante la capacitación de más de 500 investigadores de frijol, la organización periódica de reuniones de trabajo y el progreso del esquema internacional colaborativo de desarrollo y evaluación de frijol, el Programa ha logrado poner en marcha un esfuerzo global de investigación y desarrollo de frijol a nivel internacional. En América Latina, los programas nacionales se están capacitando progresivamente para comprometerse en actividades de desarrollo de frijol tanto colaborativas como independientes. La interacción en el desarrollo de tecnología entre los niveles nacional e internacional ya ha llegado al punto en el cual nuevos materiales mejorados están siendo incluidos en programas de multiplicación de semilla y están comenzando a llegar a numerosos productores de frijol en muchos países de América Latina. Con base en esto, el Programa de Fríjol está comenzando a mirar cada vez más hacia las principales áreas productoras de frijol fuera del hemisferio occidental. Los trabajos preliminares del Programa de Fríjol dentro de esta nueva frontera indican que la base tecnológica establecida para el contexto de América Latina tiene buenas posibilidades de servir como punto de partida para el desarrollo del frijol en regiones productoras tan importantes como África oriental y central y el Medio Oriente.



Multiplicación de semilla certificada de la Variedad Revolución 81 (Línea del CIAT A 40) en Nicaragua. Esta línea satisface las preferencias de los consumidores de la región, da altos rendimientos, tiene una amplia adaptación, y es resistente al virus del mosaico común y a la roya del frijol.





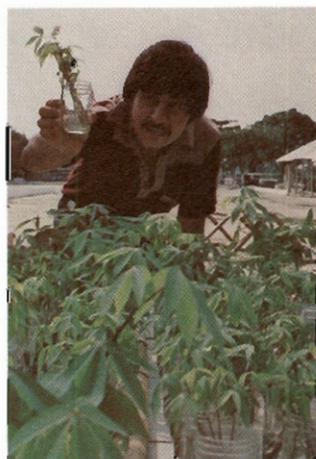
Programa de Yuca

	<i>Página</i>
Resumen de los Logros	29
Desarrollo de Germoplasma	31
Colección de Germoplasma	32
Conservación de Germoplasma	32
Evaluación del Banco de Germoplasma	33
Desarrollo de Líneas Elite	34
Rendimiento potencial	35
Estabilidad del rendimiento	36
A. Estabilidad temporal	36
B. Estabilidad espacial	37
C. Estabilidad por sistemas	37
Calidad de las raíces	40
Desarrollo de Prácticas de Manejo	43
Suelos y Nutrición de la Planta	43
Ensayo de fertilidad a largo plazo	43
Asociación con micorrizas	43
Protección de Plantas	44
Pruebas de Tecnología	44
Pruebas Regionales	44
Evaluación a Nivel de Finca	48
Epílogo	49

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es el principal cultivo de raíz y una fuente importante de calorías para el sector rural en las tierras bajas tropicales. Su alto potencial de producción de carbohidratos por unidad de tierra o mano de obra y su adaptación a las condiciones agrícolas más marginales se combinan con una versatilidad excepcional para mercados alternativos: la yuca se puede consumir como hortaliza fresca; puede ser procesada en una variedad de formas para el consumo humano; puede ser utilizada como alimento para animales o en la elaboración de concentrados; puede servir para la producción de alcohol como combustible sustituto de la gasolina; y, en forma de almidón, tiene numerosos usos industriales. Hoy día, la producción mundial de yuca de aproximadamente 120 millones de toneladas se reparte entre América Latina (26%), Asia (36%) y África (38%). Cerca de dos terceras partes de esta producción se consumen como alimento humano en forma fresca o procesada.

Tradicionalmente, la yuca ha sido producida por pequeños agricultores con un mínimo de insumos. Los rendimientos han sido bajos, siendo el rendimiento promedio mundial de yuca fresca 9 ton/ha aproximadamente. Por siglos, los agricultores han seleccionado clones de yuca en una amplia gama de condiciones agroclimáticas. En consecuencia, la mayoría de los clones tradicionales se encuentran bien adaptados a las condiciones ambientales y problemas bióticos en la zona en donde han sido cultivados cuando se utilizan prácticas de manejo tradicional; sin embargo, la escasa disponibilidad de germoplasma en las respectivas zonas de producción ha restringido su proceso de desarrollo. Han sido contadas las variedades mejoradas provenientes de los pocos programas de mejoramiento genético y de selección de yuca que han llegado a los agricultores. No obstante, los rendimientos de más de 60 ton/ha en condiciones experimentales indican el alto potencial de aumentar la productividad de la yuca a nivel de finca por medio de un mayor desarrollo y utilización de variedades de rendimiento más alto y estable en condiciones de estrés.

Como la yuca es un producto altamente perecedero, su manejo después de la cosecha es muy difícil. Con frecuencia, su mayor producción se ve



La selección de variedades mejoradas de yuca sigue un procedimiento sistemático de selección parental, hibridación, y evaluación de progenies a través de varias generaciones. El "flujo de germoplasma" y el "flujo de información" están inextricablemente ligados en un intercambio mutuo entre los programas nacionales de investigación y el CIAT.

Hay disponibles genotipos superiores para la mayoría de las zonas edafoclimáticas en las cuales trabaja el Programa.

limitada por la falta de mercados cercanos o de plantas procesadoras que la transformen en un producto más estable. Los agricultores frecuentemente son reacios a aumentar la producción debido a la incertidumbre de los mercados, y los empresarios no están dispuestos a invertir en plantas procesadoras debido a la incertidumbre de su abastecimiento. Por consiguiente, para aumentar la producción de yuca se deben integrar la producción y la utilización y se deben establecer sistemas efectivos de mercadeo.

El Programa de Yuca busca satisfacer la necesidad de carbohidratos para consumo humano y animal, transformando a la yuca de un alimento tradicional del sector rural a una fuente básica de carbohidratos para múltiples usos. Además, el Programa está desarrollando germoplasma y sistemas de manejo para mejorar el empleo de la yuca en el consumo humano directo.

RESUMEN DE LOS LOGROS

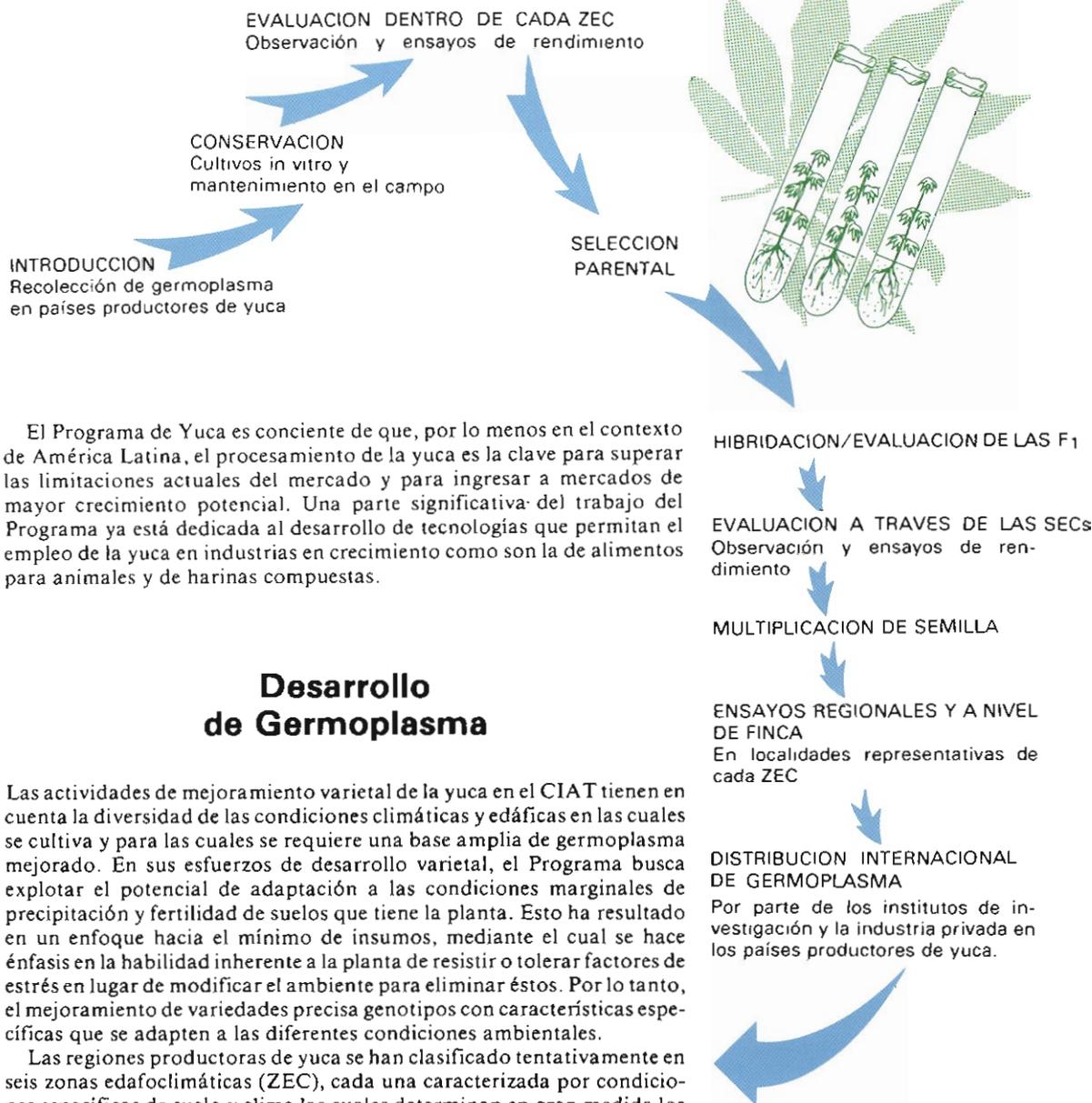
Los análisis de datos a largo plazo de ensayos a nivel de finca confirmaron que las prácticas de manejo mejoradas y con bajos insumos desarrolladas por el Programa de Yuca pueden duplicar los rendimientos tradicionales de 10 toneladas de raíces frescas por hectárea. Si adicionalmente se utilizan nuevas selecciones o híbridos se pueden obtener rendimientos estables de 30 toneladas por hectárea.

La investigación conducente al mejoramiento de las prácticas de manejo continuó recibiendo alta prioridad en el Programa. Un ensayo de fertilidad a largo plazo confirmó la importancia de la aplicación de potasio en siembras consecutivas de yuca. También se estableció la importancia de una asociación con micorrizas para el crecimiento normal de la yuca en suelos con baja disponibilidad de fósforo. Estos estudios señalan la posibilidad de que la inoculación con cepas de micorrizas altamente eficientes tenga efectos significativos en los aumentos de rendimientos y permita la utilización efectiva de fuentes de fósforo baratas de baja calidad. La búsqueda de mejores métodos de control cultural de insectos-plaga de la yuca avanzó considerablemente al identificar una serie de enemigos naturales potencialmente útiles de plagas de importancia económica para la yuca.

Resulta evidente el progreso en los esfuerzos de mejoramiento de yuca a largo plazo con el hecho de que los rendimientos de los cultivares locales en los distintos sitios de ensayo permanecieron constantes, en tanto que los rendimientos promedio de los genotipos del CIAT han aumentado progresiva y significativamente. Hay disponibles genotipos superiores del CIAT para la mayoría de los ecosistemas edafoclimáticos en los cuales trabaja el Programa. Estos genotipos ya se encuentran en manos de las instituciones nacionales colaboradoras donde son nuevamente evaluados para su entrega eventual a los agricultores o se incluyen en programas nacionales de hibridación. Hoy día el Programa se encuentra en camino de producir genotipos con alto rendimiento potencial, alto contenido de materia seca en las raíces y buena calidad de consumo. La extrema deteriorabilidad de la yuca aún constituye un problema para el mercado fresco.

Cuadro 1. Zonas edafo-climáticas para producción de yuca y sus características principales.

Zona edafo-climática (ZEC) No.	Descripción general	Temperatura promedio (C°)	Duración de la estación seca (meses)	Precipitación anual (mm)	Áreas representativas	Sitios en Colombia para evaluación de germoplasma y prueba de tecnología
1	Tierras tropicales bajas con estación seca prolongada; precipitación baja a moderada; temperatura alta todo el año	Más de 25	3-5	700-2000 (distribución unimodal)	Costa norte de Colombia, norte Venezuela, nordeste Brasil, sur India, Tailandia	Cariba, Media Luna, Fonseca, Nataima, Rionegro
2	Tierras tropicales bajas con precipitación moderada a alta; vegetación de sabana en suelos infértiles y ácidos; estación seca moderada a larga, humedad relativa baja durante estación seca	Más de 25	3-6	2000 (distribución unimodal)	Llanos de Colombia y Venezuela; Cerrados de Brasil	Carimagua
3	Tierras tropicales bajas con estaciones secas no pronunciadas, precipitación alta; humedad relativa alta y constante	Más de 25	Ausente o muy corta	2500 (distribución unimodal)	Cuenca amazónica de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú; bosques húmedos de África y Asia	Florencia
4	Tropicos de altitud media; estación seca y temperaturas moderadas	21-24	3-4	1000-2000 (distribución bimodal)	Zonas andinas de altitud media (800-1500 m); partes de Filipinas, India, Indonesia, Vietnam, Africa	Caicedonia, CIAT-Palmira, CIAT-Qulichao
5	Tierras altas frías, precipitación moderada a alta	17-20	Variable	2000	Región andina (1600-200 m)	Popayan
6	Áreas subtropicales, inviernos fríos, longitudes diurnas fluctuantes	Min. 0	Variable	Variable (distribución unimodal)	Norte México; Cuba sur Florida, sur Brasil; Paraguay, norte Argentina, Tawán, sur China	Ninguna



El Programa de Yuca es consciente de que, por lo menos en el contexto de América Latina, el procesamiento de la yuca es la clave para superar las limitaciones actuales del mercado y para ingresar a mercados de mayor crecimiento potencial. Una parte significativa del trabajo del Programa ya está dedicada al desarrollo de tecnologías que permitan el empleo de la yuca en industrias en crecimiento como son la de alimentos para animales y de harinas compuestas.

Desarrollo de Germoplasma

Las actividades de mejoramiento varietal de la yuca en el CIAT tienen en cuenta la diversidad de las condiciones climáticas y edáficas en las cuales se cultiva y para las cuales se requiere una base amplia de germoplasma mejorado. En sus esfuerzos de desarrollo varietal, el Programa busca explotar el potencial de adaptación a las condiciones marginales de precipitación y fertilidad de suelos que tiene la planta. Esto ha resultado en un enfoque hacia el mínimo de insumos, mediante el cual se hace énfasis en la habilidad inherente a la planta de resistir o tolerar factores de estrés en lugar de modificar el ambiente para eliminar éstos. Por lo tanto, el mejoramiento de variedades precisa genotipos con características específicas que se adapten a las diferentes condiciones ambientales.

Las regiones productoras de yuca se han clasificado tentativamente en seis zonas edafoclimáticas (ZEC), cada una caracterizada por condiciones específicas de suelo y clima las cuales determinan en gran medida los complejos de insectos y enfermedades potencialmente importantes como factores limitativos de la producción. Colombia, el país sede del CIAT, tiene regiones con características de cinco de las seis zonas (excluyendo la ZEC 6) que sirven de sitios de prueba para la investigación varietal, la cual está descentralizada en vista de la necesidad de germoplasma específico para los distintos ecosistemas. Las seis zonas edafoclimáticas en las que se produce la mayor parte de la yuca y las localidades representativas de investigación en Colombia se presentan en el Cuadro 1. La Figura 1 es un esquema del proceso de desarrollo de germoplasma.

Figura 1. El flujo de germoplasma de yuca se inicia y continúa con los programas nacionales. Todo el germoplasma es evaluado en y a través de las cinco zonas edafoclimáticas representadas por varias localidades del CIAT en Colombia.

Colección de Germoplasma

El banco de germoplasma de yuca del CIAT contiene actualmente más de 2600 accesiones obtenidas en 13 países de América Latina y dos de Asia. Desde 1980, las nuevas adiciones al banco se han hecho en forma de cultivos de meristemos o semillas verdaderas con el fin de minimizar el riesgo de introducir enfermedades y plagas. Las tecnologías de cultivos *in vitro*, desarrolladas parcialmente por el CIAT para la yuca, han permitido la introducción en gran escala de material vegetativo de países de donde antes la importación era prohibida, especialmente de Brasil.

Se han introducido especies silvestres de *Manihot*, pero su mantenimiento y reproducción ha sido difícil. Pese a ello, el Programa ha mantenido por varios años materiales de *M. glaziovii*, *M. dichotoma* y *M. caerulescens*, entre otras especies silvestres. Como la mayoría de las especies silvestres de *Manihot* germinan con dificultad a partir de semilla verdadera, ahora se están ensayando técnicas de cultivo de embriones que han probado ser exitosas con semilla de *M. esculenta*. La mayor prioridad en la recolección de especies silvestres, como de especies cultivadas, se asignará a aquellas áreas de amplia diversidad genética donde no se ha hecho recolección sistemática, como son Brasil, Paraguay y áreas de México y América Central.

Conservación de Germoplasma

Debido al alto grado de heterocigosidad, los clones de yuca deben propagarse vegetativamente si se desea mantener sus combinaciones particulares de genes. Actualmente ésto exige mantener colecciones continuas en el campo con renovación periódica mediante propagación vegetativa. Se requiere la resiembra anual de la totalidad del banco de germoplasma, y todas las accesiones se cultivan en dos campos diferentes en la estación experimental del CIAT en Palmira. Se mantienen 6 a 10 plantas por accesión, un número adecuado tanto para mantenimiento seguro como para suministro de pequeñas cantidades de material de siembra para su evaluación.

Como resultado de la investigación en el laboratorio de cultivos de tejidos en el CIAT, ahora es factible conservar material vegetativo en la forma de plantitas *in vitro*. Esta técnica a largo plazo está bien desarrollada, y exige que las plantitas se transfieran a un medio nuevo aproximadamente una vez cada dos años. La colección total de germoplasma se está transfiriendo gradualmente a condiciones de almacenamiento *in vitro*. Sin embargo, hasta que estos métodos sean completamente confiables, o hasta que se tenga un duplicado de la colección en otro centro, se continuará el mantenimiento de la colección en el campo.

Como todos los clones de yuca son heterocigotos, la semilla sexual no puede duplicar el genotipo del clon parental. Sin embargo, las semillas pueden servir como bancos de genes representativos de los clones parentales. Las semillas de accesiones de germoplasma de polinización abierta se mantienen en almacenamiento en frío como reserva genética a la cual se puede recurrir en el caso de que haya pérdidas imprevistas en la colección mantenida vegetativamente. La semilla también es un medio conveniente para distribuir una amplia variabilidad genética a otros programas de investigación.



Evaluación del Banco de Germoplasma

La evaluación de accesiones del germoplasma por su adaptación, resistencia a enfermedades e insectos, rendimiento y calidad de las raíces se está adelantando en diferentes localidades en Colombia, las cuales presentan las características físicas y los complejos de plagas de cinco de las principales zonas edafoclimáticas en las cuales se cultiva yuca. Exceptuando la granja experimental del CIAT en Palmira, las localidades se encuentran ubicadas en áreas con condiciones de estrés moderado a alto en las que se puede medir una amplia gama de factores de adaptación, resistencia y rendimiento. En todas ellas, la evaluación comienza con una sola hilera por accesión, la cual se compara con variedades testigo incluidas en el ensayo. Durante la estación de crecimiento, se toman datos sobre los ataques de enfermedades e insectos, el vigor, el hábito de ramificación y otras características morfológicas. A la cosecha se registra información sobre el movimiento de raíces y la calidad de las mismas. Las accesiones promisorias pasan a un ensayo preliminar en el cual se siembran sin repetición en parcelas pequeñas a las distancias de siembra comerciales. Las líneas seleccionadas pasan posteriormente a un ensayo repetido de rendimiento en parcelas con 25 a 30 plantas y dos a tres repeticiones; los ensayos de rendimientos se repiten por varios años para evaluar la estabilidad temporal. Aquellas accesiones que surgen como las más promisorias pasan por etapas adicionales de evaluación con el fin de identificar los genotipos mejor adaptados y más estables. Ya casi se completa la evaluación del banco de germoplasma en dos localidades de ensayo de alta prioridad: CIAT-Palmira y Carimagua.

El banco de germoplasma contiene actualmente más de 2600 accesiones obtenidas en 13 países de América Latina y dos de Asia.



Casi todas las accesiones en el banco de germoplasma del CIAT son, o han sido, variedades cultivadas. Aunque normalmente estables, los rendimientos son bajos y pueden ser aumentados por medio del mejoramiento genético y prácticas culturales mejoradas.

Cuadro 2. Combinación de caracteres requerida en el germoplasma de yuca por zonas edafoclimáticas en Colombia.

Area de interés	Objetivos de mejoramiento principales para cada área	Nivel de expresión ^a	Accesiones (No.)
Costa norte (ZEC 1)	Rendimiento raíces por planta (kg/planta)	≥ 3.5	1007
	+ índice de cosecha	≥ 0.5	432
	+ materia seca raíces (%)	≥ 35	313
	+ daño ácaros <i>Mononychellus</i> ^b	≤ 2	57
	+ daño trips ^b	≤ 2	42
Carimagua (ZEC 2)	Daño bacteriosis	≤ 3	55
	+ daño superalargamiento ^b		21
	+ daño ácaros <i>Mononychellus</i> ^b	≤ 3	6
	+ daño <i>Vatiga</i> ^b	≤ 3	4
Popayán (ZEC 5)	Daño <i>Phoma</i> ^b	≤ 2	17
	+ daño <i>Oligonychus</i>	≤ 2	10

a. Datos de Palmira: rendimiento raíces, índice de cosecha, calificaciones ácaros e insectos.

Datos de Carimagua: calificaciones bacteriosis y superalargamiento. Datos de Popayán: calificaciones *Phoma*.

b. Calificación enfermedades, ácaros e insectos en escala de 1 a 5, donde, 1 = muy poco daño, 5 = daño muy elevado.

Los resultados hasta la fecha indican que muchas accesiones del germoplasma, casi todas variedades cultivadas, se encuentran adaptadas a las áreas donde evolucionaron; sin embargo, en términos generales, el rendimiento potencial de las accesiones existentes es bajo. También, la frecuencia de las accesiones con alta resistencia a una determinada enfermedad o plaga es, en general, baja, y la de aquellas que presentan una alta resistencia combinada a todos los problemas de enfermedades e insectos de una región es así mismo muy baja. El Cuadro 2 presenta ejemplos de frecuencias de accesiones con combinaciones de rasgos requeridos para tres áreas diferentes. Otra observación general es que, aunque la yuca como especie se encuentra bien adaptada a una amplia diversidad de condiciones, la adaptación de una accesión determinada de germoplasma parece ser limitada. Una generalización final que se puede hacer con base en los datos disponibles hasta el momento es que hay muchas accesiones del germoplasma con características deseables que no han sido utilizadas previamente en programas de mejoramiento genético; todavía existe mucha variabilidad que puede ser explotada en tal sentido. Por consiguiente, el énfasis del Programa de Yuca es crear nuevos genotipos mejorados mediante hibridación y selección.

Desarrollo de Líneas Élite

La evaluación de germoplasma sirve como un medio para la selección parental. En términos generales, los progenitores se seleccionan según su comportamiento global en una zona edafoclimática determinada, con el fin de acumular genes piramidales por altos niveles de resistencia a enfermedades e insectos, tolerancia a la sequía y calidad de las raíces.

Aunque inicialmente el banco de germoplasma era la única fuente de todo el material parental, cada vez se están incorporando más líneas híbridas al proceso de hibridación. Por consiguiente, la base parental se está mejorando continuamente.

En las siguientes secciones se evalúa el estado de desarrollo de las actividades de mejoramiento varietal en términos del rendimiento potencial, la estabilidad del mismo y la calidad de las raíces.

Rendimiento potencial. Desde 1973 hasta 1981 se ha registrado una tendencia ascendente continua en los rendimientos de yuca en un ambiente de alto rendimiento con suelos de fertilidad mediana a alta en el trópico de altitud intermedia (representado por CIAT-Palmira) (Figura 2). Considerando todas las entradas en los ensayos repetidos de rendimiento, éste ha llegado a un promedio de aproximadamente 40 ton/ha por año, cifra superior en un 60 por ciento al rendimiento promedio de accesiones del germoplasma no seleccionadas en los ensayos de 1973-74. Actualmente se obtienen con frecuencia rendimientos de más de 60 ton/ha con un contenido de materia seca de más del 35 por ciento.

En las tierras bajas tropicales calientes con una estación seca pronunciada (como la representada por la costa norte de Colombia) se está observando una tendencia similar; hoy en día, el rendimiento promedio de las líneas F_1 seleccionadas es significativamente mayor que el de los cultivares locales. Fácilmente se están obteniendo rendimientos de más de 40 ton/ha por año, con contenidos de materia seca de más del 30 por ciento.

En ambientes difíciles, con suelos de fertilidad extremadamente baja en las sabanas tropicales, como las representadas por Carimagua, el rendimiento potencial también presenta una tendencia ascendente. Después de una selección intensiva año tras año por resistencia al añublo bacteriano común (CBB) y por adaptación general a las condiciones ambientales, el nivel de rendimiento de las líneas F_1 ha llegado a un promedio de 18

En lotes experimentales se están obteniendo rendimientos de más de 60 ton/ha por año, con contenido de materia seca de más del 35 por ciento.

Rendimiento (ton/ha/año)

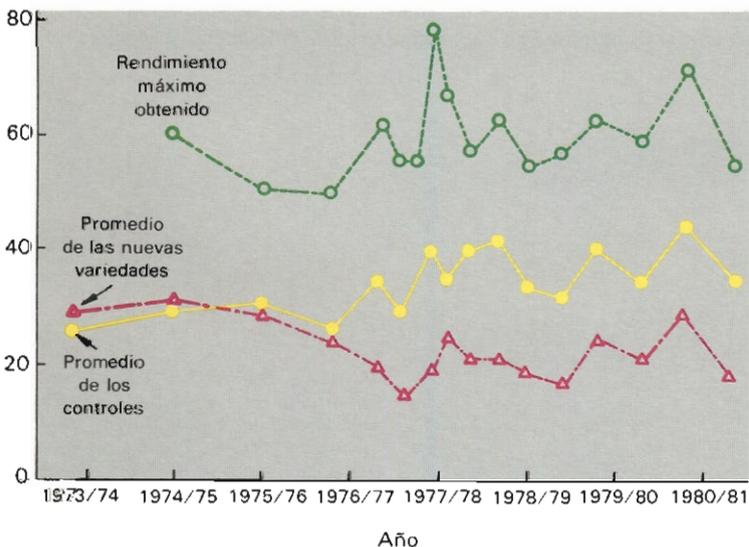


Figura 2. Entre 1973 y 1981 se manifestó una tendencia creciente en el potencial de rendimiento de accesiones seleccionadas de yuca en ensayos replicados llevados a cabo en un ambiente de altos rendimientos (representado por Palmira).

a 20 ton/ha por año. El mejoramiento alcanzado a largo plazo en Carimagua se hace claramente evidente cuando los rendimientos promedio de las líneas F, se expresan como porcentaje de los cultivares locales (Figura 3).

Estabilidad del rendimiento. Con frecuencia se hace mucho énfasis en el rendimiento potencial. Generalmente, entre más intenso sea el manejo de un sistema agrícola, menos variables son las condiciones de crecimiento, de tal manera que los rendimientos tienden a ser más estables y más cercanos a su potencial. Por ejemplo, se pueden esperar rendimientos altos y estables cuando las variaciones en la disponibilidad de agua, fertilidad e incidencia de enfermedades y plagas se mantienen a un nivel mínimo mediante riego, fertilizantes y pesticidas; sin embargo, la yuca se cultiva por lo general, con un nivel de manejo bajo y está sujeta a la incertidumbre de los patrones naturales de precipitación, la variación en la fertilidad de los suelos y el ataque por enfermedades y plagas en su largo ciclo de crecimiento. El agricultor está interesado en obtener estabilidad en el tiempo (estabilidad temporal); generalmente no tiene interés en la estabilidad del rendimiento de una región a otra (estabilidad espacial), aunque puede estar interesado en la estabilidad de un sistema de producción a otro (estabilidad por sistemas). Sin embargo, un instituto como el CIAT tiene interés en la estabilidad espacial puesto que la tecnología desarrollada debe ser aplicable en diferentes regiones si se desea obtener un retorno razonable a la inversión en investigación.

A. Estabilidad temporal. Los datos obtenidos de las pruebas regionales muestran una alta correlación entre el rendimiento de los mismos genotipos de un año a otro en diferentes localidades, lo cual indica que los mismos genotipos que son superiores en un año mantendrán esa ventaja en el tiempo, a pesar de que los niveles absolutos de rendimiento pueden fluctuar de un año a otro.

Causa fundamental de la inestabilidad temporal es la lentitud de las presiones ejercidas por enfermedades y plagas que pueden disminuir directamente los rendimientos y también la calidad del material de siembra con el tiempo; los datos disponibles para la yuca indican que las mejores estacas para siembra provienen de genotipos cultivados localmente, los cuales se encuentran bien adaptados a las condiciones ambientales prevalecientes y con buena resistencia a enfermedades y plagas en el

Rendimiento de los nuevos materiales expresado como porcentaje del rendimiento de los cultivares locales

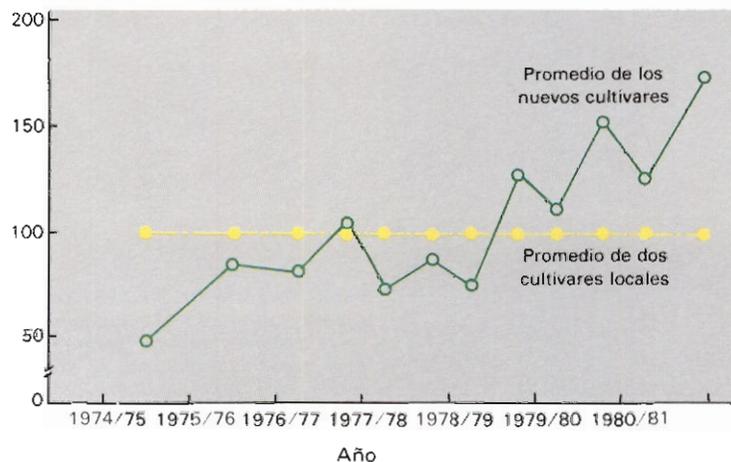


Figura 3. Entre 1973 y 1981, se manifestó un aumento a largo plazo del potencial de rendimiento de accesiones seleccionadas de yuca en ensayos llevados a cabo en un ambiente extremadamente difícil y de baja fertilidad (representado por Carimagua).

medio local. Otra causa fundamental de la inestabilidad temporal es la degeneración del material de siembra ocasionada por el desarrollo de agentes virales o similares a virus, lo cual se está investigando intensamente en la actualidad. La inestabilidad temporal también es ocasionada por la desintegración de la resistencia genética a enfermedades. El principal mecanismo de defensa de la yuca contra el CBB y la enfermedad del superalargamiento es el desarrollo lento de la enfermedad, el cual se hereda cuantitativamente. Aunque este mecanismo no necesariamente implica que la resistencia no fallará eventualmente, es poco factible que esto suceda. Hay razones para creer que es posible encontrar mecanismos similares de resistencia a otras enfermedades e insectos importantes, lo cual indica que una falla en la resistencia genética como factor que reducirá la estabilidad no es factible que constituya un problema mayor en la yuca.

