0005-76
Esp.



Informe anual 1976

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICUL
TURA TROPICAL INFORME ANUAL
AÑO
1976
vols nueva cafe

Circulación

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT

Apartado Aéreo 67-13 Cali, Colombia, S. A.

Cables CINATROP

Contenido

V	JUNTA DIRECTIVA
VII	PERSONAL
XIII	PREFACIO
XVIII	Información climatológica de tres localidades en las cuales el CIAT adelanta investigaciones
	SISTEMAS DE PRODUCCION DE FRIJOL
A-1	Progresos logrados en 1976
A-3	Germoplasma
A-5	Fitopatología
A-17	Entomología
A-24	Microbiología
A-34	Agronomía
A-47	Fertilidad de suelos
A-51	Fisiología
A-74	Fitomejoramiento
A-80	Economía agrícola
A-85	Actividades de cooperación internacional
A-88	Apéndice
A-91	Publicaciones
	SISTEMAS DE PRODUCCION DE YUCA
B-1	Progresos logrados en 1976
B-5	Fisiología
B-16	Entomología
B-29	Fitopatología
B-42	Fitomejoramiento
B-56	Agronomía
B-65	Suelos
B-74	Cultivos múltiples
B-77	Economía
B-79	Secamiento de la yuca
B-85	Publicaciones
	PROGRAMA DE PRODUCCION DE GANADO DE CARNE
C-1	Progresos logrados en 1976
C-5	Agronomía de pastos y forrajes
C-31	Utilización de pastos
C-37	Sistemas de producción pecuaria
C-53	Salud animal
C-70	Economía
C-80	Adiestramiento

UNIDAD DE NUTRICION PORCINA

D-1 Progresos logrados en 1976
D-3 Adiestramiento
D-7 Cooperación internacional
D-10 Investigación
D-18 Publicaciones

UNIDAD REGIONAL DE MAIZ ANDINO

E-1 Resumen de las actividades realizadas en 1976
E-2 Labores desarrolladas en la sede del CIAT
E-4 Actividades regionales
E-6 Actividades de adiestramiento

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE ARROZ

F-1 Progresos logrados en 1976
F-3 Introducción
F-3 Colaboración internacional
F-10 Mejoramiento
F-15 Fitopatología
F-16 Producción continua de arroz comercial
F-18 Agronomía
F-21 Cosecha
F-25 Pérdidas de peso del grano
F-28 Recuperación en la molienda
F-28 Ingeniería agrícola
F-31 Economía
F-33 Adiestramiento
F-34 Adopción de tecnología

ADIESTRAMIENTO Y CONFERENCIAS

G-1 Adiestramiento
G-22 Conferencias

BIBLIOTECA Y SERVICIOS DE INFORMACION

G-24 Biblioteca y Centro de Documentación
G-27 Oficina de Información al Público
G-28 Unidad de Servicios Gráficos y Editoriales
G-28 Lista de publicaciones del CIAT

GRUPOS DE APOYO A LA INVESTIGACION

G-31 Biometría
G-37 Unidad de estudios especiales
G-43 Operaciones de la estación experimental

G-51 ADMINISTRACION Y FINANZAS

Junta Directiva

Luis B. Crouch *(Presidente)*
Apartado 77-2
Santo Domingo, República Dominicana

John A. Pino *(Vicepresidente)*
Director of Agriculture
The Rockefeller Foundation
1133 Ave. of the Americas
New York, N.Y. 10036, USA

Paulo de T. Alvim
Director
Centro de Pesquisas do Cacau-CEPLAC
Caixa Postal 7
Itabuna, B.A. Brasil

Alvaro Araujo Noguera
Ministro de Agricultura
Cra. 10 #20-30
Bogotá, D.E., Colombia

Almiro Blumenschein
Director Ejecutivo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA)
Palacio do Desenvolvimento
9o. Andar - Sala 908
70.000 Brasilia, D.F., Brasil

Norman Collins
Program Adviser in Agriculture
The Ford Foundation
320 East 43rd St.
New York, N.Y. 10017, USA

Osmar Correa Cabral
Rector
Universidad National de Colombia
Bogotá, D.E., Colombia

Mathew Dagg
Institute for Agricultural Research
Ahmadu Bello University
Zaria, Nigeria

Josué Franco Mendoza
Gerente General
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
Apartado Aéreo 7984
Bogotá, D.E., Colombia

Alvaro Gómez Hurtado
Abogado y Director de "El Siglo"
Calle 37 #15-52
Bogotá, D.E., Colombia

Luis Marcano Coello
Presidente
Fundación Servicio para el Agricultor
Apartado 2224
Caracas, Venezuela

Mario Martínez Gutiérrez
Director
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)
Edificio "El Cortez"
5a Ave. 12-31
Guatemala, C.A.