B. Estabilidad espacial. Obviamente hay una gran interacción genotipo por ambiente, y no se puede esperar que un mismo genotipo presente un buen comportamiento en todas las regiones ecológicas. Los datos disponibles muestran claramente que para las regiones más frías se requieren genotipos diferentes; sin embargo, también indican que puede existir amplia adaptabilidad en las áreas más cálidas de menor altitud puesto que hay un número reducido de clones que presentan buen comportamiento en varias regiones. Esta última apreciación se apoya en los rendimientos estables obtenidos con M Col 1684, M Col 1468 y M Mex 59 en muy diversas zonas edafoclimáticas, el rendimiento extraordinariamente estable de CM 507-37 y el contenido estable de almidón de CM-523-7 en el último ciclo de las Pruebas Regionales. Aunque es cierto que existen clones con adaptación amplia, la mayoría no la poseen y, hasta el presente, ninguno ha presentado un buen comportamiento en todas las seis zonas edafoclimáticas.

La intensidad y la composición del complejo de enfermedades e insectos asociado con yuca depende de las condiciones climáticas y edáficas de una región, con complejos relativamente específicos para cada zona edafoclimática (Cuadro 3). Sin embargo, dentro de la amplia clasificación de cada una de estas zonas, los complejos tienden a ser similares. En consecuencia, el objetivo del Programa de Yuca del CIAT no es mejorar por estabilidad macroespacial — es decir, estabilidad espacial en las diferentes zonas edafoclimáticas — sino mejorar por estabilidad microespacial — es decir, estabilidad espacial dentro de cada zona edafoclimática. Sin embargo, cuando se encuentra estabilidad macroespacial, es obvia su utilidad (Figura 4).

Sin embargo, la estabilidad microespacial — es decir, estabilidad del rendimiento dentro de una zona edafoclimática determinada — es esencial para el éxito de los esfuerzos en mejoramiento genético. Las correlaciones generalmente altas entre los rendimientos de diferentes clones en distintas localidades dentro de ZEC I indican que la estabilidad microespacial se puede obtener con relativa facilidad.

C. Estabilidad por sistemas. Los principales factores que influyen en la estabilidad por sistemas son los niveles de fertilidad y las prácticas de manejo. Pese a que los primeros se pueden modificar fácilmente mediante el uso de fertilizantes químicos, éstos pueden ser costosos y, probablemente, no serán utilizados hasta el punto de eliminar todas las diferencias en los efectos de la fertilidad en el rendimiento y la calidad. Por consiguiente, es deseable disponer de genotipos y tecnología complementaria que sean relativamente estables en diferentes niveles de fertilidad.



La estabilidad temporal en el ambiente de elevado estrés en Carimagua depende de la resistencia alta y estable al añublo bacteriano común, a la antracnosis y al superalargamiento. La evaluación durante varias estaciones sin control artificial de plagas o enfermedades es un medio efectivo de identificar las líneas estables.

Cuadro 3. Factores bióticos negativos que afectan la producción de yuca identificados y evaluados en cinco zonas climáticas distintas en Colombia durante 1981 (tercer ciclo).

Factor biótico	C Calificación ^a en				
	Caribia (ZEC 1)	Media Luna (ZEC 1)	Carimagua (ZEC 2)	Palmira (ZEC 4)	Popayán (ZEC 5)
Enfermedades					
Añublo bacteriano	2	1	2	0	0
Superalargamiento	0	1	2	0	0
Mancha foliar de anillos circulares	0	0	0	0	2
Antracnosis	3	1	3	1	2
Mancha parda de la hoja	3	2	2	2	2
Añublo pardo fungoso	2	1	1	2	0
Mancha blanca de la hoja	3	2	1	0	1
Pudrición bacteriana del tallo	1	1	1	1	0
Ceniza de la yuca	1	1	0	2	0
Mosaicos	2	3	0	3	2
Cuero de sapo	3	0	0	3	0
Viruela de la raíz	2	1	0	2	0
Pudrición de la raíz	2	1	1	1	0
Choanephora	3	2	3	0	0
Insectos					
Gusano cachón	1	1	1	1	1
Mosca blanca	1	2	1	1	1
Trips	1	1	1	3	1
Chinchas de encaje	1	1	2	1	0
Mosca del cogollo	2	0	1	1	0
Mosca de la fruta	1	0	1	1	0
Crisomélidos	0	0	0	2	0
Mosca de la agalla	1	1	2	0	0
Termitas	0	1	1	0	0
Barrenadores del tallo	0	0	2	0	0
Hormigas cortadoras de hojas	1	1	2	0	0
Escamas	0	0	1	0	2
Acaros					
<i>Mononychellus</i>	1	1	1	2	1
<i>Tetranychus</i>	0	0	0	1	0
<i>Oligonychus</i>	2	2	1	3	3

a Calificaciones: 0 = ausente durante el ciclo; 1-3 = daño ligero a elevado.

Se evaluaron aproximadamente 700 accesiones del banco de germoplasma por su reacción a bajos niveles de fósforo en las condiciones de CIAT-Quilichao; 250 de aquellas, seleccionadas por sus altos niveles de resistencia al añublo bacteriano común (CBB), antracnosis y superalargamiento, también fueron evaluadas en Carimagua por su reacción a un bajo nivel de fósforo y por su tolerancia a la acidez del suelo. Al hacer una comparación directa entre los puntajes de adaptación a bajos niveles de fósforo obtenidos en Carimagua con los de los mismos cultivares en Quilichao, se observó una correlación débil, lo cual indica que la tolerancia a los factores climáticos y biológicos en el ecosistema es de mayor importancia que la tolerancia a un bajo nivel de fósforo en el suelo. Por consiguiente, puede ser más apropiado hablar de "adaptación" (en vez de "tolerancia") a bajos niveles de fósforo en el suelo, puesto que este

Cuadro 4. Rendimiento en raíces de cultivares tradicionales y líneas F₁ seleccionadas con y sin aplicación de fertilizantes, Carimagua; sembrados octubre 1980.

Genotipo	Rendimiento raíces frescas (kg/ha)	
	Con aplicación de fertilizante ^a	Sin aplicación de fertilizante ^b
Cultivares tradicionales		
Llanera	3.5	5.6
M Col 638	4.5	15.3
M Col 1684	3.1	6.9
Promedio	3.7	9.3
Selecciones nuevas		
CM 430-37	10.8	26.4
CM 523-7	12.5	19.4
CM 723-3	8.7	21.2
CM 946-2	9.7	22.9
CM 996-6	6.9	27.4
Promedio	9.7	23.4

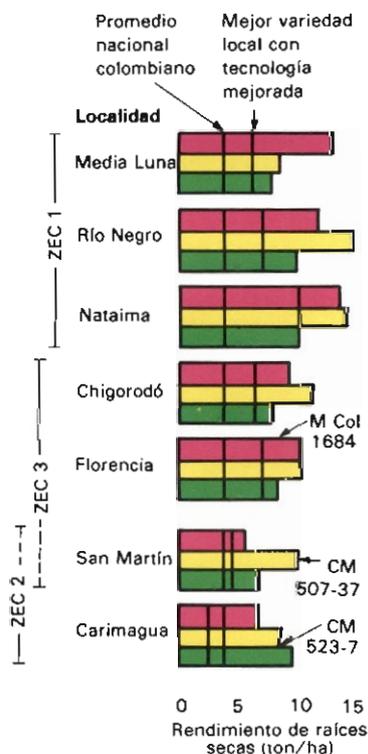


Figura 4. Los rendimientos promedio de raíces secas de varios clones mejorados de yuca en un amplio rango de condiciones de cultivo ilustran su estabilidad macroespacial en tres zonas edafoclimáticas diferentes.

a. Se aplicaron 500 kg/ha de cal dolomítica.

b. Lo mismo que (a) más 750 kg/ha de 10-20-20 (N, P₂O₅, K₂O, respectivamente en %).

término refleja en forma más adecuada el hecho de que la tolerancia a los bajos niveles de fósforo en el suelo implica un alto grado de adaptabilidad al ecosistema. Los resultados obtenidos en Carimagua también muestran que los puntajes de adaptación a un alto grado de acidez del suelo fueron generalmente más altos que los obtenidos para un bajo nivel de fósforo en el suelo, lo cual indica que la falta de fósforo es un factor limitativo más importante que la falta de cal. Sin embargo, aquellas variedades con buena adaptación a un bajo nivel de fósforo generalmente presentaron también adaptación a una alta acidez del suelo. Esto se debe a que los altos niveles de aluminio obstruyen parcialmente la absorción de fósforo; por lo tanto, aquellas variedades que presentan mayor eficiencia en absorción de fósforo también son más tolerantes a los suelos ácidos.

En las evaluaciones también se incluyeron cerca de 60 líneas híbridas. En términos generales, estas líneas presentaron mayores puntajes de adaptación que las accesiones de germoplasma. Los puntajes más altos tanto para adaptación a bajos niveles de fósforo como para alta acidez del suelo se obtuvieron con la línea CM 523-7, la cual también se clasificó entre los materiales de más altos rendimientos en los Ensayos Regionales y en el Ensayo Preliminar de Rendimiento en Carimagua.

En Carimagua, sin la aplicación de fertilizantes, los rendimientos tanto de los híbridos como de los cultivares tradicionales fueron mucho más bajos que en las parcelas fertilizadas (Cuadro 4). Sin embargo, la superioridad de los híbridos seleccionados en comparación con los cultivares tradicionales se mantuvo aun con baja fertilidad, lo cual indica que la superioridad en rendimiento de genotipos de yuca cuidadosamente seleccionados se puede mantener en un amplio rango de niveles de fertilidad.



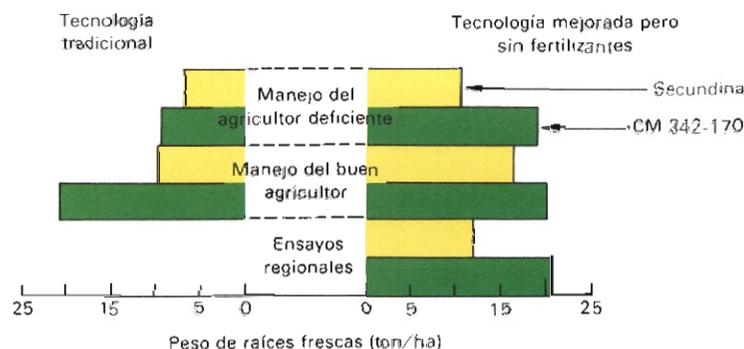
El Programa busca tecnologías apropiadas para múltiples usos de los productos de la yuca, particularmente para el consumo humano como raíz fresca, o seca y procesada para consumo humano o animal.

Aproximadamente un 40% de la yuca del mundo se produce en sistemas de cultivos asociados. Los genotipos de yuca que dan buenos rendimientos en cultivos intercalados con leguminosas de grano de ciclo corto también dan buenos rendimientos en monocultivo, a pesar de que el contenido de almidón de la yuca intercalada es generalmente menor al del monocultivo.

Las diferencias en el control de malezas pueden causar variaciones importantes en el rendimiento, especialmente en variedades de yuca menos vigorosas, las cuales tienden a presentar un potencial de rendimiento mayor. Por consiguiente, en un ensayo realizado en la costa norte de Colombia, la variedad M Mex 59 presentó rendimientos estables pero bajos al utilizar una amplia variedad de técnicas de control de malezas, en tanto que la variedad M Col 22 sólo dio buenos rendimientos al controlar bien las malezas. Esta situación también se aplica a factores tales como resistencia a enfermedades y plagas e indica que, en algunos casos, la estabilidad sólo se puede obtener a costa de rendimiento potencial. Sin embargo, los resultados obtenidos en ensayos de validación de tecnología indican que se pueden lograr rendimientos estables en una serie de sistemas de manejo diferentes (Figura 5).

Calidad de las raíces. La calidad de consumo es un factor subjetivo; sin embargo, una buena calidad de consumo se relaciona en cierta forma con un alto contenido de almidón o materia seca. En años recientes, se le ha asignado mayor importancia a la selección por un contenido más alto de materia seca en las raíces. Hay muchas selecciones nuevas que combinan un alto rendimiento de raíces frescas con un alto contenido de materia seca. El Cuadro 5 presenta los resultados de algunas de las mejores selecciones disponibles en Caribia (costa norte de Colombia), Carimagua y CIAT-Palmira.

Uno de los principales problemas de la yuca es ser extremadamente perecedera. Como se informó en años anteriores, se han identificado dos



∗ No se hicieron ensayos regionales con tecnología tradicional.

Figura 5 Una comparación entre los ensayos regionales y los ensayos de validación a nivel de finca ilustra la similitud de la respuesta que se puede obtener del cultivo de la yuca cuando se utiliza tecnología mejorada (selección y tratamiento de estacas, preparación de la tierra y control de malezas). (Media Luna, mayo de 1981.)

fases del deterioro de las raíces después de la cosecha. El deterioro fisiológico ocurre uno a seis días después de la cosecha y después sobreviene el deterioro microbiano.

El deterioro fisiológico se correlaciona positivamente con el contenido de materia seca en las raíces. Por consiguiente, la información disponible actualmente indica que es difícil, si no imposible, alcanzar por medio del mejoramiento genético una combinación de alto contenido de materia seca en las raíces con una reducida deteriorabilidad de las mismas.

Un alto contenido de HCN en las raíces se correlaciona negativamente con el contenido en ellas de materia seca, el deterioro fisiológico y el deterioro microbiano. Por lo tanto, entre más alto sea el contenido de HCN en las raíces, menor será el contenido de materia seca y la deteriorabilidad. Esta correlación se ha observado en varios genotipos y años de cultivo. Sin embargo, se han observado casos individuales de correlaciones bajas, permitiendo seleccionar genotipos que se desvían de la correlación general. Esta información le permite al Programa visualizar genotipos con un alto contenido de materia seca en las raíces, bajo contenido de HCN, buena calidad de consumo, así como alta deteriorabilidad, típicos de la yuca adecuada para el mercado fresco.

Cuadro 5. Híbridos de yuca más promisorios que combinan altos rendimientos con buena calidad comestible, por zonas edafoclimáticas, 1981.

Genotipo	Fecha de cruce (año)	Rendimiento raíces frescas (ton/ha)	Contenido materia seca en la raíz (%)
Caribia (ZEC 1)			
<i>Selecciones más nuevas</i>			
CM 586-1	1975	45	36
CM 652-10	1976	40	33
CM 922-2	1977	42	35
CM 976-15	1977	52	33
<i>Cultivares locales</i>			
Manteca	-	17	32
Venezolana		13	36
Carimagua (ZEC 2)			
<i>Selecciones más nuevas</i>			
CM 621-214	1975	26	32
CM 840-31	1976	19	33
CM 946-2	1977	28	31
CM 13335-4	1977	27	38
<i>Cultivares locales</i>			
Llanera		11	31
M Col 638		14	29
Palmira (ZEC 4)			
<i>Selecciones más nuevas</i>			
CM 883-1	1977	65	37
CM 981-8	1977	54	42
CM 1006-5	1977	64	34
CM 1016-31	1977	59	39
<i>Cultivares locales</i>			
Llanera		28	32
M Col 22		36	38

Integración de la Producción y del Desarrollo de Mercados para Yuca en América Latina

En América Latina, donde la yuca ha permanecido al margen del proceso de desarrollo tecnológico que ha tenido lugar para casi todos los otros cultivos, especialmente los cereales de grano, existe un círculo vicioso peculiar. Los agricultores no adoptan nueva tecnología para el cultivo sin contar con el acceso a mercados más estables, y la industria no invierte en procesamiento de la yuca sin la garantía de menores costos en finca y un abastecimiento continuo del producto. Esta situación está reflejada en la hipótesis operativa del Programa de Yuca del CIAT, a saber, que la producción de yuca está limitada tanto por obstáculos de mercadeo y demanda restringida como por limitantes de la productividad y utilidades para el agricultor. Para hacerle frente a esta situación y ayudar a las organizaciones nacionales a romper el círculo, el Programa de Yuca está desarrollando proyectos integrados de yuca que atienden simultáneamente al aumento de la producción, la inversión en plantas de procesamiento, y el desarrollo de nuevos canales de mercadeo.

Tal integración es una urgente necesidad en varias zonas productoras de yuca, tales como la costa norte de Colombia, donde los mercados tradicionales son para yuca fresca y para almidón industrial. En los últimos años todos los intentos de aumentar sustancialmente la producción de yuca en la región condujeron a la saturación del mercado y a precios desastrosamente bajos para los agricultores. Sin embargo, uno de los muchos usos alternativos para la yuca es como alimento animal, y en este sentido CIAT está ayudando a los pequeños agricultores a entrar en este mercado en rápida expansión.

En 1980 se inició un proyecto colaborativo entre el CIAT y el Programa de Desarrollo Rural Integrado de Colombia (DRI) como el primer proyecto piloto para introducir a los pequeños agricultores a la producción mejorada y a la nueva tecnología de procesamiento. El propósito era desarrollar el mercado para los trozos de

yuca seca en la industria de concentrados para aves y cerdos en Colombia. Los científicos del CIAT se desempeñan como asesores; la administración corresponde a la organización colombiana DRI, con fondos de la ACIDI, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional.

Hasta ahora los resultados preliminares sugieren que con los precios actuales de la yuca en finca y de los granos para concentrados en fábrica la inversión en plantas procesadoras es económicamente factible. Este acceso al mercado de concentrados para animales permitirá a los pequeños agricultores aumentar sus ingresos. Una vez la expansión del mercado de trozos de yuca alcance un nivel suficiente, podrán esperarse menores costos de los alimentos, balanza mejorada de pagos, y mayores oportunidades de empleo.

En sus primeros dos años el proyecto completó su fase experimental y demostrativa. Una asociación cooperativa de 20 productores de yuca montó una planta picadora y secadora; se desarrolló el esquema de operaciones para la planta y se evaluó su viabilidad económica preliminar. Actualmente el proyecto está entrando a la fase de integración y replicación. Se están planeando ensayos

en fincas y se están analizando las mejores maneras de integrar los sistemas de procesamiento y producción. En la actualidad se están montando otras plantas por parte de otras asociaciones de agricultores en la misma zona y en departamentos vecinos.

Al mismo tiempo se está adelantando una encuesta económica general de la producción y mercados de la yuca en la costa norte colombiana para sentar las bases para mayor expansión y replicación de la planta y de la tecnología de producción en la región. Un logro fundamental del proyecto ha sido la organización de tal tecnología para integrar a numerosos pequeños productores de yuca en una operación agroindustrial. La experiencia obtenida también sugiere la posibilidad de realizar proyectos similares en otros países latinoamericanos.

Tales proyectos integrados de alcance regional son considerados por CIAT como un medio importante para llevar la tecnología hasta el nivel de finca. Se espera que continúen en los próximos años y jueguen un papel básico en la superación de los principales limitantes a la expansión de la producción de yuca en América Latina.



Desarrollo de Prácticas de Manejo

El desarrollo de nuevas variedades con mejores características no resolverá todos los problemas asociados con una mayor productividad. Es necesario desarrollar prácticas de manejo apropiadas para el nuevo germoplasma. Estas caen dentro de las siguientes categorías básicas.

Suelos y Nutrición de la Planta

Un objetivo importante del Programa de Yuca es identificar fuentes no costosas de nutrimentos y desarrollar maneras eficientes para aplicar fertilizantes al germoplasma mejorado específicamente seleccionado por su buen comportamiento en condiciones de baja fertilidad.

Ensayo de fertilidad a largo plazo. Este ensayo, establecido en CIAT-Quilichao en 1977, completó su tercera siembra consecutiva de yuca en 1981. Mientras que durante la primera siembra el cultivo respondió principalmente a la aplicación de fósforo, durante las dos siembras posteriores hubo una respuesta mucho mayor a la aplicación anual de potasio; debido a la remoción de una cantidad relativamente grande de éste en cada cosecha de raíces, el potasio se torna más limitativo con el tiempo. Como se ilustra en la Figura 6, con siembras consecutivas de yuca se requieren aplicaciones de fertilizantes para obtener buenos rendimientos.

Asociación con micorrizas. En años recientes se ha demostrado ampliamente que es esencial una asociación con micorrizas para obtener un crecimiento normal de la yuca en suelos con baja disponibilidad de fósforo. En 1981 se estudió esta asociación en más detalle para determinar los factores que influyen en la infección por la micorriza, para identificar métodos y fuentes efectivas y de bajo costo para su inoculación y para examinar el efecto de las micorrizas en condiciones de campo.

Los ensayos realizados en 1981 mostraron que las plantas inoculadas con micorrizas absorbieron fósforo en forma más efectiva que las plantas no inoculadas. El bajo nivel de especificidad de hospedantes observado, y el hecho de que tanto el suelo como las raíces de las plantas que presentan asociación con micorriza se pueden utilizar como inóculo, indica que la escogencia de una fuente apropiada de inóculo depende principalmente de la conveniencia. También se encontró que cualquiera que fuera el término del almacenamiento del inóculo (hasta por tres semanas) y la cantidad de inóculo utilizada, todos los métodos de inoculación fueron efectivos para aumentar la producción y absorción de fósforo.

Aunque todavía no se ha demostrado la respuesta a la inoculación en suelos no esterilizados en condiciones de campo, se espera que en suelos con poblaciones nativas bajas o ineficientes de micorrizas, la inoculación con cepas altamente eficientes tenga un efecto significativo en los aumentos de rendimiento y que permita utilizar en forma efectiva fuentes de fósforo baratas de baja calidad. Si se demuestra que la inoculación en condiciones de campo no es efectiva ni práctica, de todas maneras el mero hecho de encontrar que las micorrizas cumplen una función primordial en la absorción de fósforo en suelos con bajos niveles de este elemento es factible que conduzca al desarrollo de prácticas de manejo que aprovechan al máximo el efecto benéfico de la población nativa de micorrizas.

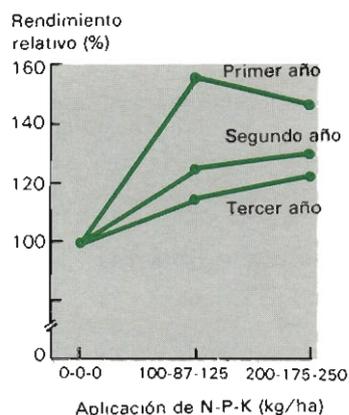


Figura 6 El efecto residual de varios niveles de fertilización presenta, para todos los tratamientos realizados en Quilichao, una disminución en el rendimiento en el segundo y tercer años, lo cual indica la necesidad de aplicar fertilizantes en cada siembra consecutiva de yuca.

Protección de Plantas

El control de las enfermedades y las plagas se puede lograr no solamente mediante la resistencia de la planta hospedante sino también por medio de prácticas de manejo. Por ejemplo, la enfermedad denominada cuero de sapo se disemina de una región a otra mediante el uso de estacas infectadas. Se encontró que es posible obtener estacas sanas mediante la termoterapia de plantas infectadas de las cuales se pueden obtener meristemas sanos. Estos se pueden multiplicar posteriormente para su distribución a los agricultores.

En el caso del intercambio internacional de germoplasma, se utilizan ampliamente las semillas sexuales puesto que constituyen una forma relativamente segura para el movimiento de germoplasma. Sin embargo, el añublo bacteriano común (CBB) se puede diseminar por medio de las semillas infectadas. El calentamiento en seco (60°C durante 14 días) de semillas infectadas no solamente tiende a romper la latencia sino que también elimina el CBB.

El piojo harinoso, *Phenacoccus herreni*, causa daño severo y pérdidas en rendimiento en ciertas regiones de América Latina. Actualmente, los niveles de resistencia varietal no son suficientes para contener en forma adecuada un brote severo de la plaga; sin embargo, se identificó un número de enemigos naturales potencialmente útiles, y ahora se evaluarán para verificar si se pueden utilizar efectivamente para el control de esta plaga.



Pruebas de Tecnología

Las pruebas de tecnología de yuca son un proceso continuo que incluye (1) pruebas regionales en sitios seleccionados que representan a cada una de las zonas edafoclimáticas, y (2) evaluaciones a nivel de finca para observar el comportamiento del cultivo ante limitantes reales de recursos y mercadeo en el nivel de producción. Los resultados de la evaluación de tecnología se realimentan continuamente al proceso de diseño de la misma.

Pruebas Regionales

En 1981 se completó el séptimo ciclo de pruebas de las selecciones promisorias del CIAT en condiciones de tecnología de bajos insumos. Este ensayo comprendió nueve localidades en Colombia. El rendimiento promedio de raíces secas de los ensayos fue de 8.5 ton/ha por año, cifra equivalente a casi tres veces el promedio nacional de aproximadamente 3 ton/ha por año (Cuadro 6). El rendimiento promedio de los mejores cultivares locales fue de 6.5 ton/ha por año. Estos datos reafirman la información obtenida anteriormente según la cual mediante la adopción de prácticas culturales sencillas y mejoradas es posible doblar los rendimientos de cultivares existentes.

El rendimiento promedio de las líneas seleccionadas evaluadas en todas las localidades fue de 9.3 ton/ha por año. Este hallazgo indica que se puede mejorar el rendimiento en más del 200 por ciento mediante la adopción de prácticas de manejo mejoradas y selecciones mejoradas del CIAT.

44 Según el Cuadro 6, el rendimiento promedio de las selecciones del CIAT fue superior al rendimiento de los mejores cultivares locales en



La especie *Phenacoccus herreni* del piojo harinoso está causando daños severos (derecha) a la yuca en las Américas. Se han identificado numerosos enemigos naturales, y se está investigando su efectividad en controlar las poblaciones de piojos harinosos. El *Ocyptamus stenogaster* (arriba, izquierda) y *Chrysopa* sp. (abajo) son depredadores efectivos de los huevos y las larvas; *Kalodiplosis coccidarum* (centro arriba) es un depredador efectivo de los huevos.

Cuadro 6 Rendimiento de variedades ICA-CIAT promisorias e híbridos en nueve localidades edafoclimáticas en Colombia durante los ensayos regionales 1980-1981.

Categoría ^a	Rendimiento raíces secas (ton/ha)									
	Media Luna (ZEC 1)	Río-Negro (ZEC 1)	Nataima (ZEC 1)	Carimagua (ZEC 2)	San Martín (ZEC 2)	Chigorodó (ZEC 3)	Florencia (zec 3)	Palmira (ZEC 4)	Caicedonia (ZEC 4)	Rendimiento promedio (ton/ha) ^b
Híbrido o variedad de mayores rendimientos en cada sitio ^c	12.3	13.8	13.2	9.0	9.6	12.9	9.8	14.6	21.3	12.9
Promedio de híbridos y variedades probadas en cada sitio	7.6	8.8	9.7	6.0	6.3	8.0	6.8	10.3	15.4	8.6
Mejor variedad local en cada sitio ^d	5.6	6.3	9.4	2.1	4.6	6.0	6.4	5.2	13.4	6.5

a. El número de variedades probadas en cada sitio fluctúa entre 13 y 23. En cada sitio se probó una variedad local.

b. El promedio nacional colombiano de rendimiento en raíces secas es de aproximadamente 3 ton/ha en tecnología tradicional (equivalente a cerca de 11 ton/ha de rendimiento en raíces frescas)

c. Los mayores rendidores para Media Luna, M Col 1684; para Rionegro, CM 50737; para Nataima, CM 50737, para Carimagua, CM 5237; para San Martín, M Mex 59; para Chogorodó CMC 40, (M Col 1468), para Florencia, CM 50737; para Palmira, CM 4891, para Caicedonia, ICA HMP 1

d. Mejores variedades locales para Media Luna, Secundina, para Rionegro, Venezolana; para Nataima, Venezolana; para Carimagua, Llanera, para San Martín, Tempranera, para Chigorodó, Patepaba, para Florencia, Caqueteña, para Palmira, M Col 113; para Caicedonia, Chiroza - Gallnaza

todas las localidades de ensayo. Como estas localidades son representativas de las zonas edafoclimáticas 1 (Media Luna, Río Negro, Nataima), 2 (Carimagua), 3 (Florencia) y 4 (CIAT-Palmira, Caicedonia), queda claro que la tecnología actual del CIAT — la cual incluye líneas híbridas seleccionadas y selecciones anteriores probadas — cubre una gama muy amplia de áreas geográficas hasta altitudes de 1300 msnm. (Los genotipos mejorados por el CIAT disponibles actualmente no son útiles en las tierras altas tropicales y en las áreas de bosque húmedo; sin embargo, se están desarrollando materiales mejorados para estos ecosistemas.)

El rendimiento promedio de la selección del CIAT de mejor comportamiento en cada localidad fue de 12.9 ton/ha por año; esta cifra es aproximadamente cuatro veces el rendimiento nacional e indica que mediante una mayor selección entre las líneas del CIAT en cada localidad, se puede obtener hasta un 400 por ciento del rendimiento promedio nacional en un amplio rango de condiciones ambientales sin el uso de riego, ni aplicación de fertilizantes y control químico de enfermedades e insectos-plaga (Figura 7).

Durante los siete años de pruebas regionales en localidades por debajo de 1300 msnm, el rendimiento promedio de los cultivares locales en todas las localidades permaneció casi constante, en tanto que el rendimiento promedio de todos los genotipos del CIAT aumentó ligeramente pero en forma continua, y el mejor genotipo del CIAT (es decir, el promedio de los genotipos con el mejor comportamiento en cada localidad) aumentó significativamente (Figura 8). Esto refleja los avances acumulativos logrados por la estrategia global de selección del Programa de Yuca. Las accesiones de germoplasma y líneas híbridas identificadas como promisorias en las distintas localidades de evaluación se están enviando a los programas nacionales interesados en forma de cultivos de tejidos. Igualmente, estos genotipos se utilizan con frecuencia en programas de hibridación tanto en el CIAT como en otras partes.

Tal vez la manera más exitosa para obtener clones para cada región particular es que los programas nacionales seleccionen sus propios híbridos. Este proceso está en ejecución en varios países. En Tailandia, las

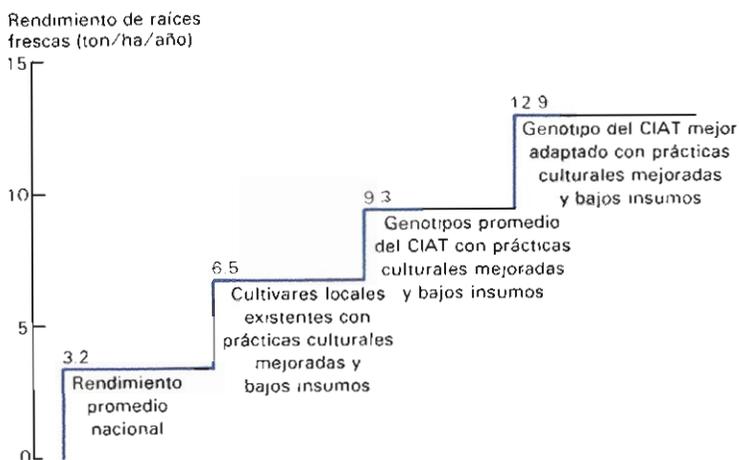
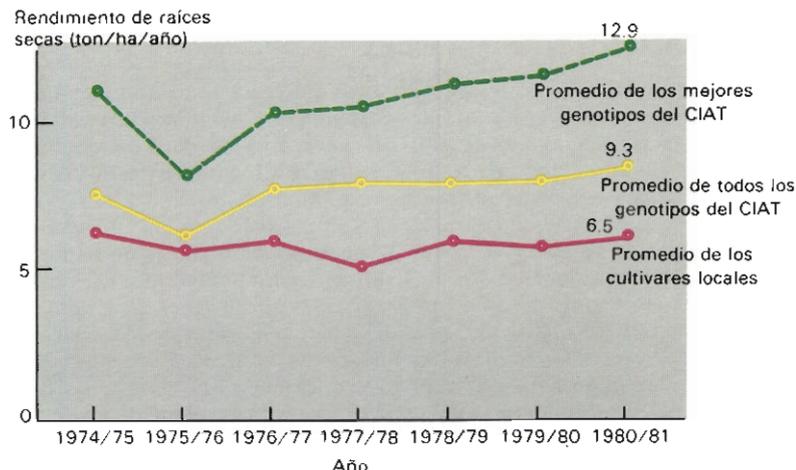


Figura 7 El mejoramiento escalonado desde las variedades tradicionales hasta los genotipos del CIAT mejor adaptados ofrece un aumento hasta del 400% en los rendimientos del cultivo de la yuca. (Cálculos con base en ensayos regionales en 1980/81 en nueve localidades, ver Cuadro 6.)



semillas híbridas provenientes de cruzamientos hechos en el CIAT por científicos tailandeses en colaboración con el CIAT han dado excelentes resultados al seleccionarlas en las condiciones de Tailandia. Por ejemplo, las pruebas regionales allí muestran la superioridad de Huay Pong 5, un híbrido del CIAT (CM 305-13T) seleccionado en la estación experimental de Huay Pong. La línea testigo Rayong 1 se cultiva en más de un millón de hectáreas (Cuadro 7).

Los resultados de la investigación generalmente son muy diferentes de los que pueden ser obtenidos por los agricultores pequeños. Una comparación entre las pruebas regionales y las pruebas de evaluación a nivel de finca muestra que en yuca, con la tecnología sencilla que se ha desarrollado, no debe haber una brecha considerable entre los ensayos regionales manejados por los científicos y las parcelas manejadas por los agricultores, así el agricultor utilice prácticas de manejo relativamente pobres (Figura 9). Los altos rendimientos en peso fresco obtenidos por los agricultores en este suelo extremadamente pobre y región muy seca demuestran claramente el papel potencial de la yuca como fuente básica de calorías en áreas agrícolas marginales.

Figura 8. Durante 7 años de ensayos regionales en nueve localidades experimentales en Colombia (ver Cuadro 6), los rendimientos promedio del mejor genotipo del CIAT aumentaron progresivamente mientras que el promedio de los cultivares locales permaneció constante.

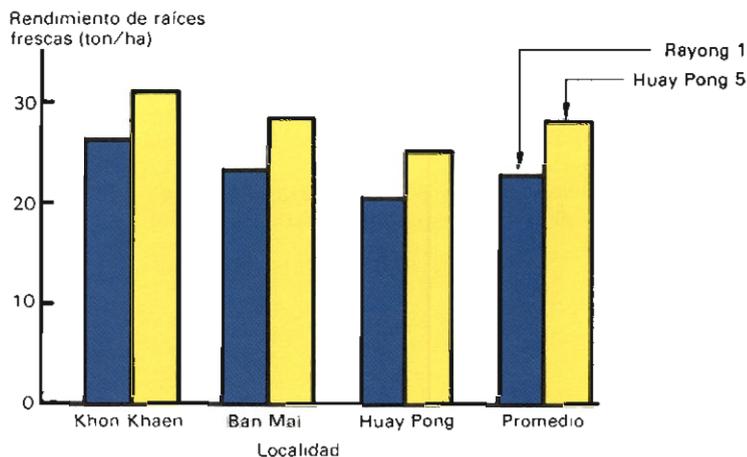


Figura 9 Una línea híbrida de yuca del CIAT, Huay Pong 5, desarrollada en Tailandia, sobrepasó al mejor cultivar local en todas las localidades. (Fuente: C. Tiraporn.)

Evaluación a Nivel de Finca

Un objetivo fundamental de los ensayos a nivel de finca que adelanta el Programa es entender los factores determinantes de la productividad de los sistemas tradicionales de cultivo de yuca. Una hipótesis dominante es que los rendimientos no varían con base en los diferentes niveles de insumos, sino más bien con base en varios factores de manejo (tales como el manejo de la fertilidad del suelo, el control de la erosión, el manejo de las estacas, la época de cosecha), la mayoría de los cuales no requieren insumos comprados sino que están influenciados por factores del sistema agrícola tales como mano de obra y tierra y por factores del sistema de mercado tales como los precios estacionales del producto, el acceso a los mercados y los salarios prevalecientes.

En 1981, los ensayos a nivel de finca adelantados en la costa norte de Colombia y en Mondomo (una región localizada aproximadamente a 80 kilómetros al sur de Cali) se enfocaron en la interacción entre la productividad y la época de siembra/cosecha. Los resultados mostraron que los rendimientos de yuca varían considerablemente con la época de siembra y particularmente con la época de cosecha. En general, se observó que la yuca es cosechada antes de lo que podría considerarse como tiempo óptimo debido a los factores limitativos prevalecientes en los sistemas agrícolas y de mercadeo. En la medida en que se desarrollen mercados alternativos y unidades procesadoras en pequeña escala, se podrán obtener ganancias sustanciales en eficiencia mediante mejores nexos entre los sistemas de producción y de procesamiento de la yuca.

Los ensayos a nivel de finca también arrojaron luces sobre la segregación del mercado por medio de variedades con características diferenciales de rendimiento y calidad. En términos generales, las variedades aptas para el mercado fresco deben presentar un contenido de materia seca de por lo menos un 33 por ciento y su contenido de HCN debe ser de menos de 200 ppm. Los ensayos a nivel de finca demuestran claramente que la fertilidad del suelo es un factor crítico determinante de la calidad de la yuca. Estos y descubrimientos similares proporcionan una explicación del por qué la producción de yuca de alta calidad generalmente se concentra en las zonas de alta productividad. Por consiguiente, si se ha de mantener la producción de yuca para el mercado fresco a la vez que se expande la producción para uso industrial, hay implícitas tres estrategias alternativas:

- El desarrollo de variedades de doble propósito con las características de calidad exigidas cuando se produzcan en condiciones marginales;
- tecnología mejorada para variedades locales producidas en condiciones marginales y concentración de los esfuerzos del mejoramiento genético en la obtención de rendimientos más altos para el mercado industrial;
- especialización de la producción para el mercado fresco en las tierras de primera y para el mercado industrial en las áreas marginales.



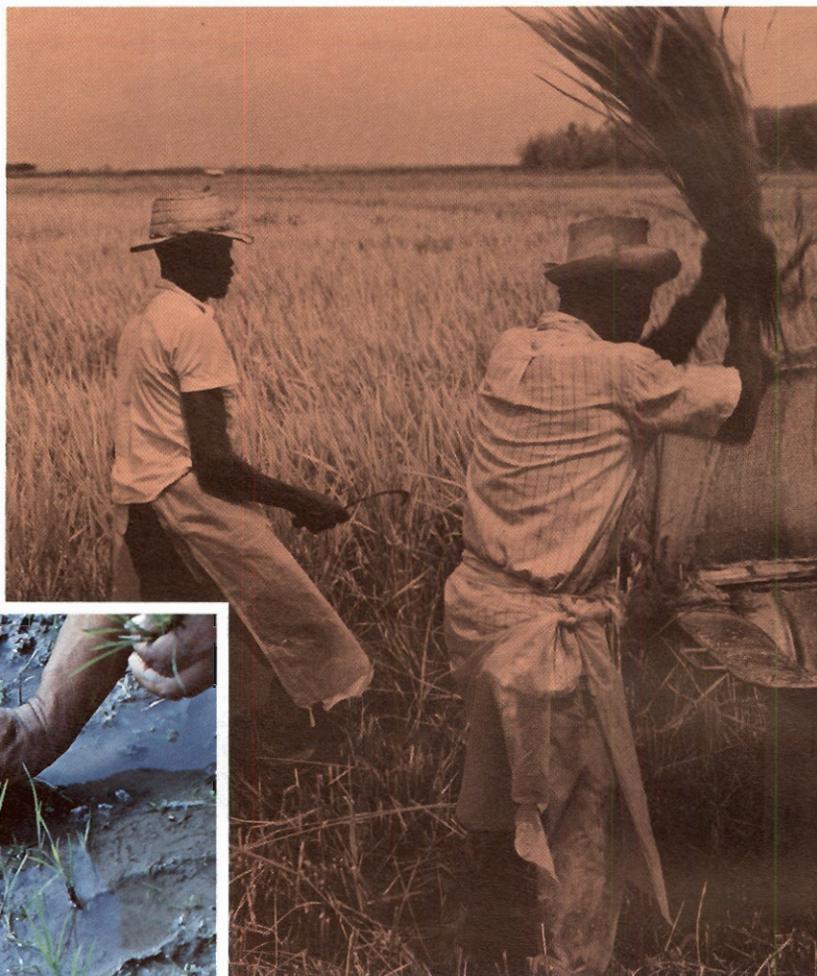
Las pruebas a nivel de finca intentan comprender los determinantes de la productividad de los sistemas tradicionales de cultivo de la yuca. La estrategia final puede ser la producción especializada para el mercado de yuca fresca en las mejores tierras y para el mercado industrial en las zonas marginales.

La estrategia seleccionada dependerá de las condiciones particulares de cada país; sin embargo, los resultados aún preliminares de los ensayos a nivel de finca realizados en 1981 indican que la estrategia (2) o (3) será la más lógica a corto plazo. Es importante anotar que la selección para mercados industriales y para los mercados para consumo fresco o alimentos procesados no son mutuamente excluyentes. Las restricciones de calidad para consumo fresco son más rigurosas que para la industria y, por consiguiente, las líneas del mismo programa de mejoramiento genético pueden ser seleccionadas para uso industrial pero rechazadas para consumo fresco.

Epílogo

A pesar de que el alto potencial de producción de carbohidratos de la yuca por unidad de tierra o mano de obra y su adaptación a las condiciones agrícolas más marginales la convierten en un alimento básico en el sector rural, su alta deteriorabilidad después de la cosecha y su alta relación volumen a valor reducen las ventajas de la yuca en comparación con los granos cuyos costos de mercadeo son relativamente bajos. Por consiguiente, en las economías de América Latina, cuya tasa de urbanización es muy alta, la demanda futura de yuca fresca es incierta. El procesamiento será la clave para aliviar las limitaciones del mercadeo y para entrar a mercados con un potencial de crecimiento sustancial. Sin embargo, para que la yuca se vuelva competitiva en los principales mercados en crecimiento — especialmente el mercado de alimentos para animales y el mercado de harinas compuestas — se requerirán precios a nivel de finca considerablemente más bajos. Dados los rendimientos generalmente bajos en América Latina, se necesitarán tecnologías de producción mejoradas para reducir los costos lo suficiente como para abastecer en forma rentable estos mercados. La explotación de éstos por la yuca le permitirá a los países tropicales de América Latina reducir las grandes importaciones de granos para alimentos animales (y posiblemente de trigo) a un costo mínimo para la economía en el sentido de que la expansión de la yuca utilizará tierras inexploradas y absorberá parte de la mano de obra sin empleo. Sin embargo, cualquier expansión posible en el área cultivada de yuca y cualquier aumento en la productividad para propósitos industriales (principalmente alimentos para animales) no será factible si (1) la nueva tecnología mejorada no llega al nivel del agricultor y si (2) el secamiento, el procesamiento, la utilización y la comercialización no reciben mayor atención en todas partes donde se cultiva yuca, particularmente en América Latina.

La nueva tecnología mejorada deberá llegar al nivel del agricultor, y se deberá prestar más atención a mejorar ciertas prácticas de producción.



Programa de Arroz



Página

Resumen de los Logros	52
Mejoramiento Genético	54
Arroz con Riego	54
Piricularia	54
A. Acumulación piramidal de genes dominantes	55
B. Combinación de características de resistencia horizontal	56
C. Combinación de genes dominantes con componentes de resistencia horizontal	56
D. Retrocruzamientos para la concentración de componentes de resistencia horizontal	57
Precocidad	57
Mejoramiento genético por mutación	57
Arroz de Secano	58
Sistemas de producción de arroz de secano	58
A. Arroz de secano de subsistencia	58
B. Arroz de secano moderada a altamente favorecido .	58
C. Arroz de secano mecanizado, no favorecido	59
Evaluación de materiales segregantes	61
Desarrollo de Prácticas Mejoradas de Manejo	61
Fuentes de Nitrógeno y Formas de Aplicación	61
Requerimientos nutricionales y respuestas a la aplicación de nitrógeno	61
Arroz de secano en suelos con altos niveles de aluminio .	62
Variedades y métodos de siembra en suelos salinos	63
Programa Internacional de Pruebas de Arroz para América Latina	64

EL PROGRAMA de Arroz del CIAT — físicamente el más reducido de los programas de investigación del Centro — tiene responsabilidad regional en el Hemisferio Occidental. Este Programa colabora estrechamente con el International Rice Research Institute (IRRI), con sede en Filipinas, el cual es responsable a nivel mundial por la investigación en arroz. Desde los comienzos del CIAT, la excelente colaboración que se estableció entre el Programa de Arroz y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha permitido un progreso rápido en la adaptación de las nuevas variedades de arroz de alto rendimiento a las condiciones agronómicas y a las preferencias del consumidor de América Latina. Estos esfuerzos colaborativos han resultado en cerca de 35 variedades enanas lanzadas por los programas nacionales en la región. Estas se cultivan ahora anualmente en aproximadamente 1,5 millones de hectáreas, tanto con riego como en secano alta y moderadamente favorecido. Este avance, junto con prácticas culturales mejoradas, han hecho posible obtener un promedio de 1 a 2 toneladas más de arroz por hectárea y han permitido que casi todos los países de América Latina sean autosuficientes en la producción de arroz.

El objetivo del Programa de Arroz es desarrollar tecnología con base en germoplasma, diseñada para superar los principales factores limitativos de una mayor producción de arroz de riego. Otro componente más reciente es el desarrollo de nueva tecnología con base en germoplasma para los ecosistemas de arroz de secano más favorecidos de la región. Para alcanzar este objetivo, mediante mejoramiento varietal se producen líneas con mayor potencial de rendimiento, mejor tolerancia a los factores ambientales adversos y mejor resistencia a enfermedades. Se le da importancia primordial al fortalecimiento de los programas nacionales de investigación en arroz por medio de la capacitación científica, visitas de consulta y apoyo por medio de la red de investigación en arroz, que se ha ido desarrollando en los últimos 15 años.

Las líneas de arroz mejoradas se transfieren a los programas nacionales colaboradores por medio de los viveros internacionales de materiales promisorios. De éstos los países pueden evaluar y seleccionar los materiales más promisorios para la multiplicación directa de semilla y su distribución a los productores de arroz o como materiales parentales en sus propios programas de mejoramiento genético (Figura 1).

RESUMEN DE LOS LOGROS

El Programa de Arroz del CIAT continuó prestando apoyo a los programas nacionales de arroz poniendo a su disposición multitud de materiales genéticos promisorios que se ajustan a sus necesidades agronómicas particulares y a las preferencias de los consumidores de los distintos países. El CIAT preselecciona estos materiales en todo el mundo productor de arroz y en su propio programa de mejoramiento genético. En consulta con sus colaboradores a nivel nacional, el sistema de viveros por el cual se proveen nuevos materiales a los programas nacionales fue objeto de mayor refinamiento para garantizar que los materiales promisorios nuevos se ajusten a las necesidades de determinados países.

La mayor parte del trabajo de mejoramiento estuvo encaminado a obtener resistencia más durable a piricularia, el mayor problema para la

La utilización de nuevas variedades de arroz para condiciones de riego ha hecho posible obtener de 1 a 2 toneladas más de arroz por hectárea y ha permitido a casi todos los países de América Latina hacerse autosuficientes en la producción de arroz.

producción arroceras en la región. Inicialmente el programa centró su atención en una línea nueva particularmente promisoría y altamente tolerante, la 5738. Esta ya ha sido lanzada como nueva variedad por varios países colaboradores.

También en el año 1981 tuvo lugar la iniciación de un modesto esfuerzo de mejoramiento en favor del cultivo en secano. Casi la mitad del arroz que se produce en América Latina se cultiva en secano cuyos rendimientos han permanecido estacionarios. Así sea un pequeño avance en este sector tendrá importantes repercusiones sobre la producción arroceras en América Latina. Hasta el momento se han determinado los limitantes biológicos a la producción de secano, se han fijado las prioridades de investigación, y se han identificado materiales parentales promisorios.

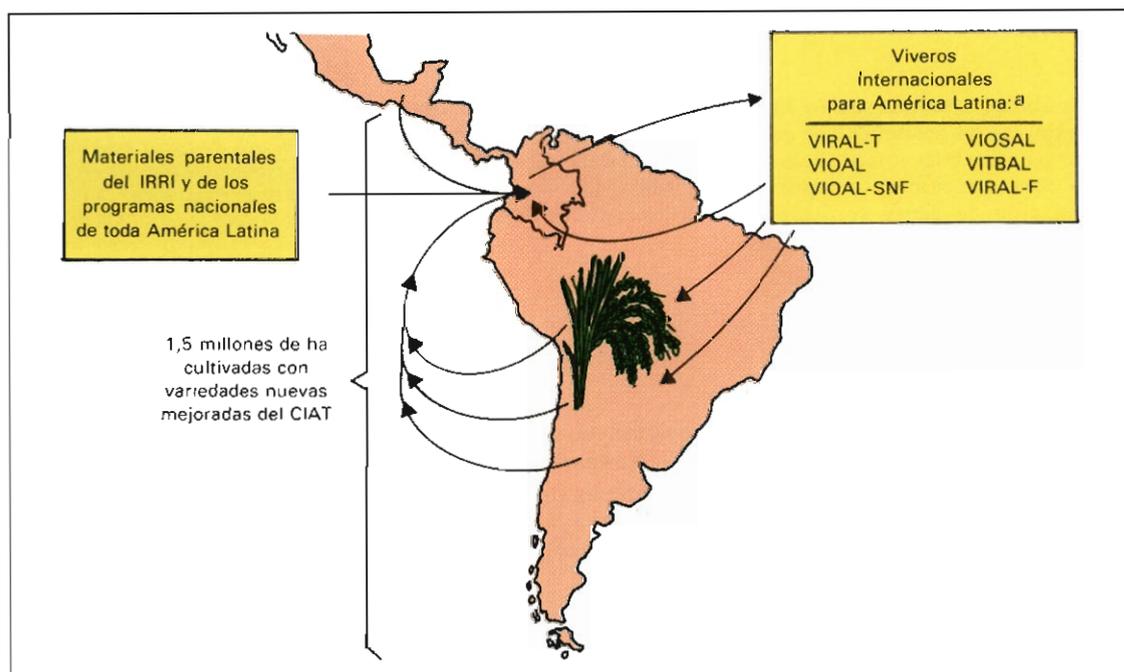


Figura 1. El Programa de Arroz del CIAT recibe germoplasma de los países latinoamericanos y asiáticos (este último por intermedio del IRRI), y evalúa y mejora materiales para ser usados en los viveros internacionales para América Latina. Los países seleccionan semilla de estos viveros, la multiplican, mejoran y distribuyen dentro de sus fronteras. Hoy, 1,5 millones de hectáreas son cultivadas con nuevas variedades mejoradas del CIAT.

- a. VIRAL-T: Variedades de duración intermedia
 VIOAL: Variedades de maduración temprana, intermedia y tardía (con riego o de secano favorecido)
 VIOAL-SNF. Variedades de secano desfavorecido
 VIOSAL Adaptadas a la salinidad y alcalinidad
 VITBAL: Adaptadas a temperaturas bajas
 VIRAL-F: Adaptadas a aguas semiprofundas
- } germoplasma proveniente del IRRI

Mejoramiento Genético

Arroz con Riego

En 1981, continuaron los esfuerzos de mejoramiento genético en arroz con riego haciendo énfasis en la estabilidad del rendimiento y de la producción por medio de variedades mejoradas que combinen buena calidad del grano y resistencia o tolerancia a los principales factores biológicos limitativos. Los mayores problemas en los países de América Latina son la piricularia, causada por *Pyricularia oryzae*, el virus de la "hoja blanca" y el sogata, *Sogatodes oryzicola*. Otras enfermedades perjudiciales incluyen el escaldado de la hoja causado por el *Rhynchosporium oryzae* y el añublo de la vaina causado por *Thanatephorus cucumeris*.

A continuación se presenta un informe sobre el estado actual de los proyectos de mejoramiento de arroz. Los aspectos relacionados con el mejoramiento genético por resistencia a enfermedades reflejan el trabajo interdisciplinario del Programa en mejoramiento genético y patología.

Piricularia. Continúa siendo difícil lograr resistencia duradera a ésta. Para explotar tal posibilidad se utilizan diversas estrategias de mejoramiento genético tales como la acumulación piramidal de genes dominantes, la concentración de componentes de resistencia horizontal, y la combinación de genes verticales con características de resistencia horizontal.



El Programa de Arroz está desarrollando tecnología basada en la utilización de germoplasma la cual está diseñada para superar los principales limitantes a una mayor producción de arroz de riego.

Cuadro 1. Fuentes promisorias de resistencia a piricularia de varios países que en 1981 ingresaron al banco de germoplasma del CIAT para nuevas pruebas.

Cultivar	País de origen	Afectado con	
		Piricularia (%) ^a	Piricularia de la panícula ^b
Ram Tulasi	India	0	0
W.R.C. No. 4		2	0
Sornavari	India	0.4	0
NP-97	India	1.6	0.3
El Golper	U.S.A.	0	0.1
Huan-Sen-Goo	China	0	0.2
DL 12	Bangladesh	0	0.3
Thava Lakkanan	India	0	8.2
Ram Tulasi (Sel)	India	0	9.5
Intan	Indonesia	0.1	15.4

^a Area foliar afectada evaluada 60 días después de la siembra.

^b Severidad de la piricularia de la panícula: 0 = sin enfermedad, 100 = enfermedad extrema.



Para ampliar y diversificar las fuentes de resistencia a piricularia, el Programa de Arroz busca continuamente nuevos donantes potenciales con resistencia. En 1981 se identificaron como fuentes promisorias los materiales presentados en el Cuadro 1, con los cuales está pendiente la realización de pruebas para confirmar su resistencia.

A. Acumulación piramidal de genes dominantes. Como se indicó en informes anteriores, después de extensas evaluaciones de 12 líneas piramidales promisorias, cuatro de ellas (5739, 5685, 5709 y 5715) se seleccionaron para mejor evaluación. A finales de 1981 varios países entre ellos Colombia, recomendaban el lanzamiento de una de ellas, la línea 5739, como nueva variedad. Esta en particular presenta mejor resistencia a la piricularia, mejor calidad de grano y madurez más temprana que la variedad ICA-8, material comercial que ha tenido mucho éxito y que se entregó a los agricultores en 1978 a raíz del esfuerzo colaborativo del CIAT y del ICA.

En ensayos repetidos de rendimiento se evaluaron 16 nuevas líneas piramidales avanzadas en CIAT-Palmira y en la estación La Libertad del ICA en Villavicencio (Colombia), cuyas condiciones ambientales favorecen la selección por resistencia a piricularia. Siete de ellas dieron rendimientos similares a los de la variedad ICA-8. Estas siete líneas avanzadas se están ahora purificando para sus evaluaciones posteriores en ensayos regionales.

De un proyecto de mejoramiento genético que buscó combinar dos fuentes de resistencia a piricularia (Línea 4440 y CICA 7) resultaron aproximadamente 73 líneas genéticas avanzadas las cuales se evaluaron en 1981 en pruebas de rendimiento en CIAT-Palmira. Con base en

Cuadro 2. Desempeño en rendimiento y calidad de grano de ocho líneas genéticas avanzadas seleccionadas para ensayos regionales en Colombia y en los ensayos de la red IRTP en América Latina. Todas las líneas son resistentes al volcamiento, piricularia y *Sogatodes*.

Línea No.	Progenitores ^a	Rendimiento (ton/ha)	Calidad del grano		
			Incidencia de centro blanco ^b	Calidad molinera (%)	
				Grano entero	Total
11377	4440 // Bg 90-2 / CICA 7	8.5	0.2	60	67
11373	4440 // Bg 90-2 / CICA 7	8.4	0.4	55	64
11292	4440 // Bg 90-2 / CICA 7	8.3	0.8	54	70
11589	4440 // Bg 90-2 / Tetep	8.2	0.6	54	65
11295	4440 // Bg 90-2 / CICA 7	8.0	0.8	59	69
11587	4440 // Bg 90-2 / Tetep	8.0	1.0	54	67
11219	CICA 4 // Bg 90-2 / Tetep	8.0	0.8	54	70
7677	4440 // Bg 90-2 / CICA 7	7.9	1.2	60	70
CICA 8 (Control)		8.2	1.0	53	64
Metica 1 (Control)		7.0	0.8	56	64

^a Cruce de Bg 90-2 con segundo progenitor; luego generación F₁ cruzada dos veces con 4440 o CICA 4.

^b Medida en la escala de 0 (=grano sin centro yesoso) a 5 (=grano con centro completamente yesoso) evaluada en ICA-La Libertad, Meta, Colombia, donde las condiciones climáticas favorecen la incidencia de centro blanco

rendimiento potencial, tipo y calidad de grano y resistencia al volcamiento, a piricularia y al Sogata, se seleccionaron 20 líneas para pruebas regionales así como para la red del Programa de Pruebas Internacionales de Arroz de América Latina (IRTP). Las siete mejores líneas entre estas 20 dieron rendimientos mayores de 8 ton/ha en las condiciones del CIAT (Cuadro 2).

B. Combinación de características de resistencia horizontal. Las características de resistencia horizontal comprenden atributos tales como períodos de latencia relativamente prolongados desde la inoculación hasta la infección y desde la infección hasta la esporulación, lesiones más pequeñas y menos numerosas y menor esporulación. Las progenies resultantes del proyecto de mejoramiento genético en marcha y en el cual se están transfiriendo componentes de resistencia horizontal a variedades susceptibles adaptadas ya ha alcanzado a las generaciones F_4 y F_5 y las evaluaciones continúan.

C. Combinación de genes dominantes con componentes de resistencia horizontal. La combinación de resistencia varietal (es decir, de genes dominantes) con componentes de resistencia horizontal (es decir, genes recesivos) es considerada como un mecanismo para aumentar la estabilidad de la resistencia a piricularia. El proyecto de mejoramiento genético que utiliza la variedad Camponi de Surinam como fuente de características de resistencia horizontal y un mutante natural de la línea K8 de Sri Lanka como fuente de resistencia vertical, se encuentra ahora en la



Una de las estrategias de mejoramiento en la lucha contra la piricularia (inserción, izquierda) es la organización piramidal de genes mayores para incluir resistencia a la enfermedad. Una de estas líneas (CIAT 5738) ya ha sido lanzada como nueva variedad en diversos países.

generación F_3 . Más de 900 selecciones F_4 se caracterizaron en su mayoría por un buen tipo de planta, grano largo y tallo duro.

D. Retrocruzamientos para la concentración de componentes de resistencia horizontal. Los fracasos de la resistencia varietal a pircularia con frecuencia se han atribuido a una falla de las variedades en incorporar la totalidad del complemento de factores genéticos de resistencia de sus respectivas fuentes parentales. Muchas de las fuentes con características de resistencia horizontal provienen de tipos de secano de porte alto. Aunque el retrocruzamiento hacia los donantes de porte alto constituye un mecanismo de seguridad adecuado para evitar la dilución genética, se corre el riesgo de llegar hasta la obtención de un tipo de planta improductivo. Se están haciendo esfuerzos para transferir una carga adecuada del complemento genético de las fuentes donantes de porte alto por medio de retrocruzamientos sencillos. El proyecto que incluye cuatro variedades donantes como progenitores recurrentes se complementó con otro proyecto con dos fuentes diferentes de resistencia (es decir, cruzamientos sencillos entre un donante enano y un donante de porte alto seguido por un cruzamiento con un segundo donante distinto). En 1981 se sembraron y cosecharon 24 retrocruzamientos, que comprendieron tres variedades de Surinam y una variedad de Brasil como progenitores recurrentes, con el fin de pasarlos a la generación B_1F_1 . También se sembraron y cosecharon poblaciones F_1 de 21 cruzamientos cruzados en últimas a una segunda fuente parental, con el fin de avanzarlas a la generación F_2 .