John L. Nickel
Director General
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 67-13
Cali, Valle, Colombia

Victor Oyenuga
Head, Department of Animal Science
Faculty of Agriculture
University of Ibadan
Ibadan, Nigeria

Luis Paz Silva
Luis F. Villarán 383, San Isidro
Lima, Perú

Howard Steppler
Agronomy Department
MacDonald College
Quebec, Canadá

Werner Treitz
Federal Ministry of Economic Cooperation
Friedrich-Ebert-Allee 114-116
53 Bonn 12, Den,
República Federal Alemana

Personal

DIRECTORES DEL CIAT

Personal principal
John L. Nickel, *Ph.D., Director General*
*Eduardo Alvarez-Luna, *Ph.D., Director General Asociado Cooperación Internacional*
Kenneth O. Rachie, *Ph.D., Director General Asociado, Investigación*

Personal asociado

Cecilia Acosta, *Asistente administrativa*

ADMINISTRACION

Oficina de la División Administrativa

Personal principal
Jesús Antonio Cuéllar, *MBA, Administrador Ejecutivo*

Personal profesional asociado
Fernando Posada, BS, Administrador asociado

Oficina en Bogotá
Ricardo Castañeda, *Asistente administrativo*

Alimentos y Vivienda
Eduardo Fonseca, *Administrador*
*Oswaldo Chávez, *Asistente administrativo*

Recursos humanos
Carlos R. Viana, *BS, Jefe*
Edgar Echeverri, *Abogado, Oficina de personal*

Servicios de mantenimiento
Alessandro Ferrari, *Superintendente*
Mario Cadena, *Asistente del superintendente (Talleres de electricidad)*
Francisco Jaramillo, *Asistente del superintendente (Talleres mecánicos)*
Marvin Heenan, *Asistente del Superintendente (Parque automotor)*

Suministros
Edgar Castillo, *BS, Administrador*
Percy de Castro, *Asistente administrativo*
Néstor Carreño, *Asistente administrativo*
Marino López, *Asistente administrativo*
Rubén Trujillo, *BS, Asistente administrativo*

Oficina del Contralor

Personal principal
Andrew V. Urquhart, *FCA, Contralor*

Personal profesional asociado
Joffre A. Guerrero, *Contralor asistente*
Yolanda Fernández, *Contabilista*
Mauricio Lozano, *MBA, Administrador asoci*
César Moreno, *Cajero*
Hernando Navia, *Auditor interno*

PROGRAMA DE PRODUCCION DE FRIJOL

Líder
Peter H. Graham, *Ph.D., Microbiólogo*

Investigadores principales
*Per Pinstrup-Andersen, *Ph.D., Economista A*
Charles A. Francis, *Ph.D., Agrónomo*
Guillermo Gálvez, *Ph.D., Fitopatólogo*
*Guillermo Hernández-Bravo, *Ph.D., Fitomejo*
**Reinhardt Howeler, *Ph.D., Edafólogo*
Douglas Laing, *Ph.D., Fisiólogo*
John Sanders, *Ph.D., Economista Agrícola*
Aart van Schoonhoven, *Ph.D., Entomólogo*
Steven Temple, *Ph.D., Fitomejorador*
Oswaldo Voysest, *Ph.D., Agrónomo*

Científicos posdoctorales
Fred Eskafi, *Ph.D.*
**John Halliday, *Ph.D.*

* Se retiró en 1976
** Asignado a más de un programa

Yoshihiko Hayakawa, *Ph.D.*
Richard Swindell, *Ph.D.*
Kazuhiro Yoshii, *Ph.D.*

Científico visitante
Robert Burns, *MS*

Investigadores asociados
Camilo Alvarez, *MS*
Luis Alberto Rojas, *MS*

Investigadores asociados visitantes
*Michael Ellis, *MS*
Nicholas Galway, *MS*
*Lawrencen Hammond, *MS*
Robert Hudgens, *MS*
*Romero Martínez, *MS*
*César Paniagua, *MS*
David Webster, *MS*