Precocidad. Hay varias zonas productoras de arroz importantes en Brasil, Colombia, Panamá y Venezuela que requieren variedades de arroz de madurez precoz (105-115 días) para reducir costos en riego, facilitar el cultivo múltiple y evadir los efectos negativos de temporadas climáticas frías. De un total de aproximadamente 60 líneas genéticas avanzadas provenientes de un proyecto de mejoramiento que busca precocidad, se seleccionaron en 1981 más de 20 líneas para pasarlas a los ensayos regionales. Estas líneas se caracterizaron por su excelente calidad de grano, buen tipo de planta, y por su buena resistencia a pircularia, "hoja blanca" y Sogatodes. Las evaluaciones posteriores de estas líneas permitirán identificar sustitutos para la variedad IR-22, que aunque sigue siendo popular debido a su excelente calidad de grano, es susceptible al virus de la "hoja blanca", moderadamente susceptible al Sogata y carece de vigor temprano, una característica esencial para competir con las malezas.

Mejoramiento genético por mutación. La mayoría de los progenitores donantes de resistencia de amplio espectro (horizontal) a pircularia son de un tipo de planta alto con escasa dureza de tallo, lo cual los hace inadecuados como progenitores recurrentes en retrocruzamientos. La reducción del tamaño de dichos donantes de porte alto por medio de radiación debe eliminar tales limitaciones. Mediante un proyecto colaborativo de mejoramiento genético por mutación con la International Atomic Energy Commission en Viena, se seleccionaron 83 tipos enanos de las líneas Tetep, Tadukan, Moroberekan, OS-6, IAC-25 y Tapuripa. Su altura va desde el tipo enano típico al tipo intermedio. Los tipos enanos seleccionados, junto con sus progenitores, están siendo evaluados por su resistencia a pircularia. Durante 1981, se seleccionaron y evaluaron 112 mutantes enanos adicionales de MI-48, Colombia 1, PI184675, Carreon, Bahagia y una variedad de arroz de aguas profundas.

El mejoramiento por precocidad resultó en la selección de 20 líneas avanzadas para ensayos regionales en Brasil, Colombia, Panamá, y Venezuela.

Arroz de Secano

Más del 70 por ciento del área total dedicada al arroz en América Latina se encuentra sembrada en arroz de secano. Aunque aproximadamente cuatro quintas partes del total del área de secano se encuentran en Brasil, también hay áreas importantes en México y en la mayor parte de América Central, como también en Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela. El rendimiento de 1.4 ton/ha del arroz de secano es muy bajo.

Reconociendo la importancia del arroz de secano en la región, y la contribución potencial de un esfuerzo concertado de investigación, el CIAT incluyó este sector en su programa de mejoramiento genético. A principios de 1981 ingresó al Programa de Arroz un fitomejorador en arroz de secano, y se añadirán otras disciplinas en la medida en que lo permita la situación financiera.

Sistemas de producción de arroz de secano. El arroz de secano en América Latina abarca una amplia sucesión de ecosistemas, que van desde niveles de productividad muy bajos hasta niveles de productividad moderadamente elevados. Aunque es difícil separar estos ecosistemas, el CIAT ha optado por las siguientes definiciones de trabajo de los sistemas de producción de secano con el fin de aludir a diferentes factores limitativos del rendimiento, productividad potencial, objetivos de mejoramiento genético, prioridad y rentabilidad económica:

- subsistencia;
- mecanizado, de moderada a altamente favorecido; y
- mecanizado, desfavorecido.

A. Arroz de secano de subsistencia. Este sistema de producción está localizado en áreas remotas y en la frontera agrícola. No utiliza mecanización ni insumos comprados. Sus principales factores limitantes son la dependencia total de la mano de obra familiar lo cual limita el tamaño de la finca, requiere un amplio espaciamiento entre plantas y la utilización de variedades nativas e impide el uso de insumos comprados. El CIAT no hace investigación en este sistema de producción por el momento puesto que considera que su contribución a la producción de arroz sería menor.

B. Arroz de secano moderada a altamente favorecido. El arroz de secano altamente favorecido se encuentra en áreas relativamente planas con buena distribución de la precipitación de más de 2000 mm durante un período de 6 a 8 meses. Los suelos son por lo general aluviales, de acidez ligera a moderada y bien drenados. Los principales factores que limitan el rendimiento incluyen las malezas gramíneas, piricularia, el escaldado de la hoja y el volcamiento de algunas variedades. Las variedades enanas modernas se comportan bien en este sistema de producción.

El arroz de secano moderadamente favorecido se encuentra en América Central y en amplias zonas de la subamazonia brasileña; presenta una estación lluviosa más corta, menor precipitación y un período seco corto durante la estación lluviosa. En algunas áreas, los suelos son un poco menos fértiles que en las áreas de arroz de secano altamente favorecido. Las variedades enanas son adecuadas para América Central; en Brasil, donde el estrés por sequía y las deficiencias minerales son más severas, predomina el uso de variedades de porte alto. Los principales factores que limitan la producción en este sistema son piricularia, escaldado de la hoja, deficiencia de minerales y las malezas gramíneas.

Los objetivos del mejoramiento genético del CIAT para las condiciones de secano altamente favorecido son en alguna forma similares a los de



El arroz de secano favorecido se cultiva en suelos aluviales profundos y fértiles en América Central. Las variedades de arroz con ralcos que puedan penetrar el suelo a mayores profundidades son preferidas porque aprovechan la humedad disponible del suelo y aguantan fácilmente las sequías.



El aumento de la producción en el sector de pequeños agricultores de arroz de secano aportará un considerable incremento a la producción total de arroz en América Latina.

En vista de la importancia del arroz de secano en América Latina, y la contribución potencial de la investigación concertada, el CIAT incluyó este sector en su programa de mejoramiento genético.

las condiciones de riego; es decir, un alto potencial de rendimiento en plantas de porte intermedio, buen vigor precoz y capacidad de macollamiento intermedia, tolerancia a las principales plagas y enfermedades, granos largos y pesados, contenido intermedio de amilosa, buena calidad de consumo y molinería y madurez a los 115 - 125 días.

Un sistema de producción de arroz de secano moderadamente favorecido de interés inmediato para el CIAT es el de las sabanas ácidas de alta precipitación en Colombia y Venezuela. Los principales objetivos del mejoramiento genético para este sistema son un rendimiento potencial moderado de 2 a 3 ton/ha, rendimientos estables (prestándole atención particular a la tolerancia a piricularia, toxicidad de aluminio, deficiencia de fósforo, escaldado de la hoja y Sogatodes), altura de planta intermedia, buena capacidad de macollamiento, sistema radical profundo y buena calidad de consumo y molinería.

C. Arroz de secano mecanizado, no favorecido. Este sistema de producción en los Cerrados (Brasil central) se caracteriza por suelos infértiles, precipitación irregular y escasa, bajas densidades de siembra y bajos rendimientos promedios (aproximadamente 1 ton/ha). El estrés causado por la sequía y la incidencia de piricularia son factores que se agravan aún más por problemas derivados de los suelos altamente ácidos, caracterizados por la toxicidad de aluminio y/o deficiencias de fósforo y zinc. El CIAT no tiene planes inmediatos de investigación en este sistema de producción.

La Producción de Arroz en América Latina

El arroz es un alimento básico en América Latina y El Caribe. En la temporada de crecimiento de 1979-80, la región produjo aproximadamente 15 millones de toneladas lo cual corresponde a aproximadamente 30 kilos de arroz blanco per capita. Las importaciones netas de la región siguen siendo insignificantes. El gigante de los países productores de arroz de la región es Brasil, el cual responde por 57 por ciento de la producción total. Cuatro países de la región andina —Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela— contribuyen con el 22 por ciento de la producción total de la región. Por consiguiente, estos cinco países responden por las cuatro quintas partes del total de la producción de arroz de la región.

El área sembrada con arroz cubre 7.6 millones de hectáreas, con 5.5 millones en arroz de secano y 2.1 millones con riego. Sin embargo, como la productividad promedio del arroz secano no supera 1.4 ton/ha, la contribución de este sector a la producción total es de solamente un 52 por ciento. Los rendimientos en el sector con riego

varían entre 2.1 y 5.4 ton/ha con un promedio de 3.5 ton/ha.

Las variedades mejoradas de alto rendimiento se cultivan aproximadamente en un 80 por ciento del área dedicada al arroz con riego y han constituido el factor principal de aumento de su productividad en la región. El sector de arroz de secano —en donde las variedades de alto rendimiento son apenas marginalmente adecuadas— aún se encuentra cultivado en gran parte con variedades tradicionales.

Considerando la región globalmente, el consumo de arroz per cápita ha permanecido relativamente estable durante los últimos 15 años, aunque se han registrado aumentos en Bolivia, Colombia, República Dominicana, Guatemala, Haití, Paraguay y Uruguay. En años recientes, el crecimiento de la población y del ingreso en el área ha generado un aumento anual del 3.5 por ciento para la demanda de arroz. Para mantenerse al ritmo de la demanda, el área sembrada con arroz ha ido aumentando a una tasa de aproximadamente 2.4 por ciento, la cual, junto con una mayor

productividad, ha asegurado una tasa anual de crecimiento de la producción del 3.3 por ciento. Sin embargo, las contribuciones relativas a la mayor producción de arroz por aumento tanto en el área como en la productividad han sido muy variables y específicas para los países.

Utilizando parámetros conservadores, se estima que para el año 2000 la demanda de arroz en la región ascenderá a 30 millones de toneladas por año. Con base en un análisis de las tendencias actuales de la producción y sus implicaciones para el futuro, como también en una evaluación de la contribución de mayores desarrollos tecnológicos durante lo que resta de este siglo, y suponiendo que la nueva tecnología de producción y las políticas gubernamentales en apoyo del arroz de secano favorecido traerán consigo un cambio significativo en su importancia relativa, el Programa de Arroz del CIAT ha concluido que la región permanecerá relativamente autosuficiente en producción de arroz durante el período en consideración.

Indicadores actuales (1979-1980) y proyectados (año 2000) de la producción de arroz en América Latina y El Caribe.

Sistemas de producción	Área (millón/ha)		Rendimientos (ton/ha)		Producción (millón/ton)	
	1980	2000	1980	2000	1980	2000
Con riego	2.1	2.3	3.5	5.0	7.3	11.5
De tierras bajas	0.6	0.6	2.6	3.0	1.6	1.8
Secano						
Favorecido	1.3	2.6	2.1	3.0	2.7	7.8
No favorecido	3.6	5.8	1.0	1.0	3.6	5.8
Total	7.6	10.0	2.0	2.1	15.2	26.9

Evaluación de materiales segregantes. Durante los últimos años, el programa colaborativo de mejoramiento genético de arroz del ICA/CIAT ha adelantado un gran número de cruzamientos con variedades de secano para desarrollar materiales aptos para cultivo en condiciones de secano como de riego. Algunas de las variedades de secano utilizadas incluyeron IRAT 8, IRAT 13, Línea 63-83, Moroberekan, OS-6, Azucena, IAC 23 e IAC 25. Las progenies de estos cruzamientos se evaluaron en Villavicencio en condiciones de secano y alta presión de enfermedades (es decir, piricularia del cuello de la panícula, escaldado de la hoja y el *Helminthosporium*). En 1981 se evaluaron 42 poblaciones F₄ y se hicieron más de 700 selecciones de plantas individuales entre 27 de estas poblaciones. Estas selecciones se sembrarán en 1982 en parcelas de tres hileras y se evaluarán por su calidad de grano, resistencia a Sogatodes y piricularia y características de la planta. Además, se sembraron y seleccionaron masalmente un gran número de poblaciones de generaciones tempranas.

Al mismo tiempo, se evaluaron en ensayos repetidos en condiciones de secano favorecido cerca de 150 líneas avanzadas del proyecto de mejoramiento genético de arroz con riego. Con base en la incidencia de enfermedades, la calidad del grano, el tipo de planta y el vigor, se identificaron 32 líneas promisorias (Cuadro 3).

Desarrollo de Prácticas Mejoradas de Manejo

Fuentes de Nitrógeno y Formas de Aplicación

Hay evidencias preliminares de que se necesita aplicar una cantidad significativamente menor de úrea revestida de azufre que de otras formas de fertilizantes nitrogenados para obtener los mismos rendimientos.

En la mayoría de los suelos utilizados para la producción de arroz en América Latina, hay una respuesta marcada en el rendimiento a la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, el alto costo de dichos fertilizantes exige la identificación de fuentes y métodos de aplicación más eficientes. Los resultados de experimentos realizados en 1981 con diferentes formas de úrea (es decir, granulada corriente, grado forestal, supergránulos y revestida con azúfre) y sulfato de amonio muestra diferentes ventajas de la forma revestida con azufre tanto en sistemas de producción de arroz secano como con riego cuando la dosis completa de nitrógeno se aplica al momento de la siembra. Cuando se aplicó un tercio del nitrógeno al momento de la siembra y dos tercios al iniciarse el crecimiento de la panícula, todas las fuentes de nitrógeno fueron igualmente efectivas. Sin embargo, hay evidencias preliminares de que con este método de aplicación se requiere una cantidad significativamente menor de úrea recubierta con azufre para alcanzar los mismos rendimientos que con las otras formas de fertilizantes nitrogenados.

Requerimientos nutricionales y respuestas a la aplicación de nitrógeno. Se adelantó una serie de experimentos para establecer los requerimientos nutricionales y la respuesta a la aplicación de nitrógeno de cuatro variedades (CICA 4, CICA 8, METICA 1 y METICA 2) y de cuatro líneas promisorias (5738, 5685, 5715 y 5709). El orden de los requerimientos de elementos mayores y menores en los materiales evaluados es silicio, nitrógeno, potasio, calcio, fósforo, magnesio y azúfre, hierro, manganeso, zinc, boro y cobre.

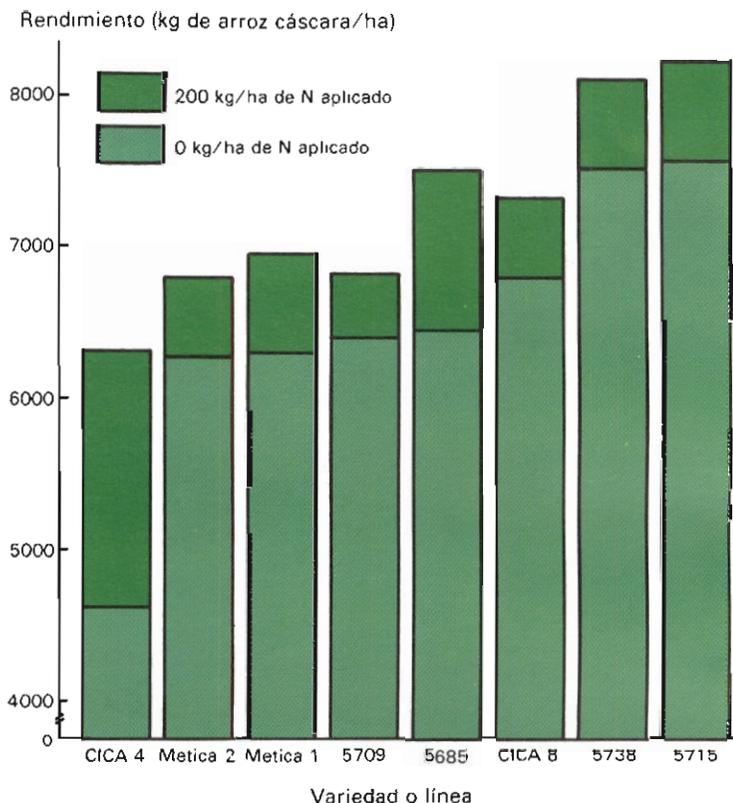


Figura 2. Diversas líneas de arroz del CIAT presentaron rendimientos relativamente altos sin la aplicación de fertilizante nitrogenado; otras presentaron tasas de respuesta variable a la aplicación de nitrógeno. El Programa de Arroz busca variedades que combinen altos rendimientos sin la aplicación de N y una respuesta aceptable a la aplicación de éste.

Una comparación de los rendimientos con y sin la aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno (Cuadro 4) mostró rendimientos relativamente altos sin la aplicación de fertilizantes nitrogenados y tasas variables de respuesta al nitrógeno aplicado, oscilando entre 2.13 kg de arroz por cada kilogramo adicional de nitrógeno aplicado (Línea 5709) y 8.44 kg (CICA 4).

Arroz de secano en suelos con altos niveles de aluminio. Se compararon dos variedades tradicionales adaptadas a los suelos ácidos en condiciones de secano (Monolaya, una variedad colombiana de porte alto, e IAC 25, una variedad brasileña alta) con dos variedades modernas adaptadas a los suelos ácidos en condiciones de riego (CIAT 8 y METICA 1). Monolaya e IAC 25 demostraron ser muy superiores en términos de su desarrollo radical y tolerancia a la sequía al cultivarlas en condiciones de secano de suelo ácidos (Figura 2); por consiguiente, se identificaron como candidatas promisorias para un programa de cruzamiento dirigido a sistemas de producción en suelos ácidos con altos niveles de aluminio, bajos niveles de fósforo y calcio y condiciones de manejo de labranza mínima.

Variedades y métodos de siembra en suelos salinos. Ciertos suelos en zonas arroceras tienen alto contenido de sales de sodio que los inhabilitan para uso agrícola. Sin embargo, se pueden sembrar con arroz cuando se están lavando las sales. Con el propósito de comparar el rendimiento de seis variedades de arroz cultivadas en suelos salinos, se hizo un experimento, que además consideró el mejor método de siembra, comparando la siembra directa con la semilla pregerminada, y tres edades de trasplante. La fecha de éste se seleccionó evitando el alto contenido salino en los suelos para que no afectara las primeras etapas de desarrollo de la planta, durante las cuales su susceptibilidad es mayor. Antes de trasplantarlas, las plántulas se tuvieron en un semillero con suelo normal.

Se encontró que trasplantar el arroz en una etapa avanzada de desarrollo es un método adecuado para suelos salinos cuando éstos están siendo desalinizados. También se encontró que algunas variedades son más tolerantes que otras a la salinidad. Todas las probadas (excepto Pokkali) rindieron mejor cuando se trasplantaron a los 45 días (Figura 4).

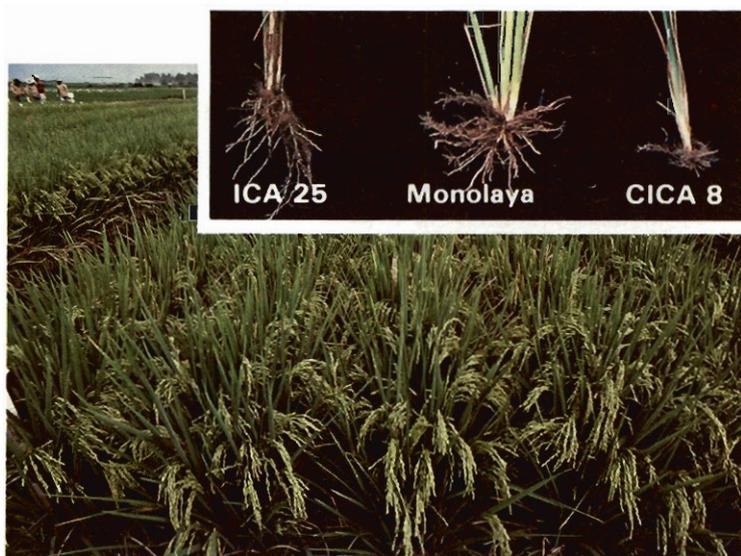


Figura 3. Las variedades adaptadas a los suelos ácidos en condiciones de sequo (Monolaya e IAC 25) fueron superiores a las variedades adaptadas a los suelos con riego (CICA 8 y Metica 1) en términos de su desarrollo radical. Se recomendó utilizar estas variedades en los programas de cruzamiento para obtener líneas para las condiciones de sequo.

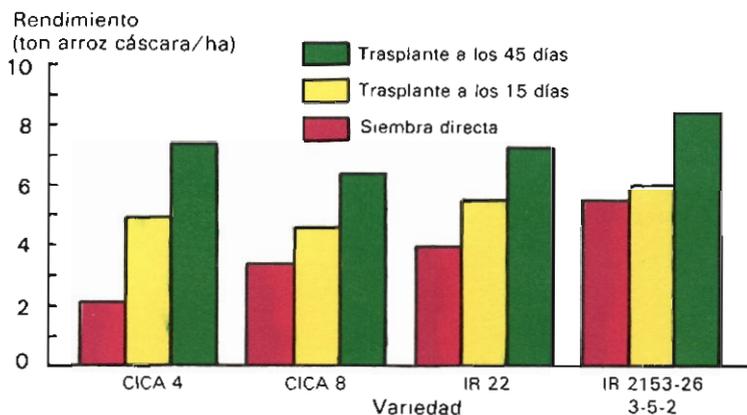


Figura 4. El trasplante del arroz a los 45 días de edad en suelos salinos dió mejores rendimientos que el trasplante temprano o la siembra directa.

Programa Internacional de Pruebas de Arroz para América Latina

Este programa forma parte del programa a nivel mundial de Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP) coordinado por el IRRI. En 1980, el CIAT recibió 1600 entradas del IRRI para su evaluación, selección y distribución. Estos viveros se evaluaron en CIAT-Palmira a principios de 1981 por su resistencia a Sogatodes, calidad de grano, tipo de planta y volcamiento. Se seleccionaron 358 entradas promisorias para su inclusión en los viveros del IRTP de 1981 para América Latina. Además se adicionaron 264 líneas promisorias de viveros previamente distribuidos y 67 entradas del programa de mejoramiento colaborativo CIAT-ICA.

Estos materiales promisorios se organizaron en 14 viveros (8 viveros de rendimiento y 6 viveros de observación), y 297 juegos se distribuyeron a colaboradores de 24 países de América Latina y El Caribe.

Los colaboradores a nivel nacional valoran los viveros de IRTP como un medio para obtener nuevas líneas promisorias que han sido preseleccionadas y organizadas en paquetes que satisfacen las necesidades particulares de determinados ambientes de producción de arroz. Como se muestra en el Cuadro 5, 19 países han seleccionado un número relativamente grande de líneas de los viveros del IRTP de 1980 para América Latina para pruebas de rendimiento o para sus programas de hibridación.

Durante una reunión de trabajo del IRTP en agosto de 1981, un total de 39 delegados provenientes de 18 países colaboradores analizaron las cinco actividades del IRTP en la región durante los últimos años y llegaron a las siguientes conclusiones, entre otras:

- Aunque los materiales provenientes de Asia presentan variabilidad genética y alto rendimiento potencial, su utilización en América Latina está restringida a áreas ecológicas limitadas, por lo cual se requieren criterios más estrictos para la selección de materiales potencialmente útiles en la región.
- El Programa de Arroz del CIAT ya tiene disponibles muchos materiales avanzados para satisfacer la mayor parte de las necesidades de los programas nacionales de la región.
- Muchos programas nacionales han progresado hasta el punto en el cual ya tienen disponibles materiales que pueden compartir con otros programas nacionales por medio de la red del IRTP.

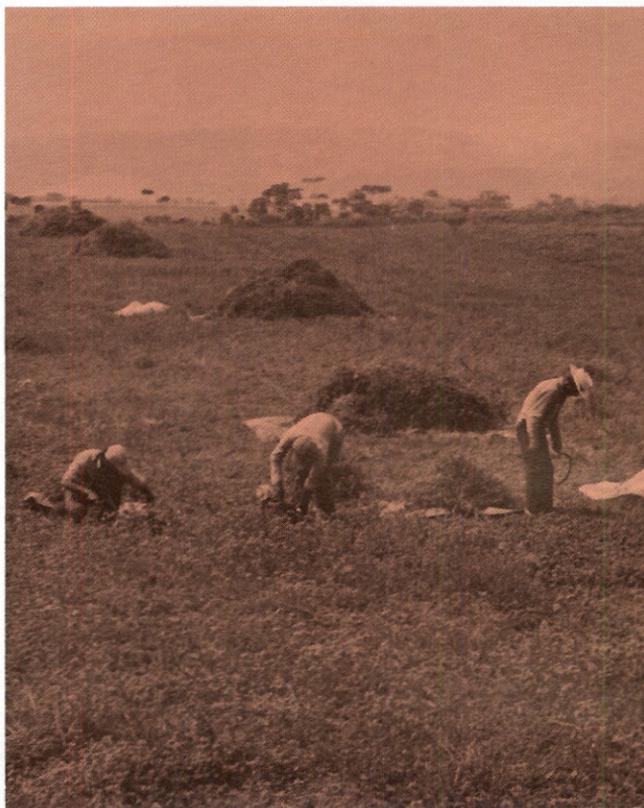
Se acordó que, a partir de 1982, el IRTP para América Latina debería estar compuesto por los siguientes viveros:

- *Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz con variedades de duración intermedia*, para sembrarlo en condiciones de riego y secano favorecido.

Cuadro 3. **Número de líneas de arroz seleccionadas de los viveros para América Latina del IRTP de 1980 para ensayos de rendimiento en los países o programas de hibridación.**

País	No. entradas seleccionadas para:	
	Ensayos rendimiento	Hibridación
Argentina	2	0
Bolivia	3	0
Brasil	7	24
Chile	0	5
Colombia	0	38
Costa Rica	44	0
República Dominicana	13	0
Ecuador	19	0
El Salvador	4	0
Guatemala	9	0
Haití	10	0
Honduras	50	0
Jamaica	24	0
México	5	4
Nicaragua	2	0
Panamá	6	6
Perú	7	2
Uruguay	0	8
Venezuela	46	12
Total	251	109

- *Vivero Internacional de Observación*, para incluir entradas promisorias de madurez precoz, intermedia y tardía; resistencia a las principales enfermedades de la región; y tolerancia a los suelos ácidos. El vivero se puede sembrar en condiciones de riego o en condiciones de secano favorecido.
- *Vivero Internacional de Observación para ecosistemas de secano no favorecido*, para incluir materiales provenientes de Asia, África, Brasil y otras regiones, como también algunos materiales del CIAT.
- *Viveros Específicos*, para incluir viveros para condiciones de baja temperatura, salinidad/alcalinidad y aguas semiprofundas.



Programa de Pastos Tropicales



Página

Resumen de los Logros	71
Evaluación de Germoplasma	73
Recolección de Germoplasma.....	73
Evaluación del Germoplasma en los Ecosistemas	74
Sabanas isohipertérmicas bien drenadas	75
A. Evaluación de gramíneas.....	75
B. Evaluación de leguminosas	75
Sabanas isotérmicas bien drenadas	77
A. Evaluación de gramíneas.....	77
B. Evaluación de leguminosas	78
Ensayos Regionales	79
Evaluación del Manejo de Pasturas.....	81
Interacción Suelo-Planta	81
Evaluación de <i>Rhizobium</i>	81
Requerimientos nutricionales	81
Reciclamiento de nutrimentos en pasturas	82
Reemplazo de sabana.....	84
Vigor de las plántulas en <i>Stylosanthes capitata</i>	85
Calidad de las Pasturas	86
Utilización de Pasturas	87
Pasturas puras de gramíneas.....	87
Banco de proteína a base de leguminosas.....	87
Asociaciones de gramíneas/leguminosas	87
Evaluación de Pasturas en Sistemas de Producción.....	90
Seguimiento de los Sistemas de Producción Imperantes ..	90
Integración de Estrategias de Producción Ganadera	91
Implicaciones Económicas del Uso de Pasturas Mejoradas	92

CERCA de 850 millones de hectáreas, equivalentes al 42% de la extensión de tierra en América tropical, están constituidas por suelos ácidos e infértiles (oxisoles y ultisoles), la tercera parte de los cuales son sabanas. Es para estos extensos recursos de tierra aún subutilizados que el Programa de Pastos Tropicales del CIAT está desarrollando tecnología de producción de pastos. La meta es lograr una mayor producción de ganado, con la expectativa de que el desarrollo infraestructural resultante servirá para habilitar estos recursos de tierra para la agricultura en general. A su vez, se espera contribuir a la mayor disponibilidad de proteínas en las dietas de las gentes en los países de América tropical, donde las familias de ingresos tanto altos como bajos gastan una porción significativa de su presupuesto para alimentos en carne y productos lácteos.

En las regiones de suelos ácidos e infértiles de América tropical, la productividad y la carga animal han sido tradicionalmente bajas. La carga animal promedio en las sabanas es de 0.12 animales/ha; y la productividad animal, aun en la sabana nativa mejor manejada, es de solamente 95 kg de ganancia de peso vivo por animal y por año. El factor que más limita una mayor producción es la falta de pasturas de alto rendimiento adaptadas a las difíciles condiciones edáficas y bióticas que puedan proporcionarle a los animales una dieta energética y proteínica balanceada durante todo el año.

Reconociendo que la nutrición es la clave para una mejor producción de ganado de carne en las sabanas, el Programa de Pastos Tropicales concentra sus esfuerzos en el desarrollo de tecnología de pastos de bajo costo y bajo nivel de insumos, adaptada a las condiciones ecológicas prevalecientes y compatible con las operaciones agrícolas en las diferentes regiones. El Programa busca lograr este objetivo por medio de:

- la selección de germoplasma de pastos adaptados a los factores limitativos edáficos y ambientales y tolerante a las plagas y enfermedades prevalecientes;
- la incorporación de tales materiales en pasturas persistentes y productivas a base de leguminosas;
- la integración de la tecnología mejorada de pastos en sistemas de producción animal biológica y económicamente eficientes.

Como se describió en informes anteriores, el Programa de Pastos Tropicales ha clasificado las regiones de suelos ácidos e infértiles de América Tropical en cinco ecosistemas distintos, utilizando parámetros tales como el clima, la topografía y los suelos:

- sabanas isohipertérmicas bien drenadas, como las representadas por los "Llanos";
- sabanas isotérmicas bien drenadas, como las representadas por los "Cerrados";
- sabanas mal drenadas;
- bosques estacionales semisiempreverdes;
- bosques húmedos tropicales.