Investigadores asistentes
*Germán Alvarez, *Ing. Agr.*
Ricardo Campos, *Ing. Agr.*
Mauricio Castaño, *Ing. Agr.*
*José J. Galindo, *Ing. Agr.*
James García, *Ing. Agr.*
Luis A. Gómez, *Ing. Agr.*
*Carlos González, *Ing. Agr.*
*Carlos Gutiérrez, *Ing. Agr.*
Pablo Guzmán, *Ing. Agr.*
*Roberto Hernández, *Ing. Agr.*
Nora Ruiz de Londoño, *Ing. Agr.*
Carlos J. Medina, *Ing. Agr.*
Jorge E. Parra, *Ing. Agr.*.
Martin Prager, *Ing. Agr.*
José Restrepo, *Ing. Agr.*
Rosmira Rivero, *Ing. Agr.*
Juan C. Rosas, *Ing. Agr.*
Hember Rubiano, *Ing. Agr.*
Fernando Takegami, *Ing. Agr.*
Rafael Valderrama, *Ing. Agr.*
Guillermo Valencia, *Ing. Agr.*
Silvio Zuluaga, *Ing. Agr.*

PROGRAMA DE PRODUCCION DE YUCA

Líder
James H. Cock, *Ph.D., Fisiólogo*

Investigadores principales

*Per Pinstrup-Andersen, *Ph.D., Economista Agrícola*
Anthony C. Bellotti, *Ph.D., Entomólogo*
**Reinhardt Howeler, *Ph.D., Edafólogo*
Kazuo Kawano, *Ph.D., Fitomejorador*
J. Carlos Lozano, *Ph.D., Fitopatólogo/Bacteriólogo*
Julio César Toro, *Ph.D., Agrónomo*

Científicos posdoctorales

Michael Thung, *Ph.D., Cultivos Asociados*
Abelardo Castro, *Ph.D., Prácticas Culturale.*

Científicos visitantes

Yokio Irikura, *Ph.D., Fisiólogo*
Rupert Best, *Ph.D., Secamiento de yuca*

Investigadores asociados

Rafael Orlando Díaz, *MS*
Jairo Castaño, *MS*

Investigadores asistentes

*Alvaro Amaya, *Ing. Agr.*
Bernardo Arias, *Ing. Agr.*
Luis Fernando Cadavid, *Ing. Agr.*
Humberto Calderón, *Ing. Agr.*
Ernesto Celis, *Ing. Agr.*
Julio Eduardo Holguín, *Ing. Agr.*
Gustavo Jaramillo, *Ing. Agr.*
Germán Parra, *Ing. Agr.*
Jorge E. Peña, *Ing. Agr.*
*Guillermo Sandoval, *Ing. Agr.*
Uldarico Varón, *Ing. Agr.*

PROGRAMA DE PRODUCCION DE GANADO DE CARNE

Director/Líder
*Ned S. Raun, *Ph.D., Zootecnista*
(hasta el 30 de abril, 1976)
Pedro Sánchez, *Ph.D., Edafólogo*
(a partir del 29 de diciembre, 1976)

Investigadores principales
Eduardo Aycardi, *Ph.D., DMV, Microbiólogo*
Donald Corrier, *Ph.D., DMV, Patólogo*
(Proyecto de la Universidad de Texas A&M
John E. Ferguson, *Ph.D., Especialista, Producción de semillas*
Bela Grof., *Ph.D., Agrostólogo*
**C. Patrick Moore, *Ph.D., Zootecnista*
Gustavo Morales, *Ph.D., DMV, Patólogo*
Gustavo Nores, *Ph.D., Economista Agrícola*
Oswaldo Paladines, *Ph.D., Zootecnista*
(en licencia de estudios)

---

* *Se retiró en 1976*
** *Asignado a más de un programa*

Rainer Shultze-Kraft, *Ph.D., Especialista, Exploraciones para colectar plantas forrajeras*
James M. Spain, *Ph.D., Edafólogo (a cargo del Programa del 1º de mayo al 28 de diciembre, 1976)*
Kenneth C. Thompson, *Ph.D., DVM., Acarólogo*
Radmilo Todorovic, *Ph.D., DVM, Hemoparasitólogo (Líder del Proyecto de la Universidad Texas A & M)*
*Alberto Valdés, *Ph.D., Economista Agrícola*
Eric Wells, *Ph.D., Epidemiólogo*

Científico posdoctoral
**John Halliday, *Ph.D., Microbiología del suelo*

Científico visitante
Luis Alfredo León, *Ph.D., Edafólogo*

Especialista en Patología Animal
Eduardo E. González, *DMV, MS*

Investigadores asociados
Rubén Darío Estrada, *MS*
**Orlando Forero, *DMV, MS*
**Néstor Gutiérrez, *MS*
Víctor Rivas, *BS*

Investigadores asociados visitantes
Antonio Betancourt, *DMV*
David Evans, *MS*
César Fuentes, *MS*
David Harris, *MS*
Henk Jensen, *MS*
Frank Muller, *MS*
Eugenia de Rubinstein, *MS*
Mauricio Salazar, *MS*
Rupprecht Schellenber, *MS*
**Lebdosockojo Sockanto, *MS*

Investigadores asistentes
Amparo V. de Alvarez, *Ing. Agr.*
Miguel Ayarza, *Ing. Agr.*
Francisco Bonilla, *Ing. Agr.*
**Fabio Alberto Calvo, *Ing. Agr.*
José Misael Cortés, *DMV*
Duván García, *Ing. Agr.*
Fabio Gutiérrez, *Ing. Agr.*
Jorge Leal
Víctor O. Lozano
Hemerson Moncada, *DMV*
Martha Stella Peña
Manuel Sánchez.

UNIDAD DE NUTRICION PORCINA

Líder
Guillermo Gómez, *Ph.D., Bioquímico/ Nutricio*

Investigador principal
Julián Buitrago, *Ph.D., Nutricionista*

Especialista visitante
*Eduardo Hervas, *DMV, MS*

Investigador asociado
Jorge Santos, *BS*

Investigadores asistentes
Jesús Chamorro, *BS*
Luis Enrique Beltrán, *DMV,*

UNIDAD REGIONAL DE MAIZ ANDINO CIMMYT/CIAT

Coordinador
Gonzalo Granado, *Ph.D., Entomólogo*

Investigador asistente
Edgar Castro, *Ing. Agr.*

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE ARROZ

Líder
Loyd Johnson, *MS., PE., Ingeniero Agrícola*

Investigadores principales
*Robert L. Cheaney, *MS., Agrónomo*
Manuel Rosero, *Ph.D., Agrónomo*
*Grant M. Scobie, *Ph.D., Economista Agrícola*
Hector Weeraratne, *Ph. D., Fitomejorador*

Investigadores Asociados
Rodrigo López, *Ing. Agr.*
Rafael Posada, *MS*

Investigadores asistentes
Marino Caicedo, *Ing. Agr.*
Alicia Pineda
Raúl Valderrutén, *MS*
Gustavo Villegas, *MS*

---

* Se retiró en 1976
** Asignado a más de un programa.

UNIDAD DE DESARROLLO DE GERMOPLASMA

Coordinador
Robert A. Luse, *Ph.D., Bioquímico*

ADIESTRAMIENTO Y CONFERENCIAS

Líder
Fernando Fernández, *Ph.D., Edafólogo*

Personal principal
Fritz Kramer, *Ph.D., Científico en Ciencias de la Comunicación*
**C. Patrick Moore, *Ph.D., Coordinador (Programa de adiestramiento en Ciencias Pecuarias)*

Programa de adiestramiento

Asociados en adiestramiento
Fernando Bernal, *MS (Unidad de Operaciones de la Estación Experimental)*
Carlos Flor, *MS (Programa de Frijol)*
Carlos Lascano, *MS (Programa de Ganado de Carne)*
Marceliano López, *MS*
Eugenio Tascón, *Ing. Agr.*
Gustavo Villegas, *MS (Programa de Arroz)*

Investigador asociado
*Jairo Cano, *MS*

Asistente en adiestramiento
Alfredo Caldas, *BS*
José Yesid Campos, *DMV*
Luis Fernando Ceballos, *Ing. Agr.*
Silvio Guzmán, *DMV*
Reyes Sierra, *DMV*