Este sistema de clasificación sirve de base para el diseño de la investigación que busca mejorar las tecnologías de producción. Debido a las interacciones marcadas entre las pasturas, el germoplasma y los ecosistemas, el desarrollo de pastos tropicales se genera teniendo en cuenta las características de cada ecosistema. Hasta la fecha, el Programa se ha concentrado primordialmente en las sabanas bien drenadas y mantiene equipos de investigación en cada uno de los ecosistemas que representan

El propósito es desarrollar tecnología de producción de pastos de bajo costo y bajo nivel de insumos, adaptada a las condiciones ecológicas y compatible con las operaciones agrícolas en diferentes regiones.

En las sabanas: en el ecosistema de los "Llanos", en el Centro de Investigación en Carimagua, una estación manejada conjuntamente por el ICA y el CIAT; y en el ecosistema de los "Cerrados", en el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), una estación de investigación de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) localizada cerca de Brasilia. En los tres ecosistemas restantes, y dentro de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, los programas nacionales y el Programa de Pastos Tropicales del CIAT mantienen un sistema extensivo de ensayos regionales para la evaluación de germoplasma de pastos.

De conformidad con la secuencia de actividades por medio de las cuales el Programa busca cumplir su objetivo, aquel está organizado en tres unidades de investigación interdisciplinaria:

- evaluación de germoplasma;
- evaluación del manejo de pasturas;
- evaluación de pasturas en sistemas agropecuarios.

La unidad de germoplasma concentra su atención en la selección, la caracterización y el desarrollo de leguminosas y gramíneas adaptadas a las condiciones ambientales y a las plagas y enfermedades prevalentes. La unidad de evaluación de pasturas conforma diversas combinaciones de leguminosas y gramíneas y las prueba con prácticas alternativas de manejo. La unidad de sistemas agrícolas analiza los sistemas de producción pecuaria prevalentes y define los componentes de pasturas requeridos para corregir factores críticos de la producción en un sistema



La investigación en pastos tropicales enfatiza las tecnologías mejoradas de producción de pastos para cinco ecosistemas diferentes, los cuales constituyen la más grande frontera agrícola en la América tropical. La foto muestra un tipo de Llanos llamado "Serranía".

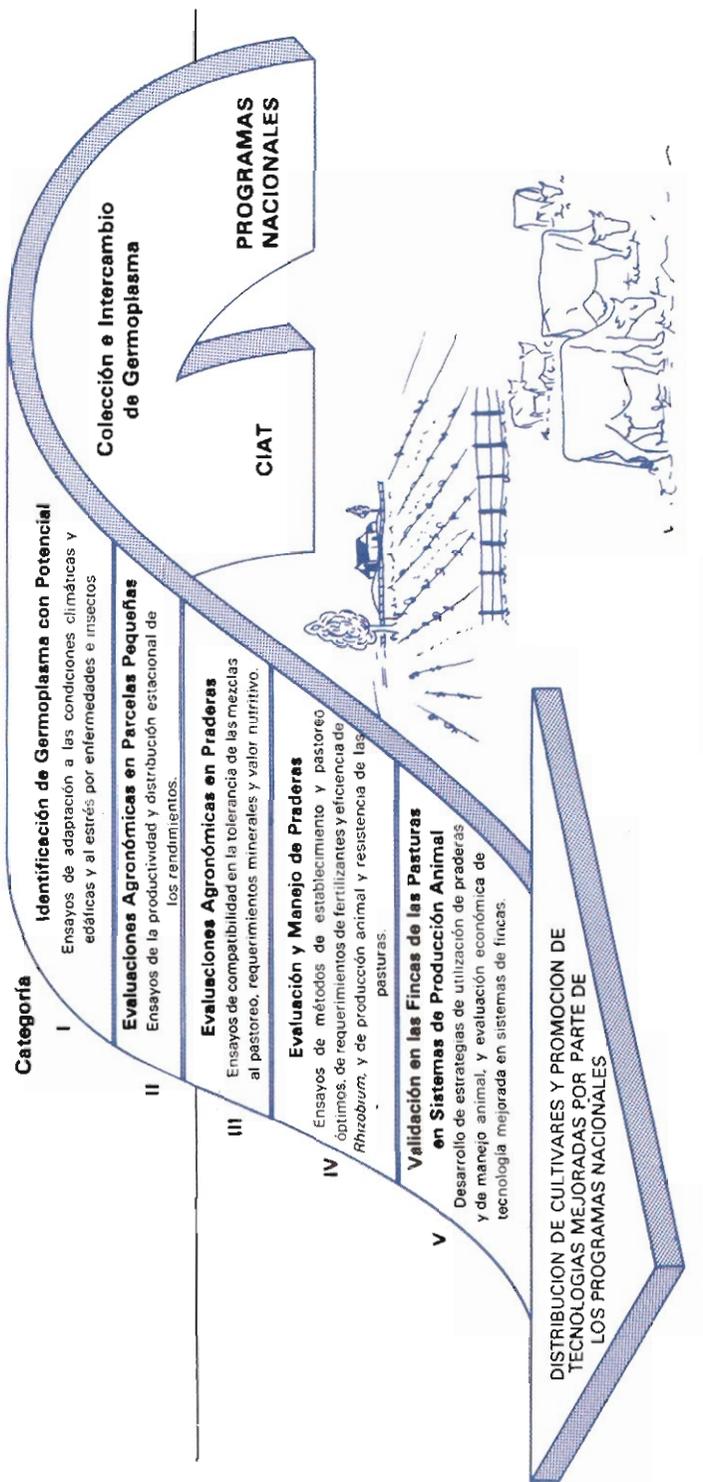


Figura 1. Fases de la selección, evaluación, desarrollo y distribución del germoplasma de pastos tropicales en el CIAT y en los programas nacionales. El número de accesiones de germoplasma que pasa la multitud de pruebas es cada vez más reducido.

agropecuario determinado; también evalúa el impacto potencial de tecnologías alternativas en la productividad del sistema. Dicha información se utiliza continuamente como base para todas las actividades de desarrollo tecnológico del Programa.

Una vez recolectados el germoplasma y luego de su primera evaluación y de la multiplicación inicial de semilla, los materiales se envían a cada ecosistema para su selección por adaptación a las condiciones climáticas y edáficas, como también para pruebas de tolerancia a enfermedades y plagas. Las accesiones promisorias se seleccionan posteriormente para ensayos de establecimiento y manejo de pasturas y para su evaluación en ensayos de pastoreo. Los pastos más promisorios entran a evaluaciones en sistemas reales de producción.

Las siguientes son las categorías de evaluación de germoplasma del Programa (Figura 1):

- I. Identificación de germoplasma con potencial
- II. Evaluación agronómica en parcelas pequeñas
- III. Evaluación agronómica de pasturas
- IV. Evaluación y manejo de pasturas
- V. Evaluación de pasturas en sistemas de producción

El número de accesiones de germoplasma que pasa esta multitud de pruebas consecutivas de evaluación se reduce progresivamente de aproximadamente 1000 en la Categoría I a 5 en la Categoría V.

RESUMEN DE LOS LOGROS

El trabajo intensivo en evaluación de germoplasma que adelantó el Programa de Pastos Tropicales en 1981 ha permitido el avance continuo de un número relativamente grande de accesiones hacia las categorías más altas. En 1981, 45 accesiones (24 en Carimagua y 21 en Brasilia) pasaron las pruebas más estrictas para promoverlas a las categorías de evaluación en condiciones de pastoreo (es decir, las Categorías III, IV y V). El Cuadro 1 presenta las accesiones de germoplasma que se encuentran actualmente en las Categorías III, IV y V, en las sabanas bien drenadas tanto isohipertérmicas como isotérmicas.

En las sabanas isotérmicas drenadas (Cerrados), 1981 fue el primer año en el que llegaron leguminosas a la Categoría IV (es decir, evaluación de alternativas de manejo en ensayos grandes de pastoreo). Las sabanas isohipertérmicas bien drenadas (Llanos) presentan varias accesiones de gramíneas y leguminosas en las Categorías IV y V.

Después de que las instituciones de investigación de Colombia y Brasil lanzaran la gramínea *Andropogon gayanus* CIAT 621 en sus respectivos países, FONAIAP, la institución nacional de investigación agrícola de Venezuela, está ahora en proceso de lanzar esta accesión para los Llanos de Venezuela. A finales de 1981 el CIAT estaba produciendo 1500 kg de semilla básica de *A. gayanus* para apoyar a FONAIAP en este esfuerzo.

A finales de 1981, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) estaba considerando la adopción y promoción de la tecnología desarrollada conjuntamente con el CIAT consistente en el uso de *Pueraria phaseoloides* como leguminosa acompañante de *A. gayanus* y *Brachiaria decumbens*.

En 1981, 45 accesiones pasaron las pruebas más estrictas para promoverlas a las categorías de evaluación en condiciones de pastoreo.

Cuadro 1. Germoplasma promisorio de pastos en evaluación avanzada para los lecosistemas de sabana bien drenada, a diciembre 1981.

Sabanas bien drenadas isohipertérmicas (Llanos)			Sabanas bien drenadas isotérmicas (Cerrados)		
Categoría	Especie	No. entradas	Categoría	Especie	No. entradas
Leguminosas					
V	<i>Desmodium ovalifolium</i>	1	V	Ninguna	
	<i>Pueraria phaseoloides</i>	1			
	<i>Stylosanthes capitata</i>	6	IV	<i>Stylosanthes capitata</i>	2
				<i>S. macrocephala</i>	1
				<i>S. guianensis</i> "tardío"	1
IV	<i>Centrosema brasilianum</i>	1			
	<i>C. macrocarpum</i>	1			
	<i>Stylosanthes capitata</i>	2	III	<i>Centrosema</i> sp.	1
	<i>S. macrocephala</i>	1		<i>C. brasiliensis</i>	1
				<i>C. macrocarpum</i>	5
III	<i>Centrosema</i> sp.	1		<i>Stylosanthes capitata</i>	2
	<i>C. arenarium</i>	1		<i>S. macrocephala</i>	5
	<i>C. macrocarpum</i>	1		<i>S. guianensis</i> "tardío"	7
	<i>Codariocalyx gyroides</i>	1		<i>Zornia</i> sp.	1
	<i>Desmodium canum</i>	1		<i>Z. brasiliensis</i>	1
	<i>D. ovalifolium</i>	2			
	<i>Stylosanthes capitata</i>	2	Gramíneas		
	<i>S. guianensis</i> "tardío"	4	V	Ninguna	
	<i>S. leiocarpa</i>	1			
	<i>S. macrocephala</i>	1	IV	Ninguna	
	<i>Zornia</i> sp.	1			
	<i>Z. brasiliensis</i>	2	III	<i>Brachiaria brizantha</i>	2
	<i>Z. latifolia</i>	1		<i>Panicum maximum</i>	3
Gramíneas					
V	<i>Brachiaria humidicola</i>	1			
IV	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	1			
III	<i>Andropogon gayanus</i>	4			
	<i>Brachiaria brizantha</i>	3			

Hay otras leguminosas que están ahora en la etapa final de la evaluación, y los programas nacionales están interesados en su lanzamiento comercial. Este será un paso fundamental hacia la superación de los factores limitativos críticos de la calidad del forraje para producción animal en las sabanas tropicales de América Latina.

Evaluación de Germoplasma

Recolección de Germoplasma

La mayoría de los materiales de germoplasma en la colección de pastos tropicales del CIAT son accesiones de especies silvestres no domesticadas. Muchas de las especies son desconocidas desde el punto de vista agronómico, y algunas son inclusive nuevas desde el punto de vista taxonómico. Con la adición de 1500 accesiones en 1981, la colección de germoplasma aumentó a 8635 entradas (Figura 2). Como en años anteriores, la gran mayoría de los materiales nuevos (un total de 1175 accesiones en 1981) se obtuvo durante expediciones de recolección por regiones que son representativas o, por lo menos, relacionadas, con los ecosistemas de interés para el Programa. En sus esfuerzos por ampliar la base genética de gramíneas africanas, el Programa obtuvo una colección importante de aproximadamente 100 accesiones de *Brachiaria* spp. y de *A. gyanus* proveniente del Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia. En lo que respecta a leguminosas, se recibió una valiosa colección del Centro Nacional de Recursos Genéticos de Brasil (CENARGEN/EMBRAPA). Hoy día, cerca de 1000 accesiones del banco de germoplasma del CIAT pertenecen a "especies clave", es decir, a aquellas entre las cuales ya se han identificado líneas altamente promisorias para uno o más ecosistemas.

En el Cuadro 2 se presenta una lista de especies consideradas como promisorias. Con relación a los ecosistemas de bosque, las observaciones aún se están haciendo y la clasificación se debe considerar tentativa. Es interesante anotar que, aunque el Programa de Pastos Tropicales no necesariamente está buscando especies adaptadas a todos los ecosistemas de interés para el Programa, algunas de las especies presentadas en el Cuadro 2, especialmente *A. gyanus*, *B. decumbens*, *C. macrocarpum* y *S. guianensis* "tardío" exhiben una extraordinaria adaptabilidad, un hecho que posiblemente podría contribuir a lograr un impacto temprano y marcado de la tecnología de germoplasma del Programa.

<i>Aeschynomene</i> spp.	455
<i>Calopogonium</i> spp.	176
<i>Centrosema</i> spp.	893
<i>Desmodium</i> spp.	969
<i>Galactia</i> spp.	302
<i>Macroptilium</i> y <i>Vigna</i> spp.	546
<i>Stylosanthes</i> spp.	2130
<i>Zornia</i> spp.	745
Leguminosas misceláneas	1586
Pastos	833
TOTAL	8635

Figura 2. Colección total de germoplasma de especies de pastos tropicales, a noviembre de 1981. Se adicionaron aproximadamente 1500 accesiones durante 1981.

Cuadro 2. Especies clave de pasto identificadas para ecosistemas de sabanas bien drenadas y de bosques tropicales, a diciembre 1981.

Especies	Promisorias para:		
	Sabanas bien drenadas		Bosques tropicales ^c
	Isohipertérmicas ^a	Isotérmicas ^b	
<i>Andropogon gayanus</i>	si	si	(si)
<i>Brachiaria decumbens</i>	si	si	(si)
<i>B. dictyoneura</i>	si	?	?
<i>B. humidicola</i>	si	no	(si)
<i>Centrosema brasiliánum</i>	si	si	(no)
<i>C. macrocarpum</i>	si	si	(si)
<i>Desmodium ovalifolium</i>	si	no	(si)
<i>Pueraria phaseoloides</i>	si	no	(si)
<i>Stylosanthes guianensis</i>			
"tardío"	si	si	(si)
<i>S. capitata</i>	si	si	(no)
<i>S. macrocephala</i>	si	si	?
<i>S. guianensis</i> (común)	no	no	(si)
<i>Zornia brasiliensis</i>	si	si	?

a. Representadas por los Llanos

b. Representadas por los Cerrados.

c. Incluye el bosque estacional semi-siempreverde y el bosque húmedo tropical.

Los paréntesis indican estimativos a partir de ensayos originales y solamente una apreciación promisorio preliminar; el interrogante indica que todavía no hay información sobre desempeño en este ecosistema.

Evaluación del Germoplasma en los Ecosistemas

Durante 1981, casi 2000 accesiones nuevas de germoplasma forrajero se mantuvieron en observación en CIAT-Quilichao para descripción de la planta, multiplicación inicial de semilla y evaluación preliminar con relación a la adaptación y productividad en el ultisol muy ácido e infértil de esta localidad, como también para evaluar su resistencia a plagas y a enfermedades. Como resultado de lo anterior, varios cientos de accesiones que presentaron comportamiento sobresaliente, especialmente materiales de especies clave, recibieron prioridad para entrar al flujo de germoplasma destinado a las principales localidades de ensayo, donde la evaluación se hace por ecosistema.

Estos ensayos por ecosistemas se realizan en dos localidades principales: Carimagua para los Llanos y Brasília para los Cerrados. Otros ensayos se hacen en los Ensayos Regionales A y B, por medio de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, y en colaboración con las entidades nacionales.

Sabanas isohipertérmicas bien drenadas. La principal localidad de investigación representativa del ecosistema de sabanas isohipertérmicas bien drenadas (Llanos) es Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia. El trabajo adelantado allí recibe apoyo de una serie de ensayos regionales dispersos por el ecosistema. Durante 1981, se evaluaron 70 accesiones de varios géneros de gramíneas y 1109 de leguminosas en las Categorías I, II y III.

A. Evaluación de gramíneas. Después del lanzamiento por el ICA en 1980 de *A. gyanus* CIAT 621 como Carimagua I, ha continuado sin descanso la búsqueda de otras gramíneas bien adaptadas y altamente productivas. *A. gyanus* continúa siendo de gran interés; la búsqueda de material que sea superior a la accesión CIAT 621 continúa por medio de una evaluación completa de la totalidad de la colección de *A. gyanus*, como también mediante intentos por mejorar genéticamente la población de CIAT 621 de esta especie de polinización cruzada.

Otro género de considerable importancia para el Programa es *Brachiaria*, ya que incluye especies agresivas empradizadoras las cuales se pueden considerar compañeras ideales de *Desmodium ovalifolium*, la leguminosa altamente promisoría que también es agresiva y empradizadora. En 1981, la especie *B. dictyoneura* se añadió a la lista de especies clave para las sabanas isohipertérmicas bien drenadas. En términos morfológicos, es muy similar a *B. humidicola* (la cual ya ha alcanzado la categoría V, la más alta del esquema de evaluación del Programa), pero se caracteriza por un alto potencial de producción de semilla en comparación con el bajo potencial que tiene *B. humidicola*, lo cual limita su mayor uso en el ecosistema de los Llanos. Una ventaja adicional de *B. dictyoneura* en comparación con *B. humidicola* es su hábito de crecimiento menos prostrado durante la fase de establecimiento, lo cual ayuda al mejor establecimiento de la leguminosa compañera. Al igual que con *B. humidicola*, se observó que *B. dictyoneura* combina bien con *D. ovalifolium*. Al contrario de *B. decumbens*, la cual es muy susceptible al mión (la plaga más importante de las gramíneas en el trópico) en todos los ecosistemas, *B. humidicola* y *B. dictyoneura* son tolerantes. A pesar de que pueden ser severamente infestadas con la plaga, tienen la capacidad de recuperarse, posiblemente debido a sus altas tasas de crecimiento y cantidad de retoños. Entre otras especies de *Brachiaria*, *B. brizantha*, CIAT 664, también está presentando un buen comportamiento, y actualmente se encuentra en evaluación en mezclas con *D. ovalifolium*.

B. Evaluación de leguminosas. La buena resistencia a la sequía y los altos valores nutritivos, características observadas en varias especies de *Centrosema*, hacen que este género sea extremadamente valioso en este ecosistema. Sin embargo, en la mayoría de las especies la susceptibilidad a las enfermedades del follaje parece ser el factor limitativo primordial, lo cual indica la necesidad de examinar accesiones adicionales por su resistencia a enfermedades. Una especie de valor especial al respecto es *C. macrocarpum*, cuya accesión CIAT 5062 se está utilizando como línea parental en un programa promisorio de hibridación con *C. pubescens*.

Desmodium ovalifolium ya se ha definido como una especie clave para las sabanas isohipertérmicas bien drenadas. Debido a su período de



La asociación de gramíneas y leguminosas con especies agresivas de *Brachiaria humidicola* y *Desmodium ovalifolium* representa una mezcla muy compatible y prometedora para aumentar la producción animal en el ecosistema de los Llanos y posiblemente en los trópicos húmedos.

crecimiento vegetativo relativamente prolongado y a sus altos requerimientos de agua, no se ha clasificado como especie clave para el ecosistema de los Cerrados. La accesión CIAT 350 ya ha sido promovida a la Categoría V; esta accesión es una compañera casi ideal para las gramíneas empradizadoras del género *Brachiaria*. En 1981, se identificó una serie de accesiones de floración temprana con un alto potencial de producción de semilla. Estos nuevos materiales, como se muestra en el Cuadro 3, no solamente producen buenos rendimientos de materia seca en comparación con el testigo CIAT 350 de floración tardía, sino que también presentan una buena regeneración a partir de semillas y producen rendimientos considerables de éstas.

El factor limitante primordial del género *Stylosanthes* es su susceptibilidad a la antracnosis. La Figura 3 muestra la superioridad de *S. capitata*, *S. guianensis* "tardío" y *S. macrocephala* en comparación con los tipos comunes de *S. guianensis* en términos de su resistencia a la antracnosis, no solamente en Carimagua sino también en Brasilia. Estos datos también indican una interacción marcada de localidad por especie, lo cual señala la importancia de realizar experimentos de selección de *Stylosanthes* en múltiples localidades así como de identificar materiales con amplia adaptabilidad.

Entre más de 40 accesiones de *S. guianensis* "tardío" evaluadas en Carimagua, cinco presentaron buenos rendimientos de materia seca y alta tolerancia a enfermedades. Sin embargo, ninguna produjo suficiente semilla para su autoregeneración. En un intento por combinar la resistencia a la antracnosis de los tipos "tardíos" con una serie de atributos agronómicos deseables (incluyendo un alto potencial de producción de semilla) de los tipos comunes de *S. guianensis*, se hicieron cruces entre estos dos tipos los cuales se encuentran en evaluación. Las evaluaciones rutinarias de nuevo germoplasma de *S. capitata* continúan, así como el proceso de selección en poblaciones híbridas producidas en 1978. *S. macrocephala* sigue presentando características promisorias, principalmente debido a su rusticidad la cual incluye resistencia a la antracnosis. Se ha observado considerable variabilidad en el vigor y en la época de floración, por consiguiente, continúa la búsqueda e identificación de ecotipos más vigorosos de floración tardía.

Cuadro 3. Desempeño de accesiones de *Desmodium ovalifolium* (cultivado en asociación con *Brachiaria humidicola* en Carimagua) bajo pastoreo, 1981.

Accesión del CIAT No. ^a	Rendimiento semilla (kg/ha)	Regeneración (No. brotes/m ²)	Rendimiento materia seca (ton/ha)	Cantidad de leguminosa en la mezcla (%)
3666	109.1	9.8	9.0	65
3780	15.2	18.5	7.2	59
3784	152.6	53.3	7.8	59
3793	48.9	40.1	8.2	62
Control ^b 350	0.8	2.9	10.6	71

a. Todas las líneas de floración temprana.

b. Línea de control de floración tardía.

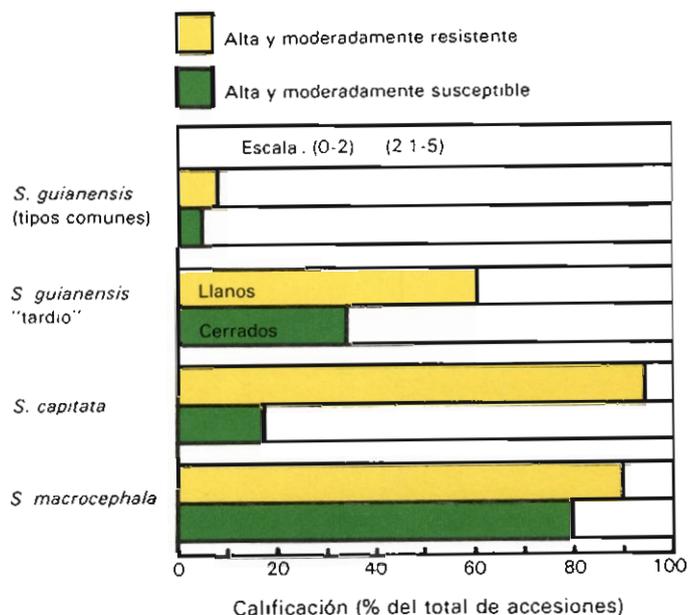


Figura 3. Las especies de *Stylosanthes* mejoradas en el CIAT presentan un mayor puntaje de resistencia a la antracnosis en los dos ecosistemas de sabanas representados por Carimagua (Llanos) y CPAC/Brasilia (Cerrados). *S. macrocephala* es altamente resistente en los dos ambientes.

La mayoría de las accesiones de *S. capitata* y *S. macrocephala* y muchos de los *S. guianensis* "tardíos" son altamente resistentes a la mayor de las plagas de los *Stylosanthes*, el barrenador del tallo *Caloptilia* sp.

La mayoría de las accesiones de *S. capitata* y *S. macrocephala* y muchos de los materiales de *S. guianensis* "tardío" presentan un alto grado de resistencia a la principal plaga del *Stylosanthes*, el barrenador *Caloptilia* sp.

La especie de dos folíolos del género *Zornia*, como *Z. latifolia*, dio resultados desilusionantes debido a problemas severos de enfermedad. Una observación sobresaliente en 1981 fue la de que las especies de cuatro folíolos, tales como *Z. brasiliensis* y *Z. myriadena*, poseen un alto grado de resistencia a enfermedades. Esta parece ser inherente a las especies de *Zornia* de cuatro folíolos. El contenido nutricional de ambas especies es excepcionalmente alto.

Sabanas isotérmicas bien drenadas. La principal localidad de investigación para el ecosistema de sabanas isotérmicas bien drenadas (Cerrados) es el CPAC en Brasil. Como en el caso del ecosistema representado por los Llanos de Colombia, el trabajo realizado en Brasilia recibe el apoyo de una red de ensayos regionales en el ambiente del Cerrado, la cual aporta evaluaciones en diferentes localidades dentro de un mismo ecosistema. En estos ensayos se mide la productividad del germoplasma durante los períodos de precipitación mínima y máxima.

En 1981, un total de 123 accesiones de cinco géneros de gramíneas y 345 accesiones de dos géneros de leguminosas se encontraban en evaluación preliminar en Brasilia.

A. Evaluación de gramíneas. Se confirmó el potencial de *Panicum maximum* para las áreas de Cerrado con latosoles rojo oscuros; tres



La utilización estratégica de leguminosas, tales como *Pueraria phaseoloides* (Kudzu), en forma de bancos de leguminosas dentro de la sabana nativa o de praderas con pastos mejorados, está resultando ser una práctica de manejo acertada y económicamente atractiva.

accesiones (CIAT 6141, CIAT 6116 y CIAT 6124) rindieron más de 7000 kg/ha de materia seca en su segundo año de establecimiento, en comparación con menos de 3000 kg/ha para el testigo. Con relación a otras especies de gramíneas, *Brachiaria brizantha* CIAT 6016 y CIAT 6021, como también *Brachiaria* sp. CIAT 6058, produjeron una cantidad de materia seca considerablemente mayor que el cultivar testigo comercial. Ninguna de las accesiones evaluadas de *Andropogon gayanus* fue superior al cultivar testigo CIAT 621, el cual fue lanzado con el nombre de "Planaltina" en Brasil en octubre de 1980.

B. Evaluación de leguminosas. En 1981 se seleccionaron cinco accesiones de *Centrosema* para pruebas avanzadas: *C. macrocarpum* CIAT 5274, 5275 y 5276; *C. brasilianum* CIAT 5234; y *Centrosema* sp. CIAT 5118. Hasta el momento no se han observado problemas con plagas o enfermedades.

Los cuatro años de observaciones indican que, para el ecosistema de los Cerrados, las especies clave de *Stylosanthes* son *S. capitata*, *S. guianensis* "tardío" y *S. macrocephala*. A partir de siembras hechas durante los últimos tres años, se seleccionaron tres accesiones de *S. capitata*, ocho de *S. guianensis* "tardío" y cinco de *S. macrocephala* para su evaluación en ensayos avanzados en condiciones de pastoreo (Categoría III). Todas esas accesiones se caracterizan por su alta resistencia a la antracnosis.

Cinco accesiones de *Zornia*, especialmente *Z. brasiliensis*, sobrepasaron significativamente en rendimiento al testigo *Z. latifolia* CIAT 728 y se



seleccionaron para evaluación en la Categoría III. Se encontraron libres de síntomas del complejo insectos-virus-hongos y del ataque de *Sphaceloma* los cuales afectan al germoplasma de especies de *Zornia* de dos folíolos.

Ensayos Regionales. Un número relativamente grande (100 a 120) de accesiones de germoplasma se evalúa por adaptación y supervivencia por medio de los "Ensayos Regionales A". En 1981 éstos se realizaron en 12 localidades representativas de cada ecosistema, cinco en Brasil, tres en Colombia, una en Nicaragua, una en Perú y dos en Venezuela. Sus resultados en las sabanas bien drenadas corroboran en gran medida los obtenidos en las respectivas localidades principales de investigación.

También se identificó un gran número de leguminosas potencialmente promisorias para los ecosistemas de bosques tropicales (es decir, bosque estacional semisiempreverde y bosque húmedo tropical). Fue particularmente notable la productividad y la resistencia a la antracnosis de dos de los tipos comunes de *S. guianensis* (CIAT 136 y 184), como también de algunos tipos "tardío" de esta especie. *D. ovalifolium* 350 también presentó un buen comportamiento. Entre las gramíneas, *A. gayanus* CIAT 621 solamente fue superada en rendimiento por dos accesiones de la misma especie (CIAT 6052 y 6054). A su vez, se observaron accesiones del género *Brachiaria* que exhibieron un excelente comportamiento, particularmente *B. humidicola*; esta gramínea se está difundiendo rápidamente en el trópico húmedo, especialmente en Brasil, en donde se le conoce como "Quicúio da Amazonia," nombre utilizado para compararla con el pasto Kikuyo de zonas templadas, *Pennisetum clandestinum*.

En el siguiente tipo de ensayos regionales, "Ensayos Regionales B", la Red evalúa la productividad estacional de materiales promisorios que surgen de las principales localidades de selección en Carimagua y Brasilia, como también de los Ensayos Regionales A. En 1981, se habían establecido 36 Ensayos Regionales B en cuatro ecosistemas en 14 países. Los resultados de cuatro de ellos en el ecosistema de sabanas isohipertérmicas bien drenadas (Llanos de Colombia) confirman que *S. capitata* y *D. ovalifolium*, como también *A. gayanus* y *B. decumbens*, son respectivamente, las especies de leguminosas y gramíneas más promisorias. Los resultados de 11 Ensayos Regionales B en los ecosistemas de bosques indican que las mismas dos gramíneas *A. gayanus* y *B. decumbens*, son las más productivas. Entre las leguminosas, *D. ovalifolium* se destacó como la más promisorias para los ecosistemas de bosques; adicionalmente, dos formas comunes de *S. guianensis* (CIAT 136 y 184) se clasificaron entre las tres mejores leguminosas. Estos mismos materiales no sobrevivieron en las condiciones de sabana debido a la presión ejercida por la antracnosis.

Accesiones del género **Brachiaria** se han desempeñado sumamente bien en ensayos regionales, particularmente **B. humidicola**, un pasto que se está propagando rápidamente en los trópicos húmedos, especialmente en Brasil.

Efecto de la Fertilización en Pastos Tropicales y Nutrición Animal

Una de las leguminosas más promisorias de la colección de germoplasma del CIAT es *Desmodium ovalifolium*, la cual se adapta bien a los suelos ácidos e infértiles de la mayoría de los ecosistemas en Sur América tropical, no tiene mayores problemas de plagas y enfermedades, produce cantidades considerables de biomasa, y combina bien con las gramíneas, aun las más agresivas. Se ha encontrado, sin embargo, que el ganado no acepta bien esta leguminosa. Los científicos del CIAT determinaron que esta falta de palatabilidad está muy probablemente asociada con el alto contenido de taninos en *D. ovalifolium*.

Las diferencias en la aceptación de *D. ovalifolium* pastoreado en Carimagua y en Quilichao sugieren una posible relación entre el nivel de taninos en la planta, su consumo por los animales, y la fertilidad del suelo.

Los resultados obtenidos después con experimentos de fertilización en Carimagua demostraron claramente que pequeñas cantidades de magnesio y azufre añadidas a la mezcla de fertilizante de fósforo, calcio y potasio aumentaron significativamente la producción de forraje y su calidad, así como la aceptación del *D. ovalifolium* por los animales. En la leguminosa fertilizada con la mezcla más completa de fertilizantes se encontró más proteína, azufre y fósforo y menor contenido de taninos.

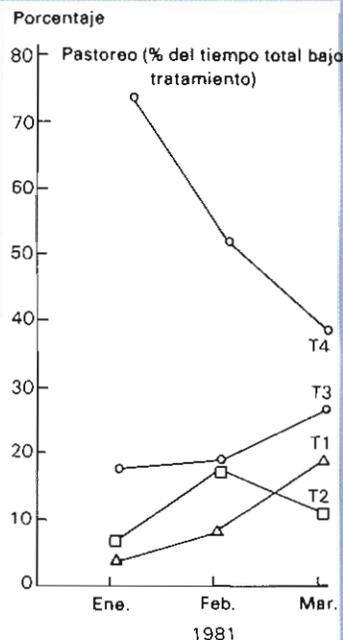
La investigación subsiguiente ha revelado que estos aumentos se deben a un elemento clave, el azufre. Se estableció que la fertilización de mantenimiento de 20 a 30 kg por ha de azufre basta para garantizar alta productividad continuada, calidad y aceptación de *D. ovalifolium* por los animales.

Por lo tanto, *Desmodium ovalifolium* permanece como una de las leguminosas más promisorias del Programa de Pastos Tropicales. El empleo de la fertilización se revela como un instrumento interesante para mejorar el consumo de las leguminosas por los animales en pastoreo.

Efecto del tratamiento con fertilizantes sobre la calidad de *D. ovalifolium* 350 bajo pastoreo (Carimagua).

Elementos medidos en el tejido foliar (%)	Tratamiento con fertilizantes ^a			
	T1 (control)	T2 (+P+Ca)	T3 (+P+Ca+K)	T4 (+P+Ca+K+Mg+S)
Catequinas equivalentes (Vanilina, HC1)	37.5 ^b	37.0 ^b	34.1 ^{b,c}	28.7 ^c
Nitrógeno	1.99 ^b	2.01 ^b	2.09 ^b	2.59
Nitrógeno soluble pepsina (48 hr)	39.5 ^b	39.8 ^d	43.4 ^c	49.4 ^d
S	.094 ^b	.102 ^b	.121 ^c	.145 ^d
P	.118 ^b	.133 ^{b,c}	.130 ^{b,c}	.140 ^c

a. T1 de fertilización aplicado en el establecimiento mayo 1978 (105 kg P₂O₅, 259 kg Ca, 52 kg K₂O, 11 kg Mg, y 22 kg S/ha); T2, T3, T4 de fertilización aplicados agosto, 1980. Los promedios en la misma hilera con letras diferentes difieren significativamente (P<0.5)



Tiempo empleado por los animales pastoreando *D. ovalifolium* bajo varios tratamientos de fertilización (véase nota a, cuadro vecino) en Carimagua.

Evaluación del Manejo de Pasturas

La evaluación del manejo de pasturas del Programa de Pastos Tropicales sirve de puente entre la unidad de evaluación de germoplasma y la evaluación de pasturas en sistemas de producción. Recibe accesiones promisorias de la unidad de evaluación de germoplasma y las organiza en combinaciones alternativas en gramíneas-leguminosas; al mismo tiempo, desarrolla prácticas de establecimiento y manejo de pasturas. La tecnología de pasturas sigue las guías agroeconómicas establecidas por la unidad de evaluación de pasturas en sistemas de producción y se diseña para alcanzar una productividad superior y estable de las pasturas en términos de ganancia de peso vivo. En 1981, se enfocó esta actividad hacia las siguientes prácticas.

Interacción Suelo-Planta

Evaluación de *Rhizobium*. Una de las principales ventajas de las pasturas a base de leguminosas es su relativa autosuficiencia en nitrógeno, el cual es fijado de la atmósfera y puesto a disposición del sistema de pasturas por la simbiosis *Rhizobium*/leguminosas. Con el fin de estimular esta capacidad de fijación de nitrógeno, el Programa busca identificar cepas de *Rhizobium* que formen la mejor simbiosis posible con las leguminosas, así como desarrollar técnicas de inoculación efectivas y de bajo costo.

En el pasado, aunque la inoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium* fue efectiva durante la etapa de establecimiento, sólo se lograron efectos moderados a largo plazo. Las investigaciones realizadas en 1981 indican que un factor importante en el proceso de selección de cepas de *Rhizobium* es si la selección se hace en suelos perturbados o sin perturbar. Se encontró que en suelo perturbado (es decir, cultivo de leguminosas inoculadas en materos), la materia orgánica se mineraliza más rápidamente que en suelos sin perturbar (es decir, leguminosas inoculadas en suelos sin perturbar extraídos de la tierra). Por consiguiente, si la selección se hace en materos con el suelo perturbado y con una liberación correspondiente de cantidades considerables de materia orgánica mineralizada, el efecto de la inoculación se merma, lo cual, a su vez, disminuye la efectividad del proceso de selección. Se espera que con la iniciación de la selección en gran escala de cepas efectivas de *Rhizobium* en núcleos de suelo no perturbado, se puedan identificar cepas verdaderamente superiores que, al inocularlas en las leguminosas respectivas, tengan un efecto importante a largo plazo en términos del nitrógeno que ponen a disposición del sistema de pasturas.

En 1981 se inocularon especies clave de leguminosas con una serie de cepas de *Rhizobium* en núcleos de suelo de Carimagua sin perturbar, con el fin de identificar las cepas más efectivas para evaluación posterior. Se seleccionarán cepas con capacidad superior para fijar nitrógeno y tolerantes a un pH bajo y a una alta saturación de aluminio para su evaluación posterior.

Requerimientos nutricionales. Los esfuerzos del Programa para desarrollar tecnología de pasturas que requieran un mínimo de fertilizantes se traduce en una estrategia que hace énfasis en la identificación de



La respuesta de *Centrosema macrocarpum* a la inoculación en materas (con suelo perturbado) fue menor que la respuesta en cilindros (con suelo sin perturbar). Se recomienda este último tratamiento para la selección de cepas.

especies y ecotipos de pastos tolerantes a los principales factores limitativos del suelo (toxicidad de aluminio y magnesio) y baja fertilidad natural (deficiencias de macronutrientes, nutrientes secundarios y micronutrientes excepto nitrógeno).

En el Cuadro 4 se ilustra la gran variación que existe en la reacción de diferentes especies y ecotipos a condiciones adversas del suelo. Se presentaron resultados seleccionados de un experimento en el cual se evaluó la tolerancia diferencial de varios materiales a altos niveles de manganeso en el suelo. Entre las gramíneas fue más clara la tolerancia diferencial a nivel de especie. Vale la pena anotar que la mayoría de las accesiones tolerantes presentaron una mayor tasa de producción de materia seca en condiciones de alto nivel de estrés por manganeso que a bajo nivel de estrés de este elemento, lo cual indica el efecto benéfico del manganeso en especies tolerantes.

El desarrollo de tecnología de bajos insumos para el manejo de la baja fertilidad natural del suelo se centra alrededor del aumento de la eficiencia de la fertilización. La estrategia incluye tanto (1) la identificación y la correlación de deficiencias de nutrientes en el suelo como (2) el cultivo de especies y ecotipos de pastos que sean usuarios eficientes de los fertilizantes aplicados.

En un esfuerzo por determinar los requerimientos externos de nutrientes para el establecimiento de varias gramíneas y leguminosas tropicales en las sabanas isohipertérmicas bien drenadas, se adelantó en 1981 una serie de experimentos de campo. Se estudiaron las necesidades tanto de macronutrientes como de micronutrientes. El Cuadro 5 presenta los requerimientos externos de fósforo, calcio y magnesio de gramíneas y leguminosas promisorias seleccionadas. Los bajos niveles de estos elementos que se requieren para su establecimiento son reflejo de la adaptación edáfica sobresaliente de la mayoría de los materiales con los cuales está trabajando el Programa.

Los efectos de la fertilización con fósforo y de las aplicaciones de cal se estudiaron en el establecimiento de pasturas en el Cerrado brasileño utilizando los dos suelos representativos de la región. Se encontró que la aplicación de cal (1 ton/ha) era benéfica tanto en un latosol rojo-amarillo como en un latosol rojo oscuro con bajos niveles de fertilización con fósforo (26 kg de P/ha), utilizando superfosfato triple y roca termofosfata Yoorin. Estos resultados indican que la eficiencia de los fertilizantes fosforados se puede estimular mediante la aplicación de 1 ton de cal/ha cuando se utilizan bajos niveles de fertilización de fósforo pero no cuando éstos son altos. Los costos relativos de las fuentes de cal y fósforo determinarán las recomendaciones prácticas que puedan hacerse con respecto a fertilizantes.

Reciclamiento de nutrientes en pasturas. Los resultados de muestras tomadas en una pastura de kudú (*Pueraria phaseoloides*) / *A. gayanus* en los Llanos colombianos a finales de la estación seca de 1981 mostraron una acumulación de más de 4 ton/ha de paja de follaje (con base en peso seco), con una concentración de nitrógeno de más de 2 por ciento, equivalente a 80 kg de nitrógeno/ha. Cómo es posible que una pastura que produzca alrededor de 400 kg de ganancia de peso vivo por año/ha logre mantener tan altos niveles de un nutriente clave? Las observaciones hechas a largo plazo por el Programa indican que existe un mecanismo muy efectivo de reciclamiento el cual opera en sistemas bien manejados de producción de pasturas.

La tecnología de bajos insumos para contrarrestar la baja fertilidad de los suelos comprende tanto la identificación y corrección de las deficiencias de nutrientes del suelo como el uso de especies y ecotipos que sean usuarios eficientes de los fertilizantes.

Cuadro 4. Producción de materia seca y tolerancia diferencial de varias especies forrajeras tropicales al manganeso.

Especies	Accesión del CIAT No.	Rendimiento de materia seca (ton/ha)		
		Bajo Mn en el suelo (10 ppm) ^a	Alto Mn en el suelo (86 ppm)	Índice relativo (Mn alto/Mn bajo) ^b
Gramíneas				
<i>Andropogon gayanus</i>	6054	3.40	4.06	1.19
	6200	6.07	4.39	0.72
<i>Brachiaria decumbens</i>	606	5.52	6.69	1.21
	6132	3.14	1.28	0.40
<i>B. humidicola</i>	675	2.66	2.63	0.98
	679	5.73	2.78	0.48
Leguminosas				
<i>Calopogonium mucunoides</i>	7367	2.27	2.41	1.06
	9161	2.79	1.68	0.60
<i>Centrosema</i> sp.	5118	1.26	1.95	1.54
	Común	2.47	1.89	0.76
<i>Stylosanthes capitata</i>	1405	1.93	2.59	1.34
	1097	3.23	3.32	1.02
<i>S. guianensis</i>	136	4.82	6.21	1.29
	184	5.39	5.80	1.07

a. Bajo Mn en el suelo = 0-20 ppm, niveles sobre 50 ppm se consideran tóxicos en pastos tropicales.

b. Un índice relativo de menos de 0.5 implica que la especie es susceptible a toxicidad.

Cuadro 5. Requerimientos de nutrientes para el establecimiento de varios pastos y leguminosas forrajeras tropicales en Carimagua, zona representativa de las sabanas bien drenadas isohipertérmicas.

Especies	Accesión del CIAT No.	Requerimientos externos (kg/ha) ^a			
		P	K	Ca	Mg
Gramíneas					
<i>Andropogon gayanus</i>	621	20	20	100	12
<i>Brachiaria humidicola</i>	679	10	10	50	6
<i>B. decumbens</i>	606	20	20	100	12
<i>B. brizantha</i>	665	20	20	100	12
<i>Panicum maximum</i>	604	40	25	250	15
Leguminosas					
<i>Centrosema macrocarpum</i>	5065	11	10	100	12
<i>C. pubescens</i>	5063	20	20	400	12
<i>Codariocalyx gyroides</i>	3001	35	30	100	20
<i>Desmodium ovalifolium</i>	350	20	20	100	12
<i>Pueraria phaseoloides</i>	9900	20	20	100	20
<i>Stylosanthes capitata</i>	1315	20	20	50	12

a. Niveles críticos de nutrientes en la solución de suelo, asociados con rendimientos máximos del 80% obtenidos a las ocho semanas de crecimiento de las plantas.

La mayoría de las pasturas contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Los tres primeros provienen del aire y del agua; el nitrógeno es proporcionado por las bacterias de *Rhizobium* por conducto de las leguminosas. La pérdida de nutrientes minerales de la pastura es muy baja; por ejemplo, 400 kg de producción de peso vivo por año/ha solamente extraerá de la pastura 3 kg de fósforo, 0.8 kg de potasio y 5.2 kg de calcio. Es muy baja la pérdida de nutrientes por lixiviación a pesar de la naturaleza porosa del suelo y la alta precipitación que caracteriza a las sabanas; esto se debe a los sistemas radicales vigorosos de las gramíneas y leguminosas en las asociaciones bien manejadas las cuales permiten una explotación completa del volumen del suelo a una profundidad considerable. Por lo tanto, mientras la pastura sea bien manejada y crezca vigorosamente, es altamente eficiente para capturar los nutrientes que retornan al suelo y para reciclarlos para el sistema de producción del forraje.

En sistemas de producción agropecuaria bien manejados se da un mecanismo muy efectivo de reciclamiento de nutrientes en las pasturas.

Reemplazo de sabana. El año 1981 en Carimagua fue el segundo en una serie de experimentos en gran escala para evaluar la factibilidad de reemplazar la sabana nativa con especies introducidas por medio de la siembra en franjas. En este experimento se hace uso de los conceptos de establecimiento y mantenimiento de pasturas derivados de investigaciones hechas sobre distribución espacial, siembra a baja densidad, métodos de labranza y prácticas de fertilización. Después del establecimiento exitoso de las franjas iniciales, las cuales cubren el 20% del área total, las pasturas fueron pastoreadas ligeramente durante la estación seca y pastoreadas posteriormente a capacidad de carga completa al comienzo de la estación lluviosa. La carga animal fue de un animal/ha del área total o sea cinco animales/ha del área sembrada. La estrategia en este experimento es dejar que las leguminosas agresivas *Desmodium ovalifolium* y *Pueraria phaseoloides* (kudzu) invadan las áreas de sabana entre las franjas sembradas y aumentar el área fertilizada adyacente a las franjas sembradas en un 20% por año, de tal manera que al final de cuatro años el área total se encuentre fertilizada y colonizada por las especies sembradas. Incluso en condiciones de pastoreo, tanto *D. ovalifolium* como *P. phaseoloides* se han difundido rápidamente en la sabana nativa (Figura 4). Debido a la presencia de la leguminosa en la dieta, el consumo de especies nativas de gramíneas aumentó considerablemente, observándose animales que consumían agresivamente sabana que no había sido quemada por más de 18 meses. El comportamiento de los animales varió según la asociación: las ganancias durante el período de observación de cinco meses oscilaron entre 200 g/animal por día para la asociación *A. gayanus/D. ovalifolium* y 400 g/animal por día para la asociación *B. humidicola/P. phaseoloides*.

Un análisis de los efectos de la anchura de franja mostró que las franjas estrechas de 50 cm con 2 m de sabana nativa entre las franjas sembradas es la mejor alternativa para un reemplazo rápido de la sabana. Al sembrarlas de esta manera tanto *D. ovalifolium* como *P. phaseoloides* habían cubierto totalmente el área en 18 meses.

La posibilidad de manejar la sabana nativa con pastoreo en vez de quema tiene implicaciones importantes para la productividad potencial de la misma. Actualmente la sabana se pastorea por 3 a 4 meses después de la quema y luego se deja en reposo durante los siguientes 12 a 15 meses a fin de acumular combustible para asegurar una buena quema. Por consiguiente, la carga animal efectiva en la sabana nativa es 3 a 4 veces superior a la carga animal aparente puesto que cualquier área particular se encuentra sin uso durante un 75 a 80% del tiempo. El Programa de Pastos Tropicales considera ahora el experimento de siembra en franjas con miras a otras alternativas, tales como la siembra del 10 al 20% del

área con especies introducidas, no como fase inicial para reemplazo de toda la sabana, sino estrictamente como un suplemento de ella.

Vigor de las plántulas en *Stylosanthes capitata*. La falta de persistencia de *S. capitata* en asociación con *A. gayanus* es una limitación mayor para esa especie. Los estudios realizados en 1981 indican que una de las causas principales de esta falta de persistencia es la competencia que ejerce la gramínea por nutrientes, dejando a la nueva plántula de la leguminosa inadecuadamente abastecida para su desarrollo normal. El trabajo realizado por científicos del ICA en Carimagua indica la posibilidad de que *S. capitata* pueda ser compatible con *Melinis minutiflora*, una gramínea muchos menos agresiva y competitiva que *A. gayanus* y, por lo tanto, que ejercería menos presión sobre las plántulas de *S. capitata*.

Anchura de la franja sembrada (m)	Avance promedio desde la franja original (m)	
	Asociación de:	
	<i>Brachiaria humidicola</i> x <i>Desmodium ovalifolium</i>	<i>Andropogon gayanus</i> x <i>Pueraria phaseoloides</i>
5	1.7	2.9
2.5	2.8	2.8
0.5	1.0	2.0

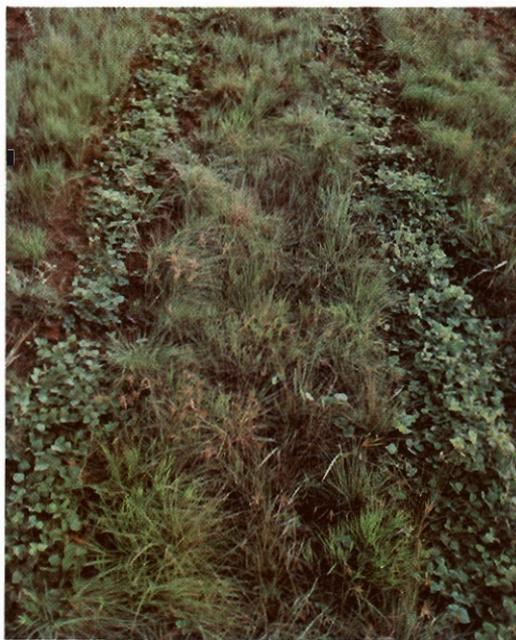


Figura 4. Efecto de la asociación de especies y de la anchura de franja sobre la invasión de sabana nativa por parte de dos leguminosas en un ensayo de reemplazo de sabana. (Sembradas en mayo, 1980; pastoreo iniciado en abril, 1981; medidas tomadas en noviembre, 1981.)

Durante el año se multiplicaron grandes cantidades de semilla para abastecer la demanda mínima para la evaluación de germoplasma de pastos. Se requiere semilla básica para iniciar la producción comercial de semilla. Además, la disponibilidad de ésta facilita el acceso y la utilización de nuevos pastos, por parte del agricultor.



Calidad de las Pasturas

En 1981 se agregó una nueva sección al Programa de Pastos Tropicales para ocuparse en la identificación y caracterización de factores de calidad del germoplasma y para relacionarlos con la nutrición del animal en pastoreo. Durante los últimos años las accesiones han sido sometidas a dicha evaluación, pero la nueva sección contribuye con un mayor énfasis en los factores de calidad.

Los resultados de 1981 indicaron que no hay diferencias en la digestibilidad y consumo entre las gramíneas *Brachiaria humidicola* y *B. dictyoneura*. Entre las leguminosas se encontró que *Zornia* sp. tiene un valor nutricional superior, de tal manera que si es lo suficientemente apetecible, puede ser recomendada como forraje en programas de destete precoz.

Después de dos estaciones secas y una estación lluviosa se completó en Carimagua un estudio de pastoreo selectivo en mezclas de *A. gayanus*/*S. capitata*/*P. phaseoloides*. Se demostró que la proporción de *S. capitata* en el forraje disminuyó considerablemente con el tiempo como consecuencia de la muerte de las plantas madres y falta de vigor de las plántulas; en cambio, *P. phaseoloides* permaneció relativamente estable con el tiempo en la asociación. En la estación seca, la selección de las leguminosas fue mayor que en la estación lluviosa y las preferencias de los animales se inclinaron hacia las inflorescencias de *S. capitata* y las hojas de *P. phaseoloides*. La presencia de una leguminosa en la pastura contribuyó a un aumento en el contenido de proteína en las hojas de *A. gayanus* y a un nivel proteínico adecuado en la dieta durante la estación seca. Por consiguiente, en esta estación los animales ganaron peso al pastorear mezclas de gramíneas/leguminosas, en tanto que perdieron peso cuando el pastoreo solamente se hizo en gramíneas.



El concepto de banco de proteína está siendo evaluado utilizando *Pueraria phaseoloides* sembrada en bloques en las sabanas.

Utilización de Pasturas

Las actividades del Programa en productividad y manejo de pasturas están diseñadas para determinar el potencial del germoplasma promisorio en productividad animal en ensayos de pastoreo y para identificar prácticas de manejo que aseguren la persistencia y estabilidad de los componentes de la pastura.

Pasturas puras de gramíneas. Luego de concluida la evaluación de pasturas puras de *B. decumbens* y *A. gayanus*, en 1981 solamente continuó la evaluación de *B. humidicola* en pasturas puras. En las condiciones de Carimagua, la productividad de *B. humidicola* es inferior a la de las otras dos. Durante la estación lluviosa y con una carga de 3,4 animales/ha, las ganancias de peso llegaron a 215 g/animal por día. Durante la segunda parte de esa estación se logró un mejoramiento significativo del comportamiento animal después de una fertilización de mantenimiento con 22, 11 y 22 kg/ha de potasio, magnesio y azufre, respectivamente, la cual resultó en un mayor crecimiento foliar en todas las cargas animales utilizadas, pero el efecto no fue suficiente para sostener la productividad animal durante la totalidad de la estación.

Banco de proteína a base de leguminosas. Con el fin de proveer forraje de alta calidad durante la estación seca o durante etapas críticas del crecimiento de los animales, es posiblemente ventajoso establecer leguminosas (especialmente aquellas que sean agresivas y tolerantes a un pastoreo estacional intensivo) en franjas o bloques en los lotes de gramíneas. Este concepto de banco de proteína está siendo evaluado en un experimento a largo plazo con *P. phaseoloides*. El Cuadro 6 muestra los resultados de la misma pastura sembrada en el tercer año de este experimento en el cual la leguminosa se encuentra establecida en bloques específicos dentro de terrenos de sabana. En 1981, la productividad animal a una carga animal baja llegó a 122 kg de ganancias de peso vivo por animal para todo el año, cifra que se compara favorablemente con las ganancias normalmente observadas en animales en sabanas nativas bien manejadas. A una carga animal alta, fue necesario restringir el acceso de los animales al banco de leguminosa para permitir que ésta se recobrara después del pastoreo intensivo durante la estación seca y para su recuperación después de la fertilización de mantenimiento, lo cual causó una disminución importante en la productividad durante la estación lluviosa y, por consiguiente, en la ganancia total de peso vivo del año.

En un experimento paralelo el banco de proteína se estableció en franjas y bloques dentro de áreas sembradas con *B. decumbens*. Después de tres años de observaciones, el comportamiento animal en los tratamientos con bancos de proteína sembrados en franjas fue superior al del tratamiento en gramínea sola, indicando la buena calidad de *B. decumbens*, especialmente en la estación lluviosa.

Asociaciones de gramíneas/leguminosas. En su tercer año continuó la evaluación de la asociación de *A. gayanus* con *P. phaseoloides*, *S. capitata* y *Z. latifolia*. En 1981, la respuesta de los animales fue similar o mejor a la obtenida en el segundo año, tanto en la estación seca como en la lluviosa (Cuadro 7), a pesar de que tanto el rendimiento absoluto como la proporción relativa de las leguminosas en la asociación disminuyeron significativamente. Los resultados indican que los animales en pastoreo son capaces de obtener leguminosas para su dieta aún a niveles muy bajos de disponibilidad durante la estación seca.

En 1981 se inició la evaluación de una asociación altamente promisoriosa entre *B. humidicola* y *D. ovalifolium*, establecida en 1980. Experimentos

Cuadro 6. Ganancias estacionales de peso vivo de novillos pastoreando sabanas suplementadas con *Pueraria phaseoloides* en bloques (0.2 ha/animal) en Carimagua durante el tercer año del experimento (1981).

Tasa de carga (animal/ha)	Ganancia de peso (kg)					
	Estación seca (111 días)		Estación lluviosa (255 días) ^a		Total (366 días)	
	Por animal/día	Por animal/estación	Por animal/día	Por animal/estación	Por animal/año	Por ha/año
0.25	.117	14	.423	108	122	31
0.50	.096	10	.215	55	65	32

a. El acceso al banco fue restringido por 180 días en la estación lluviosa para permitir la recuperación de la leguminosa después de fertilización de mantenimiento.

Cuadro 7. Ganancias estacionales de peso vivo de novillos pastoreando una asociación de *Andropogon gayanus*/leguminosa en Carimagua, 1981 y 1980 (años 3 y 2 del experimento).

Leguminosa asociada	Ganancia de peso (kg)					
	Tasa de carga (animal/ha)	Estación seca		Estación lluviosa		Total
		Por animal/día	Por animal/estación	Por animal/día	Por animal/estación	
1981 (estación seca = 96 días; estación lluviosa = 269 días; total = 365 días)						
<i>Stylosanthes capitata</i> (1919 + 1315)	1.0/1.8	.166	16	.684	184	200
<i>Zornia latifolia</i>	1.0/1.0	.135	13	.420	113	126
<i>Pueraria phaseoloides</i> ^b	1.0/1.8	.531	51	.520	140	191
1980 (estación seca = 118 días, estación lluviosa = 248 días; total = 366 días)						
<i>Stylosanthes capitata</i> (1919 + 1315)	1.0/1.8	.167	20	.609	150	170
<i>Zornia latifolia</i>	1.0/1.4	.021	2	.744	185	184
<i>Pueraria phaseoloides</i>	1.0/1.8	.208	25	.667	165	190

a. Seca/lluviosa, respectivamente

b. Descansada por 71 días en 1980

Después de varios años de evaluación continua, la asociación gramínea/leguminosa entre *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata* sigue siendo altamente promisorio. Las ganancias anuales de peso vivo del ganado que pasta esta asociación en los Llanos colombianos es de alrededor de 200 kg/animal.



previos adelantados en Carimagua con *D. ovalifolium* indicaron la necesidad de una gramínea compañera muy agresiva para esta leguminosa y de prácticas de manejo que estimularan el consumo de la leguminosa para mantener un equilibrio apropiado entre los componentes de la pastura para lograr una mejor respuesta de los animales. Los datos preliminares sobre el comportamiento de éstos son muy alentadores, habiéndose obtenido ganancias de peso vivo de más de 500 g/animal por día.

La Figura 5 presenta un resumen de los últimos 10 años del trabajo de evaluación sobre ganancias de peso vivo de los animales en las sabanas utilizando diversos sistemas de pasturas. En esencia, estos datos confirman el precepto fundamental del Programa de que la tecnología mejorada de pasturas es la clave para lograr mejoras sustanciales en el comportamiento animal en los suelos ácidos e infértiles de América Latina.

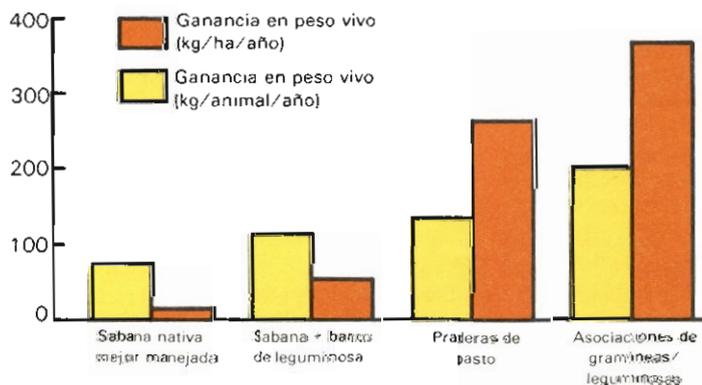


Figura 5 Resumen de 10 años de información sobre el comportamiento animal utilizando varios sistemas de praderas, en Carimagua 1971-1981.

Evaluación de Pasturas en Sistemas de Producción

Las actividades de investigación incluidas en la tercera etapa, evaluación de pasturas en sistemas de producción, tienen un triple propósito dentro del Programa de Pastos Tropicales. En primer lugar, estudiar y diagnosticar los sistemas preexistentes de producción pecuaria e identificar los factores limitativos biológicos y económicos para una producción animal eficiente; en segundo lugar, integrar pasturas mejoradas, estrategias de manejo y esquemas de salud animal a los sistemas de producción; y en tercer lugar, evaluar el impacto potencial de la adopción de tecnología en la producción de carne y leche y en los beneficios para los consumidores y los productores.