Asistente administrativo
Carlos Suárez, *BS*

Conferencias
David Evans

BIBLIOTECA Y SERVICIOS DE INFORMACION

Líder
Fernando Monge, *Ph.D., Científico en Ciencias de la Comunicación*

Personal principal
Charles E. Bower, *BSJ, Editor*
Mario Gutiérrez, *Ing. Agr., Editor*
*Neil B. MacLellan, *Fotógrafo*

Biblioteca y Centro de Documentación

Personal asociado
Angela de Cock, *Coordinadora de la Biblioteca*
Trudy B. de Martínez, *MA, Coordinadora del Centro de Documentación*
*María Cristina de Nieto, *MS, Documentalista*
Hernán Poveda, *BA*

Personal asistente
*Lucero Cárdenas, *Ing. Agr.*
Stella Gómez, *BA*
Sonia Laverde, *BA, Jefe, Servicios al Público*
Marilú O. de Henzel, *BA, Documentalista*
Piedad Montaño, *Jefe, Adquisiciones*
Julia Emma de Rodríguez, *Ing. Agr., Documentalis*
Stellia de Salcedo, *Licenciatura en traducción, Documentalista*
Himilce Serna, *BA, Jefe, Servicios Técnicos*

Servicios Gráficos y Editoriales

Personal asociado
Manfred Hirsh, *Fotógrafo*
Alvaro Rojas, *Jefe de Producción*

Personal asistente
Carlos Rojas, *Especialista en diseños gráficos*
Amparo de Madrigal

Oficina de Información al Público

Personal asociado
Fernando Mora, *BA, AHA, Jefe*

Personal asistente
Marvin Andrade
Catherine J. Crane, *BA*
*Juliana Garcés, *License es Lettres*

GRUPOS DE APOYO A LA INVESTIGACION

Biometría

Investigador principal
David Franklin, *MS, Ingeniero de Sistemas/ Biomet (en licencia de estudio)*

Investigador posdoctoral
Gastón A. Mendoza, *Ph.D., (Jefe interino)*

Investigadores asociados
Jorge A. Porras, *BS*
María Cristina de Quiñónez, *MS*

Investigadores asistentes
Patricia Juri de García, *BS*
Gerardo I. Hurtado, *Ing. Agr.*
*Yamel López, *Ing. Agr.*

* Se retiró en 1976
** Asignado a más de un programa.

Unidad de Estudios Especiales

Investigador principal
*Jerry Doll, *Ph.D.*

Científico visitante
Petrus Spijkers, *MS, Especialista asociado, FAO*

Investigadores asistentes
*Pedro Argel, *Ing. Agr.*
Cilia Leonor Fuentes, *Ing. Agr.*
Guillermo Giraldo, *Ing. Agr.*
*Wilson Piedrahita, *Ing. Agr.*
Manuel Restrepo
Marcelino Torres
Manuel Lorenzo Villegas, *BS*

Operaciones de la Estación Experimental

Investigador principal
Alfonso Díaz-Durán, *MS, Superintendente de la Granja Experimental*

Investigadores asistentes
Ramiro Narváez, *Ing. Agr.*
Bernardo Salazar, *Ing. Agr.*

Servicios de Laboratorio

Personal asistente
Charles McBrown, *BS*
*Daniel Camacho, *BS*

PROGRAMAS INTERNACIONALES

Guatemala (Fundación Rockefeller)
Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Personal principal
Robert K. Waugh, *Ph.D., Director Adjunto*
Roland E. Harwood, *BS, Superintendente de Operaciones de las Estaciones Experimentales*
*Eugenio Martínez, *Ph.D., Director Técnico*

* Se retiró en 1976

Prefacio

Los objetivos básicos del CIAT se pueden resumir en el siguiente párrafo:

"Generar y transferir, en colaboración con las instituciones nacionales, tecnología mejorada la cual contribuirá a aumentar la producción, la productividad y la calidad de los productos agropecuarios básicos en los trópicos, en particular, los de América Latina y el área del Caribe, permitiendo así a los productores y consumidores, particularmente a aquellos con recursos limitados, aumentar su poder adquisitivo y mejorar sus niveles de nutrición."

Es necesario lograr aumentos dramáticos en la producción de alimentos en los trópicos americanos ante el rápido aumento de población y las crecientes demandas de los consumidores. Sin embargo, al definir los objetivos del CIAT, se hace indicación clara de que se involucran tanto conceptos de bienestar social como de producción agrícola. Por tal razón, los resultados de un estudio económico sobre el efecto producido por la tecnología en el cultivo de arroz, el cual cubrió un lapso de un año y fue concluido en 1976, son muy satisfactorios para quienes nos ocupamos de los problemas de la producción agrícola en el mundo.