Seguimiento de los Sistemas de Producción Imperantes

Un proyecto en gran escala con el nombre de Evaluación Técnico Económica de Sistemas de Producción (ETES), iniciado en 1977, está diseñado para identificar y describir los sistemas de producción pecuaria existentes en las sabanas de América tropical. Este proyecto se adelanta en colaboración con el Instituto de Producción Animal, Universidad de Berlín, Alemania Occidental; la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ); el Centro de Investigación Agrícola de los Cerrados (CPAC/EMBRAPA) en Planaltina, Brasil; y el Centro de Investigación Agrícola de la Región Nororiental (CIARNO/FONAIAP) en Maturín, Venezuela.

El Proyecto ETES en Colombia se completó en 1980 y se está preparando un informe final. La recolección de la información técnica y económica para el Proyecto ETES en Brasil ya se concluyó; estos datos están ahora en análisis final. El proyecto de Brasil se concentró en siete fincas en el estado de Goiás y cinco en Mato Grosso. Las tasas promedio de destete (es decir, más del 60 por ciento) en Brasil fueron considerablemente mayores que las observadas en los Llanos Orientales de Colombia. Estas tasas superiores se atribuyen a la disponibilidad de mejores recursos forrajeros, mejor manejo y menor tamaño de finca, factores que probablemente también responden por ganancias de peso ligeramente superiores del ganado de carne en pastoreo en el contexto brasileño. Además, una menor extensión de tierras bajas y una estación seca más prolongada en los Cerrados de Brasil que en los Llanos Orientales de Colombia responden parcialmente por la tasa de adopción relativamente alta de pastos introducidos y esquemas de rotación de cultivos por parte de los agricultores.

A finales de 1981 se completó la obtención de datos de campo en 13 fincas en el Proyecto ETES en Venezuela. En contraste con lo encontrado en Colombia, se observó que en los Llanos de Venezuela se practican las operaciones extensivas de lechería; aproximadamente una tercera parte de las vacas estudiadas en 1981 eran de ordeño.

La Fase II del Proyecto ETES está diseñada para evaluar el efecto de la introducción de un paquete tecnológico que incluye pasturas mejoradas a base de leguminosas, suplementación mineral, apareamiento restringido



Por medio de la red internacional de evaluación de pastos, los programas nacionales están ensayando gramíneas y leguminosas promisorias que se adapten a las condiciones agroecológicas específicas. Aquí un aspecto de ensayo regional en Porto Velho (Amazonía), Brasil.

y destete sistemático. En Colombia, un seguimiento de esta naturaleza se está realizando en siete fincas, las cuales también se incluyeron en la Fase I. Las pasturas mejoradas son, en su mayoría, asociaciones de *B. decumbens* con *D. ovalifolium* y *A. gayanus* con *S. capitata*. La mayoría fue establecida en 1980-81. El estudio implica la toma de registros completos sobre utilización de pasturas y comportamiento animal. La recolección de datos se inició en 1982.

Integración de Estrategias de Producción Ganadera

En el Centro del Cerrado se está adelantando un experimento a largo plazo para estudiar el efecto del uso estratégico de pasturas mejoradas, del destete precoz y de diferentes temporadas de apareamiento en la fertilidad de las vacas. Se ha demostrado una interacción clara entre el uso de pasturas mejoradas y la edad del destete: el destete precoz conduce a una tasa de nacimientos 25 por ciento superior cuando se asocia con el uso de pasturas mejoradas durante la temporada de apareamiento restringida.

El comportamiento en peso de los terneros nacidos en este experimento se registró del nacimiento en adelante. Al año de edad, los terneros destetados a los tres meses pesaron considerablemente menos que los destetados a los cinco meses. Sin embargo, estas diferencias ya no fueron

El uso estratégico de pequeñas extensiones de pasturas sembradas se está evaluando en relación con la suplementación de hatos de cría en sabanas.

significativas a edades por encima de los 18 meses. Estos resultados confirman la existencia de un marcado crecimiento compensatorio en animales con acceso a pastos tropicales mejorados.

Una línea básica de investigación en la evaluación de pasturas en sistemas de producción es la evaluación del uso estratégico estacional de pasturas sembradas en áreas pequeñas, para la suplementación de hatos de cría en sabanas. Esta investigación se realizó en Carimagua como un experimento de manejo de sistemas de hatos de cría, el cual se inició en 1977 y se concluyó a finales de 1981. Las pasturas sembradas eran, en su mayor parte, de *B. decumbens*. Los resultados indican que, en términos del peso de los terneros destetados/vaca por año, el mejor comportamiento se logra con el apareamiento continuo. Los datos muestran que las diferencias entre los tratamientos se deben principalmente al comportamiento reproductivo y en menor grado a las ganancias de peso de los terneros. En condiciones de sabana nativa bien manejada, se observó que alrededor del 25 por ciento de las vacas en lactación reconcieron. Sin embargo, cuando hay leguminosas disponibles, el porcentaje de vacas en lactación que reconcieron aumentó al 64 por ciento. Pese a que el análisis estadístico aun no se ha completado, se puede concluir que la disponibilidad de leguminosas cumple una función fundamental en el mejoramiento de las tasas de natalidad.

La fotosensibilización clínica es un síndrome observado con frecuencia en el ganado joven que pastorea *B. decumbens*. La investigación adelantada ha conducido al desarrollo de una técnica que mide el nivel de enzimas hepáticas específicas para diagnosticar casos subclínicos. Mediante su uso se demostró que existe una relación cercana entre un comportamiento por debajo del promedio en ganancia de peso y la presencia de fotosensibilización subclínica. En consecuencia, la importancia económica de este síndrome puede ser mayor que la que se le atribuía anteriormente. Por otra parte, hay algunas evidencias que indican que la fotosensibilización puede estar relacionada con niveles muy bajos de zinc en el forraje de *B. decumbens*, hipótesis que actualmente se está probando.

Implicaciones Económicas del Uso de Pasturas Mejoradas

A medida que los esfuerzos de desarrollo de tecnología del Programa resulten en mayor cantidad de material de germoplasma para lanzamiento eventual por las instituciones nacionales, simultáneamente aumenta la necesidad de proporcionar información a los usuarios potenciales sobre los méritos e inconvenientes de las diferentes tecnologías. Para el efecto, el Programa está comprometido en un ejercicio para comparar grupos de tecnologías mejoradas de pasturas, incluyendo usos alternativos de forrajes en las condiciones de los Llanos Orientales de Colombia. Utilizando valores derivados empíricamente para parámetros tales como costos de establecimiento de pasturas y otras inversiones necesarias para sistemas alternativos de producción de ganado de carne, un análisis preliminar con base en un modelo de programación lineal indicó: (a) que la ventaja relativa de las tecnologías alternativas de producción de ganado de carne en las sabanas depende en gran medida de los precios relativos de la tierra de pastoreo por unidad animal; (b) que las inversiones por unidad animal son relativamente estables en todas las tecnologías de producción de pasturas analizadas; (c) que, dadas las estructuras actuales de precios, las alternativas de producción con base en el uso exclusivo de pasturas mejoradas sólo prometen una rentabilidad relativamente baja, pero que el uso estratégico de pasturas mejoradas

para resolver cuellos de botella específicos (por ejemplo, destete de terneros o engorde de vacas de descarte) es una opción muy atractiva desde el punto de vista económico; y (d) que los sistemas de doble propósito (es decir, de producción de carne y leche) con base en tecnología mejorada de pasturas constituyen una posibilidad adicional económicamente promisorio, particularmente para operaciones en menor escala.

Un ejemplo ilustrativo de las ventajas económicas de la nueva tecnología de pasturas es un análisis de los sistemas de ganado de engorde en pasturas mejoradas en los Llanos Orientales de Colombia. En este ejercicio, construido sobre los resultados disponibles de ensayos de pastoreo realizados durante un período de tres años, las tasas internas de retorno se calcularon para los 6 y 12 años a precios constantes para una finca modelo de 300 hectáreas. No se incluyó el valor de la tierra, en el supuesto de que el productor fuera el propietario de la tierra y deseando identificar la mejor alternativa de pastura para propósitos de engorde. Para este análisis también se asumió que el proceso de engorde se inicia en la estación seca con cargas bajas, pero que éstas aumentan en la estación lluviosa al agregar novillos de 250 kg de peso vivo inicial. Se asume que todos los novillos son enviados al mercado a finales de la estación lluviosa. En la evaluación de las diferentes alternativas tecnológicas, se infirieron los patrones de fertilización recomendados por el CIAT. El comportamiento de *B. decumbens* (es decir, de la gramínea sola) se utilizó como base para la comparación entre alternativas (el uso de *B. decumbens* en pasturas puras ya se encuentra relativamente difundido).

Como lo muestra la Figura 6, las asociaciones (1) *A. gyanus* con *S. capitata* y (2) *B. decumbens* con franjas de *P. phaseoloides*, y (3) el uso de sabana nativa con franjas de *P. phaseoloides* presentan todas tasas internas de retorno considerablemente superiores a las de *B. decumbens* en pastura pura.

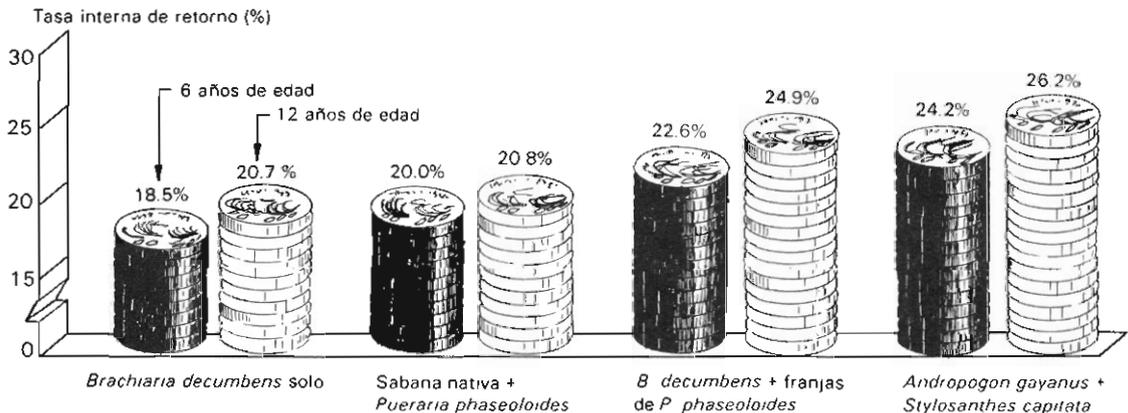


Figura 6. Rentabilidad estimada de las operaciones de engorde utilizando diversas técnicas mejoradas de producción de pasturas bajo condiciones experimentales en los Llanos de Colombia, representados por Carimagua



Unidad de Semillas



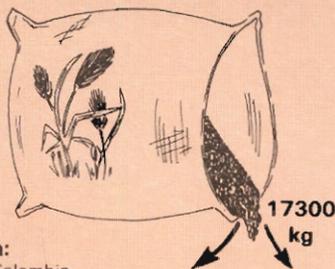
LA UNIDAD de Semillas se estableció a principios de 1979, inicialmente como un proyecto a cinco años con el apoyo financiero de la Cooperación Suiza para el Desarrollo. Sus propósitos son, en primer término, proporcionar tecnología de semillas a los programas bajo la responsabilidad del CIAT por medio del asesoramiento y la asistencia en la producción de semilla básica; en segundo término, cumplir una función catalítica en la transferencia de semillas de variedades e híbridos promisorios a las agencias nacionales para su multiplicación. Como la mayoría de los países en América Latina han incrementado sus esfuerzos para desarrollar programas de semillas y han expresado su deseo de recibir más asistencia técnica internacional, la Unidad de Semillas hace énfasis especial en la colaboración técnica y la capacitación en tecnología de semillas como medios para ayudar a fortalecer tales actividades a nivel nacional. Como esta última tarea requiere que la Unidad proporcione asistencia técnica en una amplia gama de asuntos relacionados con semillas, aquella debe necesariamente tratar aspectos que desbordan el enfoque estricto hacia ciertos productos agropecuarios que tiene el resto del CIAT.

Producción y Suministro de Semillas

La Unidad de Operaciones de Campo y la Unidad de Semillas tienen a su cargo la producción de semillas en el CIAT. La primera tiene la responsabilidad del cultivo para la producción de semilla, en tanto que la segunda tiene a su cargo el control de calidad, el secamiento, el acondicionamiento, el almacenamiento y el despacho de la semilla. Todas las solicitudes de semilla son revisadas conjuntamente con los respectivos programas de investigación del CIAT.

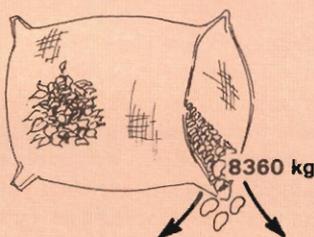
En 1981 se multiplicaron y distribuyeron semillas de materiales promisorios de frijol, arroz y pastos tropicales. Además, la Unidad tuvo a su cargo el mantenimiento y el suministro de líneas genéticas de maíz disponibles para el público. La Unidad recibió del ICRISAT y de algunos países líneas promisorias de sorgo para programas de desarrollo de híbridos, las cuales se mantienen para distribución a solicitud de los interesados. A pedido del Perú se multiplicaron dos líneas de *Stylosanthes*. La Figura 1 resume los tipos y cantidades de semilla producida y despachada por la Unidad de Semillas en 1981.

Arroz (3 variedades o líneas)



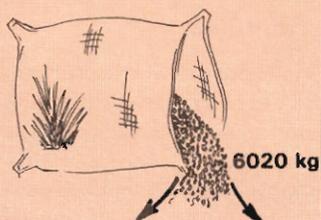
a:
Colombia

Fríjol (9 variedades o líneas)



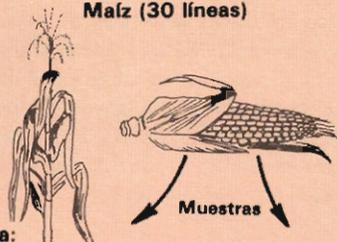
a:
Argentina, Cuba, Ecuador, Guatemala,
Honduras, Nicaragua, Perú

Pastos Tropicales (1 especie)



a:
Bolivia, Brasil, Colombia, Perú

Maíz (30 líneas)



a:
Argentina, Bolivia, Cuba,
República Dominicana, Ecuador,
Guatemala, Nicaragua, Paraguay,
Perú, E.U., Venezuela.

Figura 1. En 1981, la Unidad distribuyó semilla a diversos países del hemisferio occidental para su multiplicación y producción comercial. La figura muestra el número total de líneas o variedades de cada especie y la cantidad total de semilla despachada.

Capacitación Científica y Reuniones de Discusión

La Unidad ofreció dos cursos en 1981: un curso básico de ocho semanas sobre producción y tecnología de semillas para 30 participantes de 14 países en América Latina; y un curso avanzado en garantía y control de calidad de semillas ofrecido a 31 participantes de 13 países de América Latina. También se proporcionó asistencia a los cursos realizados en los países y a las actividades de capacitación científica adelantadas por los programas de frijol y arroz del CIAT. Un total de 42 líderes de programas nacionales de semillas y algunos representantes de asociaciones y empresas de semillas participaron en una reunión patrocinada por la Unidad de Semillas sobre "Estrategias, Planes y Ejecución de Programas de Semillas" realizada en el CIAT en enero de 1981. Adicionalmente, 82 participantes, principalmente representantes de empresas y asociaciones de semillas, asistieron a otra reunión relacionada con la anterior sobre "Manejo de Empresas de Semillas y Mercadeo", realizada en el CIAT en mayo de 1981. Ambas reuniones se propusieron diseñar guías para desarrollo de programas y de la industria de semillas.

Colaboración Técnica

En 1981 la Unidad completó la revisión del estado de desarrollo de los programas nacionales de semillas en América Latina para determinar la dirección futura de sus actividades de apoyo. Encontró que solamente un país tiene un programa altamente satisfactorio; otros cinco están desarrollando programas efectivos; en 15 países los programas se encuentran menos avanzados y requieren mayor atención y desarrollo; uno de los 22 países estudiados escasamente tiene un programa operante de semillas. La asistencia en cada caso se proporcionará según el estado de desarrollo.

Con el fin de estrechar la colaboración en el desarrollo de programas de semillas en América Latina, se conformó un "Comité de Enlace de Semillas" con representación de América Central, CIMMYT, ICRISAT, CIP, la Universidad de Costa Rica y la Universidad del Estado de Mississippi.

La Unidad de Semillas también dió orientación a los subcomités técnicos de América Central en frijol, arroz, sorgo y maíz. Durante la

reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, realizada en 1981 en la República Dominicana, se completaron las descripciones varietales y guías para la producción de estos cultivos, y se estableció un grupo especial a cargo de los documentos sobre investigación y los asuntos relacionados con semillas.

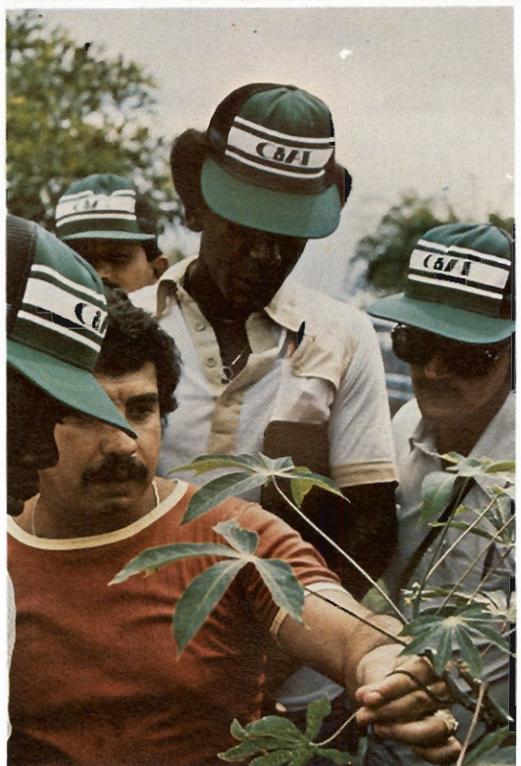
A fin de estimular el desarrollo de los programas de semillas a nivel nacional y proporcionarles asistencia técnica, el personal científico de la Unidad continuó en 1981 su programación intensiva de visitas a las actividades de semillas en la región. Estos viajes, que comprendieron 13 países en 1981, permiten hacer un seguimiento a los participantes en capacitación científica, contribuyen al desarrollo de estrategias de los programas y ayudan a resolver problemas de producción y calidad.

Desarrollo de la Red

Después de solamente tres años de operación, la Unidad de Semillas del CIAT ha demostrado que su apoyo al desarrollo de los programas de semillas en América Latina está llenando un importante vacío en la difusión y utilización de tecnología agrícola mejorada. Su presencia activa ha contribuido sustancialmente a llamar la atención sobre la importancia de mejorar los programas nacionales de semillas, y sus esfuerzos intensivos en capacitación científica están contribuyendo a la preparación de personal calificado en tecnología de producción de semillas. En 1981 se inició la publicación del boletín trimestral "Semillas para América Latina" cuyo objetivo es colaborar en el desarrollo de la red. Un fenómeno reciente de suma importancia es el surgimiento de una red regional de profesionales en semillas, muchos de los cuales están colaborando con la Unidad de Semillas. Se espera que esta red, que recibe el apoyo posible de la Unidad de Semillas del CIAT, pueda impulsar la cooperación en actividades de semillas en la región y proporcionar mecanismos para el intercambio horizontal de semillas mejoradas.



Durante 1981, se terminó la construcción de las instalaciones de la Unidad de Semillas en el CIAT (derecha) y se empacó para despacho la primera semilla básica (izquierda).



Capacitación Científica



EL CIAT es un centro de investigación y capacitación. Este último componente es fundamental para el desarrollo de los canales de transferencia tecnológica entre los niveles nacional e internacional. Al mismo tiempo la capacitación es el principal medio de colaboración del CIAT con los programas nacionales en el fortalecimiento de sus capacidades para hacer investigación agrícola en forma cooperativa o independiente. Adicionalmente, el CIAT está consciente de que las redes de investigación en cultivos en América Latina creadas para apoyar su investigación en determinados cultivos son en gran medida el resultado directo de sus esfuerzos en capacitación.

- El CIAT ofrece capacitación a nivel de posgrado de los siguientes tipos:
- Cursos intensivos de investigación para producción en los cultivos en los cuales trabaja el CIAT
 - Internados individuales que permiten a los participantes especializarse en determinados aspectos de los cuatro cultivos en investigación por parte del CIAT
 - Internados para trabajo de tesis de maestría y doctorado.

En 1981 recibieron capacitación en CIAT 229 profesionales (Cuadro 1). La duración de los internados varió de 1 a 12 meses, con un promedio de 4 meses.

El CIAT financió en 1981 la capacitación de 69 participantes. El resto, exceptuando a tres que pagaron sus propios gastos, fue financiado por sus propias u otras instituciones.

En 1981, como reflejo de la preocupación fundamental del CIAT de estrechar sus relaciones de trabajo con instituciones colaboradoras en América Latina y El Caribe, y por razones de proximidad, el 92% de los participantes en capacitación procedieron de esta región. Su número por países aparece en la Figura 1.

Aproximadamente las 3/4 partes de los participantes en capacitación en 1981 recibieron adiestramiento sobre cultivos no relacionado con trabajo de grado. En su mayoría estas personas tomaron parte en cualquiera de los siete cursos cortos de 4 a 12 semanas de duración ofrecidos por el CIAT durante el año. Según la práctica corriente en los últimos años, cerca de un tercio de los participantes ingresó a internados individuales de 3 a 4 meses luego de su participación en un curso corto.

El total de profesionales que ha recibido capacitación en el CIAT desde 1970 supera ahora los 2000. Naturalmente, se han presentado algunas bajas entre los profesionales entrenados en el CIAT en su trabajo en

Cuadro 1. Profesionales capacitados en el CIAT en 1981 por categoría de capacitación en cada programa de investigación y unidad de apoyo.

Programa o unidad	Número de capacitados					Subtotal por programa
	Asociados de investigación visitantes	Investigadores	Investi- posgraduados internos	Participantes especiales	Participantes en cursos cortos	
Programa de investigación						
Fríjol	8	11	24		9	52
Yuca	6	3	13	14	10	46
Arroz		2	17	1	6	26
Pastos tropicales	7	7	22	3	5	44
Total programas de investigación	21	23	76	18	30	168
Unidades de apoyo y otros						
Audiotutoriales			2	1		3
Tecnología y producción de semillas		1	3		52	56
Manejo de operaciones de la estación			1			1
Total unidades de apoyo y otros	1	1	6	1	52	61
Total 1981	22	24	82	19	82	229

Cuadro 2. Conferencias patrocinadas y copatrocinadas en el CIAT en 1981.

Nombre	Número de participantes
Seminario sobre Estrategias de Investigación y Políticas Agrícolas (CIAT/CIMMYT/Kettering), enero 14-16	39
Taller sobre Estrategias, Planeación y Administración de Semillas, enero 19-23	39
VIII Reunión de la Sociedad Latinoamericana de Fisiología Vegetal y XIII Reunión de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal (COMALFI), enero 28-30	160
Taller sobre Tecnología de Fijación Biológica de Nitrógeno (CIAT/NIFTAL/ICRISAT), marzo 9-13	155
Taller sobre Reciclamiento de Nitrógeno (SCOPE/UNDP), marzo 16-21	55
Seminario de Consulta sobre Estrategias y Capacitación en el CIAT, abril 7-9	30
Tercer Taller sobre Viveros Internacionales de Rendimiento y Adaptación de Fríjol, abril 22-24	58
Taller sobre Administración y Mercadeo de Semillas, mayo 18-22	97
Cuarta Conferencia del Programa Internacional de Pruebas de Arroz para América Latina, agosto 10-13	49
Quinta Conferencia Internacional de Fitobacteriólogos, agosto 17-21	110
Taller para Fitomejoradores de Fríjol de los Estados Unidos, noviembre 23-26	17
Total	809

instituciones nacionales. No obstante, se cree que existe una masa crítica de científicos capacitados y que en el futuro se puede poner mayor énfasis en la capacitación de mayor duración especialmente con propósitos de posgrado para así ayudar a las instituciones nacionales en sus esfuerzos por elevar aún más el nivel científico de su personal.

Con tal propósito el CIAT ofreció oportunidades de investigación para tesis de maestría a 23 estudiantes en 1981. Además 15 estudiantes hicieron investigación para tesis de doctorado en el CIAT, en su mayor parte procedentes de países desarrollados donde hacen estudios académicos en universidades con las cuales el CIAT colabora.

También en 1981 aumentó la colaboración con cursos de capacitación en los países como parte de los esfuerzos del CIAT por ayudar a las instituciones nacionales de investigación a adiestrar funcionarios de extensión en el uso de nuevas variedades y prácticas culturales. Los funcionarios del CIAT colaboran con las instituciones nacionales al dirigir los cursos y suministrar materiales de enseñanza adecuados para los mismos. La ayuda del CIAT para los cursos en los países tiene propósitos catalíticos en el sentido de que se provee hasta que la respectiva institución nacional esté en capacidad de continuar por sí misma con la serie de cursos.

En 1981 se colaboró con cursos sobre frijol en Colombia, Chile, Cuba, Guatemala, Nicaragua y Perú; con cursos de producción de arroz en Honduras y Panamá y con un curso de producción de yuca en Colombia.

Durante el año tuvieron lugar o fueron copatrocinadas por el CIAT 11 conferencias, entre talleres, seminarios y reuniones (Cuadro 2) con el fin de intercambiar conocimientos y acordar estrategias en las redes de investigación de cultivos del CIAT.

Otras conferencias no relacionadas con cultivos examinaron el estado de conocimientos en varios temas específicos de investigación.

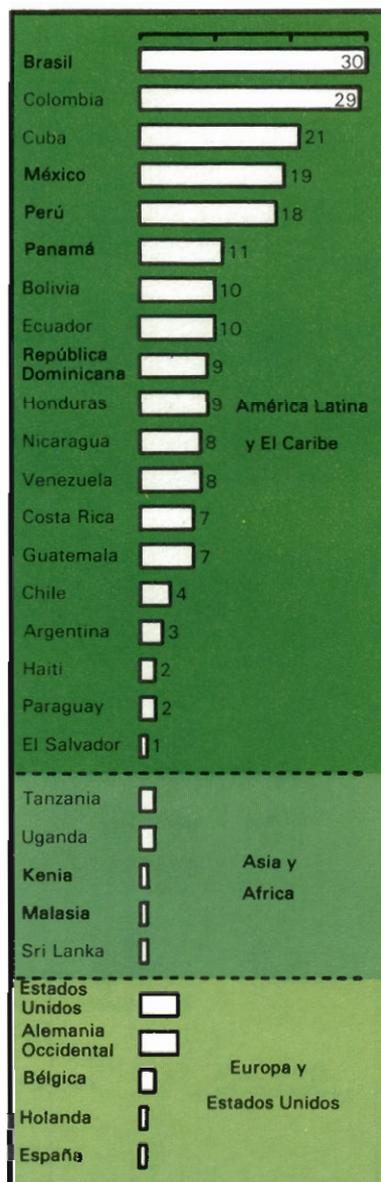


Figura 1. Profesionales adiestrados en CIAT en 1981 por país de origen.

Estados Financieros



CENTRO SEGUROS BOLIVAR
CARRERA 4 No. 12-41
APARTADO AEREO: 180
TELEFONO: 701-146
CALI - COLOMBIA

Marzo 8, 1982

DICTAMEN DE LOS AUDITORES INDEPENDIENTES

Señores Miembros de la Junta Directiva del
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

En nuestra opinión, los balances generales y los correspondientes estados de ingresos y egresos y fondos sin desembolsar que se acompañan presentan en forma fidedigna la situación financiera del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) a Diciembre 31, 1981 y 1980 y los resultados de sus operaciones por los años terminados en esas fechas, de conformidad con principios de contabilidad generalmente aceptados y consistentemente aplicados. Nuestros exámenes de estos estados financieros fueron hechos de acuerdo con normas de auditoría generalmente aceptadas y por consiguiente incluyeron las pruebas de los registros de contabilidad y los demás procedimientos de auditoría que consideramos necesarios en las circunstancias.

Nuestro examen por el año terminado en Diciembre 31, 1981 también cubrió el estado de comparación del presupuesto aprobado y los desembolsos reales para el año terminado en esa fecha, que se acompaña como información suplementaria y, en nuestra opinión, este estado presenta fidedignamente la información mostrada en él.

Price Waterhouse

BALANCE GENERAL

(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

ACTIVO	Diciembre 31		PASIVO Y SALDOS DE FONDOS	Diciembre 31	
	1981	1980		1981	1980
ACTIVO CORRIENTE			PASIVO CORRIENTE		
Caja	1,484	1,471	Sobregiros bancarios	44	73
Cuentas por recibir			Cuentas por pagar	2,371	2,601
Donantes	273	201			
Empleados	275	172			
Otros	1,268	1,372			
	<u>1,816</u>	<u>1,745</u>			
Inventarios	1,335	1,290*	Total pasivo corriente	2,415	2,674
Gastos pagados por anticipado	69	5			
Total del activo corriente	<u>4,704</u>	<u>4,511</u>	DONACIONES RECIBIDAS POR ANTICIPADO	<u>407</u>	<u>305</u>
ACTIVOS FIJOS			SALDOS DE FONDOS		
Equipos	3,682	3,357	Invertido en activos fijos	15,290	14,194*
Avión	676	676	Fondos sin desembolsar (déficit)		
Vehículos	1,993	1,441*	Programas básicos		
Vehículos (reemplazos) en tránsito	523	840	Sin restricción	(100)	
Muebles, enseres y equipos de oficina	1,286	1,247	Fondo de trabajo	603	860
Edificios	6,929	6,415	Donaciones de capital	265	198*
Otros	201	218	Proyectos especiales		
			Donantes	1,217	641
Total de activos fijos	<u>15,290</u>	<u>14,194</u>	Otro	(103)	(167)
Total del activo	<u>19,994</u>	<u>18,705</u>		<u>1,882</u>	<u>1,532</u>
			Total saldos de fondos	17,172	15,726
			Total del pasivo y saldos de fondos	<u>19,994</u>	<u>18,705</u>

* Reclasificado para efectos comparativos

Las notas en la página 106 son parte integrante de los estados financieros.

ESTADO DE INGRESOS Y EGRESOS Y FONDOS SIN DESEMBOLSAR

(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	<u>Diciembre 31</u>	
	<u>1981</u>	<u>1980</u>
Ingresos		
Programas básicos		
Donaciones de operación		
Sin restricción	9,283	14,122
Restringidos	6,358	
Donaciones para fondos de trabajo		96
Donaciones de capital	678	551
Total programas básicos	16,319	14,769
Proyectos especiales - donaciones	2,732	1,977
Ingresos devengados	540	582
Total ingresos	19,591	17,328
Egresos		
Programas básicos		
Investigación en cultivos	5,554	4,950
Investigación en recursos de tierra	3,949	3,563
Cooperación internacional	2,165	2,317
Gastos de administración	1,343	1,181
Gastos generales de operación	3,200	2,350
Total programas básicos	16,211	14,361
Proyectos especiales	1,934	1,773
Adquisición de activos fijos	1,096	1,763*
Total egresos	19,241	17,897
Exceso de ingresos sobre egresos		
Fondos sin restricción	(100)	(7)
Fondo de trabajo	70	446
Donaciones de capital	(418)	(1,212)*
Proyectos especiales	798	204*
	350	(569)
Trasposos entre fondos		
De fondo de trabajo	(327)	
De proyectos especiales	(158)	(560)
A donaciones de capital	485	560
	350	(569)
Fondos sin desembolsar al principio del año	1,532	2,101*
Fondos sin desembolsar a fin del año (ver balance general)	1,882	1,532

*Reclasificado para efectos comparativos

Las notas en la página 106 son parte integrante de los estados financieros.

Notas a los Estados Financieros

NOTA 1 - PROCEDIMIENTOS CONTABLES

Los siguientes procedimientos y prácticas contables significativos de CIAT se presentan para facilitar el entendimiento de la información presentada en los estados financieros:

Inventarios

Los inventarios son valorados al costo promedio que es menor que el valor de mercado.

Activos fijos

Los activos fijos están registrados al costo.

Depreciación

De acuerdo con principios de contabilidad generalmente aceptados aplicables a entidades sin ánimo de lucro, CIAT no registra depreciación sobre sus propiedades y equipo.

NOTA 2 - TRANSACCIONES EN MONEDA EXTRANJERA

Las transacciones en moneda extranjera están controladas por el gobierno colombiano y, por consiguiente, los dólares que se reciban en Colombia deben ser vendidos por conductos oficiales. Las siguientes tasas de cambio fueron utilizadas por CIAT para expresar en dólares estadounidenses (\$) las transacciones en pesos colombianos (P):

	<u>P/\$1</u>	
Saldos en pesos incluidos en activos corrientes y pasivos corrientes	59.07	Tasa de cambio a fin de año
Ingresos en pesos y desembolsos en pesos para propiedades y equipo y gastos	54.49	Promedio mensual de tasa de cambio resultante de venta de dólares

NOTA 3 - OPERACIONES

El terreno en el cual CIAT lleva a cabo sus operaciones fue cedido al CIAT bajo un acuerdo con el gobierno colombiano que vence en julio 15, 2000. El acuerdo puede ser prorrogado después de dicha fecha por consentimiento mutuo, pero si no lo es, entonces CIAT será obligado a ceder sus activos inmuebles en el terreno al gobierno.

INFORMACION SUPLEMENTARIA COMPARACION DE PRESUPUESTO APROBADO Y LOS DESEMBOLSOS REALES

(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	Programas básicos restringidos		Programas básicos sin restricción		Capital	
	Presupuesto aprobado	Real	Presupuesto aprobado	Real	Presupuesto aprobado	Real
Investigación en cultivos						
Oficina del director	83	59	241	190		
Frijol	1,226	1,117	619	505		
Yuca	1,089	1,022	602	691		
Arroz	330	330	294	270		
Unidad de germoplasma	50	50	276	245		
Servicios a la investigación	148	129	214	177		
Operaciones de la estación	301	298	436	472		
	<u>3,227</u>	<u>3,005</u>	<u>2,682</u>	<u>2,550</u>		
Investigación en recursos de tierra						
Oficina del director	71	54	200	171		
Pastos tropicales	990	990	1,875	1,692		
Carimagua	250	239	281	280		
Servicios de datos	228	232	254	293		
	<u>1,539</u>	<u>1,515</u>	<u>2,610</u>	<u>2,436</u>		
Cooperación internacional						
Oficina del director			183	135		
Adiestramiento y conferencias	544	544	354	240		
Comunicaciones	330	330	624	484		
Biblioteca y servicios de documentación	220	220	307	212		
	<u>1,094</u>	<u>1,094</u>	<u>1,468</u>	<u>1,071</u>		
Administración						
Junta directiva	9	10	43	48		
Oficina del director general	46	31	217	159		
Contraloría	80	70	374	358		
Administrador ejecutivo	116	110	546	556		
	<u>251</u>	<u>221</u>	<u>1,180</u>	<u>1,121</u>		

— (Continúa)

Información Suplementaria - (Continuación)

Gastos generales

Planta física	199	179	927	912
Parque automotor	148	165	694	849
Gastos generales	162	179	762	914
	<u>509</u>	<u>523</u>	<u>2,383</u>	<u>2,675</u>

Otros - Contingencias	30		138	
Total programas básicos	<u>6,650</u>	<u>6,358</u>	<u>10,461</u>	<u>9,853</u>

Capital

Activos fijos			<u>976</u>	<u>1,096</u>
---------------	--	--	------------	--------------

Análisis de variaciones

Menor valor recibido en donaciones	292		708	
Mayor valor de fondos utilizados			(100)	
Traslado de fondos de proyectos especiales				(158)
Traslado de fondo de trabajo				(327)
Exceso de fondos transferido a fondos sin desembolsar				<u>365</u>
	<u>292</u>		<u>608</u>	<u>(120)</u>

Personal Principal y Profesional

DIRECCION GENERAL

Científico principal

John L. Nickel, Ph.D., Dr. sc. agr. h.c., Director General

Asistente

Cecilia Acosta, Asistente Administrativo

ADMINISTRACION

Científico principal

Jesús Antonio Cuéllar, M.B.A., Administrador Industrial,
Administrador Ejecutivo

Grupo Administrativo de Servicio

José J. Cortés, Superintendente, Estación de Carimagua

Asociado

Camilo Alvarez, M.S., Asociado Administrativo

Asistentes

Ricardo Castañeda, Asistente Administrativo,
Relaciones Gubernamentales (Bogotá)
Edgard Vallego, Adm. Emp., Jefe, Oficina de Viajes

Alimentos y Vivienda

Grupo Administrativo de Servicio

Eduardo Fonseca, Jefe

Recursos Humanos

Grupo Administrativo de Servicio

Germán Vargas, M.S., Administrador Industrial, Jefe

Asistente

Germán Arias, Abog., Jefe de Personal

Servicios de Mantenimiento

Grupo Administrativo de Servicio

Germán Gutiérrez, Ing. Mec., Superintendente

Asistentes

Mario Cadena, Departamento Eléctrico
Marvin Heenan, Jefe, Parque Automotor



Suministros

Grupo Administrativo de Servicio
Fernando Posada, M.S., Jefe

Asistentes

Percy de Castro, Jefe, Bodega
Marino López, Jefe, Importaciones
Diego Mejía, Jefe, Compras

CONTRALORIA

Científico principal

Andrew V. Urquhart, F.C.A., Contador Certificado, Contralor

Grupo Administrativo de Servicio

Héctor Flórez, C.P.A., Contralor Asistente
Joffre Guerrero, Contralor Asistente

- * Mauricio Lozano, M.B.A., Contralor Asistente

Asistentes

- * Gregorio Bedoya, C.P., Tesorero (con sede en Carimagua)
- Alexis Corrales, Tesorero (con sede en Carimagua)
- Jaime Cumba, Asistente, Presupuesto
- César Moreno, C.P., Contador
- Mario Rengifo, Cajero

INVESTIGACION EN CULTIVOS

Científico principal

Douglas R. Laing, Ph.D., Director



PROGRAMA DE FRIJOL

Científicos principales

- Aart van Schoonhoven, Ph.D., Entomólogo, Coordinador
Stephen Beebe, Ph.D., Fitomejorador, Proyecto Frijol para América Central (con sede en Ciudad de Guatemala)
Jeremy H. C. Davis, Ph.D., Agrónomo, Fitomejoramiento
Guillermo E. Gálvez, Ph.D., Fitopatólogo, Coordinador Regional, Proyecto Frijol para América Central (con sede en San José, Costa Rica)
Peter H. Graham, Ph.D., Microbiólogo, Microbiología
Francisco J. Morales, Ph.D., Virólogo, Virología
Silvio H. Orozco, M.S., Fitomejorador, Proyecto Frijol para América Central (con sede en Ciudad de Guatemala)
Douglas Pachico, Ph.D., Economista, Economía
Marcial Pastor-Corrales, Ph.D., Patólogo, Fitopatología
- * John H. Sanders, Ph.D., Economista Agrícola, Economía
 - Federico Scheuch, M.S., Agrónomo, Proyecto Colaborativo de Frijol Perú/CIAT (con sede en Lima, Perú)
 - Shree P. Singh, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
 - ** Steven R. Temple, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
 - Michael D. Thung, Ph.D., Agrónomo, Agronomía (con sede en Goiania, Brasil)
 - Oswaldo Voysest, Ph.D., Agrónomo, Agronomía

Científicos visitantes

César Cardona, Ph.D., Entomología
Ramiro de la Cruz, Ph.D., Fisiología

Científico posdoctoral

Michael Dessert, Ph.D., Fitomejoramiento

Asociados de investigación visitantes

- * Robin Buruchara, M.S., Fitopatología
- Julia Kornegay, M.S., Fitomejoramiento
- * Deborah Mulindwa, M.S., Fitomejoramiento/ Fitopatología
- * Theresa Sengooba, M.S., Virología

Asociados de investigación

José Ariel Gutiérrez, M.S., Fitomejoramiento
Carlos Jiménez, M.S., Fitomejoramiento
Nohra R. de Londoño, Ing. Agr., Economía
Jorge Ortega, M.S., Agronomía

Asistentes de investigación

- * Alfredo Acosta, Ing. Agr., Entomología
- Bernardo Alzate, Ing. Agr., Agronomía
- * Carlos Bohórquez, Ing. Agr., Agronomía
- Horacio Carmen, Ing. Agr., Fitopatología
- Mauricio Castaño, Ing. Agr., Virología
- Jesús A. Castillo, Ing. Agr., Fisiología
- Fernando Correa, Ing. Agr., Fitopatología
- Aurora Duque, Ing. Agr., Microbiología
- Myriam C. Duque, Lic. Mat., Economía
- Oscar Erazo, Ing. Agr., Agronomía
- Diego Fonseca, Ing. Agr., Fisiología
- Jorge E. García, Ing. Agr., Entomología
- * Luis Hernández, Ing. Agr., Fitomejoramiento
- Oscar Herrera, Ing. Agr., Economía
- Carlos Mantilla, Ing. Agr., Entomología
- Nelson Martínez, Ing. Agr., Agronomía
- Gustavo Montes de Oca, Ing. Agr., Agronomía
- Gerardo Tejada, Ing. Agr., Agronomía
- * Silvio Viteri, Ing. Agr., Microbiología
- * Hugo Zapata, Ing. Agr., Agronomía



PROGRAMA DE YUCA

Científicos principales

James H. Cock, Ph.D., Fisiólogo, Coordinador
Anthony C. Bellotti, Ph.D., Entomólogo, Entomología
Guillermo G. Gómez, Ph.D., Nutricionista/Bioquímico,
Utilización de Yuca
Clair Hershey, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
Reinhardt Howeler, Ph.D., Edafólogo, Suelos y Nutrición de Plantas
Kazuo Kawano, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
Dietrich Leihner, Dr. Agr., Agrónomo, Prácticas Culturales
J. Carlos Lozano, Ph.D., Patólogo, Fitopatología
John K. Lynam, Ph.D., Economista Agrícola, Economía
Julio César Toro, Ph.D., Agrónomo, Agronomía

Científico visitante

Mabrouk El-Sharkawy, Ph.D., Fisiología

Especialista visitante

Ewald Sieverding, Ph.D., Suelos y Nutrición de Plantas

Científico posdoctoral

Upali Jayasinghe, Ph.D., Virología

Asociados de investigación visitantes

- * Zainol Abd Azis, M.S., Fisiología
- * Bernhard Lohr, M.S., Entomología
- Jan Margaret Salick, M.S., Entomología
- * Hendrick Veltkamp, M.S., Fisiología
- * Robert Zeigler, M.S. Fitopatología

Asociados de investigación

Alvaro Amaya, M.S., Germoplasma
Rafael Orlando Díaz, M.S., Economía
Rafael Alberto Laberry, M.S., Fitopatología
Benjamín Pinedo, M.S., Fitopatología
Jorge Santos, M.S., Utilización
Octavio Vargas, M.S., Entomología

Asistentes de investigación

- Bernardo Arias, Ing. Agr., Entomología
Eitel Adolfo Burckhardt, Lic. Biol., Suelos
Luis Fernando Cadavid, Ing. Agr., Suelos
Fernando Calle, Ing. Agr., Suelos (con sede en Carimagua)
Ernesto Celis, Ing. Agr., Agronomía
Carolina Correa, Lic. Econ., Economía
Julián Hernández, Ing. Agr., Suelos
Julio Eduardo Holguín, Ing. Agr., Fisiología
Diego Izquierdo, Lic. Econ., Economía
Gustavo Jaramillo, Ing. Agr., Agronomía
Lucy Kadoch, Lic. Biol., Fisiología
Javier López, Ing. Agr., Prácticas Culturales
Pedro Millán, Ing. Agr., Germoplasma
Germán E. Parra, Ing. Agr., Fisiología
Edgar Salazar, Ing. Agr., Suelos (con sede en Carimagua)
Mauricio Valdivieso, Zoot., Utilización
- * Ana Milena Varela, Lic. Biol. Entomología
 - Ana Cecilia Velasco, Lab. Clín., Fitopatología



PROGRAMA DE ARROZ

Científicos principales

Joaquín González, M.S., Agrónomo, Coordinador
Sang-Won Ahn, Ph.D., Fitopatólogo, Fitopatología
Peter R. Jennings, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
César Martínez, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
Manuel Rosero, Ph.D., Fitomejorador, Científico de Enlace del IRR1
Hector Weeraratne, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento

Científicos posdoctorales

Jairo Castaño, Ph.D., Fitopatología
Rafael Posada, Ph.D., Economía

Asociado de investigación

Marco Perdomo, Ing. Agr., Agronomía

Asistentes de investigación

Luis Eduardo Berrio, Ing. Agr., Pruebas Internacionales
Luis Eduardo Dussán, Ing. Agr., Fitomejoramiento
Luis Ernesto García, Ing. Agr., Fitomejoramiento
Yolanda Cadavid de Galvis, Ing. Agr., Agronomía
Jenny Gaona, Ing. Agr., Pruebas Internacionales
Luis Octavio Molina, Ing. Agr., Fitomejoramiento
Eliseo Nossa, Ing. Agr., Fitomejoramiento
Miguel Eduardo Rubiano, Ing. Agr., Fitopatología
Edgar Tulande, Ing. Agr., Fitopatología

APOYO A LA INVESTIGACION

Recursos Genéticos

Científicos principales

- * Leonard S. P. Song, Ph.D., Especialista en Germoplasma, Jefe
- William M. Roca, Ph.D., Fisiólogo, Jefe

Asociados de investigación visitantes

- * Paul Gepts, Ir. Agr., Germoplasma (Frijol)
- Thierry Vanderborgh, Ir. Agr., Germoplasma (Frijol)

Asociados de investigación

Germán Álvarez, M.S., Germoplasma (Forrajes)
Rigoberto Hidalgo, M.S., Germoplasma (Frijol)

Asistentes de investigación

Javier Narváez, Ing. Agr., Fisiología
Jorge Alberto Rodríguez, Ing. Agr., Fisiología
Hember Rubiano, Ing. Agr., Germoplasma (Frijol)
Hugo H. Zapata, Ing. Agr., Germoplasma (Frijol)

Servicios de Laboratorio

Científico principal

- * Robert Luse, Ph.D., Bioquímico, Jefe

Asociado de investigación

Octavio Mosquera, M.S., Servicios Analíticos

Asistentes de investigación

- * María Eugenia Cantera, Lic. Quím., Nutrición
- Charles McBrown, Tec. Elec., Mantenimiento de Instrumentos
- Roberto Segovia, Ing. Agr., Invernaderos/Plantas Ornamentales

Operaciones de las Estaciones Experimentales

Científico principal

Alfonso Díaz-Durán, P.E., Ing. Agríc., Superintendente

Asistentes de investigación

Xavier Carbonell, M.S., Estación de Palmira
Xavier Castillo, Ing. Agríc., Estación de Palmira
Ramiro Narváez, Ing. Agríc., Jefe, Subestación de Quilchao
Carlos Otero, Ing. Agr., Estación de Palmira
Rómulo Pérez, Ing. Agríc., Jefe, Subestación de Popayán

INVESTIGACION EN RECURSOS DE TIERRAS

Científico principal

Gustavo A. Nores, Ph.D., Director

Asociado

Uriel Gutiérrez, M.S., Administrador Asociado

PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

Científicos principales

José M. Toledo, Ph.D., Agrónomo de Pastos, Coordinador
Eduardo Aycardi, Ph.D., Especialista en Salud Animal, Salud Animal
Rosemary Bradley, Ph.D., Microbióloga de Suelos, Microbiología
Mario Calderón, Ph.D., Entomólogo, Entomología
Walter Couto, Ph.D., Edafólogo, Desarrollo de Pastos
(con sede en Brasilia, Brasil)



- ** John E. Ferguson, Ph.D., Agrónomo, Producción de Semillas
- Bela Grof, Ph.D., Agrónomo de Forrajes, Agronomía (con sede en Carimagua)
- Carlos Lascano, Ph.D., Nutricionista de Animales, Calidad de Pasturas y Nutrición
- Jillian M. Lenné, Ph.D., Fitopatóloga, Fitopatología
- John W. Miles, Ph.D., Fitomejorador, Mejoramiento de Forrajes/ Agronomía
- C. Patrick Moore, Ph.D., Zootecnista, Sistemas de Producción de Ganado (con sede en Brasilia, Brasil)
- Esteban A. Pizarro, Ph.D., Agrónomo, Agronomía/ Ensayos Regionales
- José G. Salinas, Ph.D., Edafólogo/ Nutricionista de Plantas, Suelos y Nutrición de Plantas
- Rainer Schultze-Kraft, Dr. agr., Agrónomo, Recolección y Evaluación de Germoplasma
- James M. Spain, Ph.D., Edafólogo, Desarrollo de Pastos (con sede en Carimagua)
- Luis E. Tergas, Ph.D., Agrónomo, Productividad y Manejo de Pastos
- Derrick Thomas, Ph.D., Agrónomo de Forrajes, Agronomía (con sede en Brasilia, Brasil)
- Raúl R. Vera, Ph.D., Nutricionista, Sistemas de Producción de Ganado

Científicos visitantes

- Haruo Hayashi, B.S., Productividad y Manejo de Pastos
- E. Mark Hutton, D.sc., Mejoramiento de Leguminosas
- * Nobuyoshi Maeno, Ph.D., Productividad y Manejo de Pastos
- * Robert Reid, Ph.D., Introducción de Plantas
- * A. Sheldon Whitney, Ph.D., Suelos y Nutrición de Plantas

Especialistas visitantes

- * Rolf Minhorst, Dr. agr., Proyecto ETES (con sede en Brasilia, Brasil)
- Cristoph Plessow, Dipl. Agr., Proyecto ETES (con sede en Maturín, Venezuela)

Científicos posdoctorales

- Pedro J. Argel, Ph.D., Producción de Semillas
- * L. Antonio Carrillo, Dr. agr., Economía, Proyecto ETES
- Raymond F. Cerkauskas, Ph.D., Fitopatología (con sede en Brasilia, Brasil)
- Frank Müller, Dr. agr., Sistemas de Producción de Ganado (con sede en Carimagua)
- Ruprecht Schellenberg, Dr. agr., Zootecnia/Economía (con sede en Panamá)
- Carlos Seré, Dr. agr., Economía/Proyecto ETES

Asociados de investigación visitantes

- * Elke Boehnert, M.S., Calidad de Pastos y Nutrición
- Gerhard Keller-Grein, M.S., Germoplasma
- Martin Schneichel, M.S., Proyecto ETES (con sede en Puerto Gaitán, Colombia)
- Isabel Valencia, M.S., Desarrollo de Pastos (con sede en Carimagua)
- Linus Wege, M.S., Agronomía (con sede en Carimagua)

Asociados de investigación

- Miguel Angel Ayarza, M.S., Microbiología de Suelos
- Edgard Burbano, M.S., Producción de Semillas (con sede en Carimagua)
- Carlos E. Castilla, M.S., Agronomía/Ensayos Regionales
- Rodolfo Estrada, M.S., Economía
- Rubén Darío Estrada, M.S., Economía
- Libardo Rivera, M.S., Economía
- * Fabio Nelson Zuluaga, M.S., Salud Animal (con sede en Carimagua)

Asistentes de investigación

- Amparo de Alvarez, Ing. Agr., Fitopatología
- Guillermo Arango, Lic. Biol., Entomología



- Hernando Ayala, D.V.M.Z., Sistemas de Producción de Ganado
(con sede en Carimagua)
Gustavo Benavides, Ing. Agr., Germoplasma
Gerfried Carlos Buch, Ing. Agr., Agronomía (con sede en Carimagua)
Raúl Botero, D.V.M.Z., Sistemas de Producción de Ganado
(con sede en Carimagua)
Arnulfo Carabaly, Ing. Agr., Agronomía/Ensayos Regionales
- * Rubén Darío Cabrales, Zoot., Sistemas de Producción de Ganado
(con sede en Carimagua)
Javier Asdrúbal Cano, Lic. Econ., Asistente Administrativo del
Coordinador
Manuel Coronado, Ing. Agr., Mejoramiento de Leguminosas
Martha Lucía Escandón, Ing. Agr., Mejoramiento de Forrajes/Agronomía
Carlos Escobar, Ing. Agr., Suelos y Nutrición de Plantas
Luis H. Franco, Ing. Agr., Desarrollo de Pastos (con sede en Carimagua)
Manuel Arturo Franco, Ing. Mcc., Analista de Sistemas,
Oficina del Coordinador
Duván García, Ing. Agr., Producción de Semillas
Obed García, D.V.M., Salud Animal
Hernán Giraldo, Ing. Agr., Agronomía
Ramón Gualdrón, Ing. Agr., Suelos y Nutrición de Plantas
Francisco J. Henao, D.V.M.Z., Salud Animal (con sede en Carimagua)
Phanor Hoyos, Zoot., Calidad de Pastos y Nutrición
Carlos Humberto Molano, Ing. Agr., Mejoramiento de Forrajes/Agronomía
Dazner Mosquera, Ing. Agr., Microbiología de Suelos
(con sede en Carimagua)
Gloria Navas, Ing. Agr., Desarrollo de Pastos (con sede en Carimagua)
Edgar Quintero, Ing. Agr., Fitopatología/Entomología (con sede en
Carimagua)
Fabiola de Ramírez, Lic. Bact., Microbiología de Suelos
Raimundo Realpe, Ing. Agr., Agronomía (con sede en Carimagua)
Bernardo Rivera, D.V.M., Salud Animal
Manuel Sánchez, Ing. Agr., Producción de Semillas
 - * José Ignacio Sanz, Ing. Agr., Suelos y Nutrición de Plantas
Celina Torres, Ing. Agr., Fitopatología
 - * Gustavo Urrea, Ing. Agr., Fitopatología
Fernán Alberto Varela, Ing. Agr., Entomología
Jaime Velásquez, Zoot., Productividad y Manejo de Pastos
(con sede en Carimagua)
Bernardo Velosa, Ing. Agr., Mejoramiento de Forrajes/Mejoramiento de
Leguminosas (con sede en Carimagua)

ESTUDIOS ESPECIALES

Proyecto Fósforo del IFDC/CIAT

Científico principal

Larry L. Hammond, Ph.D., Químico de Suelos, Jefe

Jacqueline A. Ashby, Ph.D., Socióloga, Sociología

Luis Alfredo León, Ph.D., Químico de Suelos, Química de Suelos

Asociado de investigación visitante

David J. Harris, M.S., Suelos, Proyecto de Suelos del IFDC/Benchmark

Asistentes de investigación

Germán Montes de Oca, Ing. Agr., Agronomía

Carlos Arturo Quirós, Ing. Agr., Agronomía

Luis Guillermo Restrepo, Ing. Agr., Agronomía (con sede en Carimagua)

APOYO A LA INVESTIGACION

Servicios de Datos

Científico principal

Leslie C. Chapas, Dipl. Estad. Mat., Biometrista, Jefe

Científicos visitantes

- * Thomas T. Cochrane, Ph.D., Evaluación de Recursos de Tierras
- Peter Jones, Ph.D., Estudios Agroecológicos

Grupo Administrativo de Servicio

María Cristina Amézquita de Quñones, Dipl. Estad. Mat., Jefe, Biometría

Asociado de investigación visitante

- * Luis Fernando Sánchez, Ing. Agr., Evaluación de Recursos de Tierras

Asociados de investigación

- James Harbey García, M.S., Biometría
- José Eduardo Granados, M.S., Biometría
- Gloria Quintero, Ing. San., Computación
- * Jorge Augusto Porras, Ing. Quím., Computación

Asistentes de investigación

María del Rosario Henao, Ing. Sist., Computación
Camilo Jordán, Computación
Oscar L. Quevedo, Ing. Sist., Computación
Julián E. Rengifo, Ing. Sist., Computación
Alfredo Rojas, Biometría
José Alfredo Saldarriaga, Ing. Sist., Biometría

COOPERACION INTERNACIONAL

Científico principal

José Valle-Riestra, Ph.D., Director

Asociados

Jorge Peña, M.S., Asociado Administrativo

COMUNICACIONES

Científico principal

Fritz Kramer, Ph.D., Científico en Comunicaciones, Jefe

Audiotutoriales

Asociado

Cornelio Trujillo, M.S., Supervisor
María Lucía de Posada, M.S., Servicios Editoriales

Asistentes

Oscar Arregocés, Ing. Agr., Producción
Fernando Fernández, Ing. Agr., Producción
Cilia Fuentes de Piedrahíta, Ing. Agr., Producción
Héctor Fabio Ospina, Ing. Agr., Producción
Carlos Alberto Valencia, Ing. Agr., Producción

Producción y Artes Gráficas

Grupo Administrativo de Servicios

Walter Correa, Ph.D., Químico, Jefe



Asociados

Alvaro Cuéllar, Fotografía
Carlos Rojas, Diseño Gráfico

Asistentes

Didier González, Diseño Gráfico
Carlos Vargas, Diseño Gráfico

Publicaciones

Científico principal

Susana Amaya, Ph.D., Editora-Escritora, Servicios Editoriales

Editores visitantes

- * Matilde de la Cruz, Servicios Editoriales
- Paul Gwin, M.S., Servicios Editoriales

Asociados

Ana Lucía de Román, Ing. Agr., Servicios Editoriales
Francisco Motta, M.S., Servicios Editoriales

Asistente

María Lida Cabal, Servicios Editoriales

Información Pública

Asociado

Fernando Mora, B.A., A.H.A., Jefe

Asistentes

Rodrigo Chávez, Servicios de Información
Jorge Enrique Paz, Ing. Agr., Servicios de Información

BIBLIOTECA Y SERVICIOS DE DOCUMENTACION

Científico principal

Susan C. Harris, M.L.S., Bibliotecóloga, Jefe

Asociados

- * Alejandro Jiménez, Ing. Agr., Centro de Documentación
- Jorge López, Servicios Bibliográficos

Asistentes

Fabiola Amariles, Lic. Educ., Documentación en Economía Agrícola
Stella Gómez, Lic. Bibl., Servicios de Referencias
Carlos P. González, Ing. Agr., Documentación en Fríjol
Francy González, Ing. Agr., Documentación en Yuca
Mariano Mejía, Lic. Educ., Documentación en Pastos Tropicales
Lynn Menéndez, Traducciones
Piedad Montaña, Adquisiciones
Hernán Poveda, Lic. Bibl., Procesamiento Técnico (Publicaciones Seriadadas)
Himilce Serna, Lic. Bibl., Procesamiento Técnico (Libros)

CAPACITACION Y CONFERENCIAS

Científico principal

Fernando Fernández, Ph.D., Edafólogo, Coordinador

Grupo Administrativo de Servicio

Alfredo Caldas, M.S., Administrador de Admisiones
David Evans, Administrador, Conferencias

Científico posdoctoral

Jairo Cano, Ph.D., Evaluación de Capacitación

Asociados

Carlos Domínguez, M.S., Yuca

Carlos Flor, M.S., Frijol

Eliás García, Ing. Agr., Arroz

Marceliano López, M.S., Frijol

Alberto Ramírez, M.S., Pastos Tropicales

Jesús Reyes, M.S., Yuca

Eugenio Tascón, Ing. Agr., Arroz (Adiestramiento en los Países)

Asistentes

Carlos Suárez, B.S., Orientación de Investigadores Visitantes

UNIDAD DE SEMILLAS

Científicos principales

Johnson E. Douglas, M.S., Especialista en Semillas, Jefe

Federico Poey, Ph.D., Especialista en Semillas, Producción de Semillas

Asociado de Investigación

Joseph E. Cortés, Ing. Agr., Capacitación

Asistentes de investigación

José F. Aristizábal, Ing. Agric., Control de Calidad de Semilla

José Fernández de Soto, Ing. Agric., Comunicaciones

Guillermo Giraldo, Ing. Agr., Producción de Semilla

Napoleón Viveros, Ing. Agric., Procesamiento de Semilla



PROYECTO DE MAIZ CIMMYT/CIAT PARA LA REGION ANDINA

Científicos principales

Gonzalo Granados, Ph.D., Entomólogo, Jefe

James Barnett, Ph.D., Fitomejorador, Servicios a la Región Andina

Asistentes de investigación

Edgar Castro, Ing. Agr., Fitomejoramiento