Este estudio encontró que el importe bruto obtenido en Colombia derivado de la producción adicional atribuida a las variedades de alto rendimiento alcanzó, en 1974, el equivalente a U.S. $149 millones. Un análisis de la distribución de estos beneficios indicó que, debido a que los precios del arroz fueron mucho más bajos de lo que hubieran sido si las nuevas variedades de alto rendimiento no hubieran estado en disponibilidad, los consumidores de Colombia fueron los principales beneficiarios de este aumento de la producción. Los precios del arroz disminuyeron debido al aumento en la producción, en términos reales y aún más, en términos relativos. En consecuencia, tanto absoluta como relativamente, los beneficios netos más altos fueron para los consumidores con menores niveles de ingresos. Este amplio sector de familias colombianas, el cual recibe solamente el 14 por ciento del ingreso bruto nacional, obtuvo el 62 por ciento de los beneficios netos generados por el desarrollo e introducción al sector agrícola de las variedades de alto rendimiento. Este fenómeno socioeconómico nos ha puesto a pensar que el desarrollo tecnológico tiene interesantes implicaciones sociales además de las relacionadas directamente con la producción; con base en estas consideraciones, abrigamos la esperanza de que muchos de los resultados obtenidos en la investigación realizada por el CIAT y presentada en este informe anual, pueda tener un efecto benéfico indirecto sobre la mejor nutrición y el poder adquisitivo de muchas personas, en las áreas bajas tropicales.

CARACTERISTICAS COMUNES A VARIOS PROGRAMAS

Los resultados obtenidos en 1976 se describen en detalle, para cada programa, en este informe anual. Cada programa agropecuario lleva, a manera de introducción, una breve descripción de los progresos logrados en 1976. Con el propósito de no repetir en este Prefacio cuáles fueron estos progresos, hemos creido más conveniente agrupar algunos conceptos, características o avances que son comunes a todos o a algunos programas a fin de ofrecer una visión de conjunto de lo que ha logrado concretar el CIAT en 1976.

Máxima utilización de los recursos naturales

En 1976, el Programa de Ganado de carne del CIAT dió los primeros pasos para llevar a la práctica una resolución adoptada por la Junta Directiva del CIAT en el sentido de enfocar, con suficiente precisión, los objetivos de este programa hacia el desarrollo de nueva tecnología para aumentar la producción de carne en las vastas áreas subutilizadas del trópico latinoamericano, representadas por sabanas ácidas, con muy baja fertilidad. Se han acelerado esfuerzos para establecer praderas mejoradas en los suelos que tienen las condiciones mencionadas, a fin de resolver en parte el principal factor limitante de tales zonas: el deficiente nivel de nutrición animal que ofrece este ecosistema. Superando esta barrera, se espera mejorar apreciablemente la productividad ganadera y a la vez, utilizar los recursos naturales ahí existentes en una forma ecológicamente racional y factible.

Con el mismo propósito, se hacen esfuerzos para recolectar, evaluar y conservar importantes reservas genéticas de fríjoles **Phaseolus**, de especies forrajeras tropicales y de yuca; estos esfuerzos se ampliaron en 1976.

La filosofía de producir con utilización mínima de insumos

Es aceptado en general el concepto de que, para lograr una máxima utilización de los recursos tierra y hombre, es necesario aplicar niveles de producción muy altos los cuales requieren una utilización más o menos intensiva de insumos agrícolas comprados en el mercado, como fertilizantes y plaguicidas.

Los programas de investigación del CIAT están operando bajo la filosofía de desarrollar tecnología orientada a lograr aumentos de producción con la mínima utilización de los insumos mencionados, siempre que ello sea posible. Esta filosofía se basa en los siguientes factores: 1) los pequeños agricultores no cuentan con recursos suficientes para comprar tales insumos; 2) algunos de estos insumos constituyen recursos que son escasos y de índole no renovable, y 3) el peligro que acarrea al medio ambiente el uso excesivo o indiscriminado de tales productos.

Aprovechamiento de la resistencia genética

En consecuencia, todos los programas de investigación del CIAT procuran superar los problemas de insectos y de enfermedades de plantas, hasta donde ello sea posible, a través del aprovechamiento de la resistencia genética; cuando esta herramienta es insuficiente o inexistente, se buscará solucionar los mencionados problemas a través de prácticas

culturales o bien, utilizando factores naturales de control, con el propósito de aplicar mínimas cantidades de plaguicidas. Bajo esta misma filosofía, los programas de investigación del CIAT buscan afanosamente la obtención de genotipos que exijan muy pocos nutrimentos químicos que, como el fósforo, son muy escasos en el mercado y que se adapten a condiciones adversas de suelo. Es satisfactorio constatar que ya se han logrado progresos en todos estos frentes de acción, como es posible comprobarlo al leer los textos correspondientes a los diferentes programas de investigación en el presente informe anual.

Expansión de las actividades de cooperacion internacional

En el año 1976 se operó una rápida expansión de las redes de colaboración establecidas con las instituciones nacionales con el propósito de probar, evaluar y difundir la tecnología generada por el CIAT. Este esfuerzo colaborativo tiene como meta el llevar esa nueva tecnología hasta regiones cada vez más alejadas de los centros urbanos en las áreas bajas tropicales, tanto en el continente americano como en otras partes del mundo. En 1976, el Programa de Fríjol envió 57 viveros internacionales, para estudiar su adaptación y potencial de producción, a 16 países latinoamericanos y distribuyó 76 viveros a 25 países en diferentes partes del mundo. En igual forma, se envió semilla de yuca a entidades cooperadoras en 28 países y material vegetativo a ocho cooperadores en ocho países diferentes. Siguiendo la misma modalidad previamente establecida en Colombia de evaluar nuevos materiales de yuca en medios ecológicos diferentes, a fin de comprobar su adaptación y eficiencia en el rendimiento, se ha ampliado el radio de acción de estas pruebas regionales en escala internacional, incluyendo, en el año 1976, a Ecuador, Guyana y México en este esfuerzo cooperativo.

En el Programa de Ganado de Carne se ha logrado bastante progreso en la producción de semilla de plantas forrajeras mejoradas para obtener suficientes cantidades de semilla y establecer, por primera vez, una amplia red de pruebas colaborativas en escala internacional. Así, por ejemplo, en 1976 se envió un total de 100 kilogramos de semilla de *Stylosanthes guyanensis* (CIAT 136), un linaje muy promisorio, a varias entidades cooperadoras en 11 países diferentes.

En colaboración con el International Rice Research Institute, IRRI, se organizó en el CIAT una reunión de investigadores y técnicos ligados al cultivo de arroz en América Latina con el propósito de lograr una notoria expansión en el Continente Americano de las actividades del International Rice Testing Program, un esfuerzo internacional para evaluar materiales de este importante cultivo alimenticio.

El Programa de Porcinos organizó un curso de adiestramiento, con una duración de seis meses, para 20 participantes procedentes de 20 países; en esta forma, fue posible extender considerablemente la red de instituciones y personas que colaboran en la transferencia de tecnología sobre producción porcina que haya sido previamente generada por el CIAT.

La cooperación técnica entre países de la Zona Andina en relación con el mejoramiento del maíz se extendió en escala apreciable en 1976, mediante el desarrollo y establecimiento

de un proyecto cooperativo CIMMYT/CIAT. Con el propósito de cimentar este proyecto se organizaron varias reuniones internacionales y se hicieron varias visitas dentro de la mencionada zona.

Integración de las actividades de Investigación y Adiestramiento

El año 1976 tuvo una significación especial en lo que respecta a las actividades de Adiestramiento y de Conferencias; los programas de acción, su organización, estrategia y modalidad de operación se orientaron hacia la nueva filosofía de descentralización de las actividades de adiestramiento y se ajustaron con base en las realidades actuales de cada uno de los programas de investigación que tiene el CIAT en relación con los productos agropecuarios con los cuales trabaja la institución.

Este esfuerzo culminó en una creciente tendencia que se aleja del concepto que prevalecía anteriormente de considerar las actividades de adiestramiento y conferencias como un programa separado y específico. Actualmente, se ha reconocido que el adiestramiento constituye un componente intrínseco de cada programa del CIAT, o sea, de las actividades que se desarrollan alrededor de cada producto agropecuario. Es parte esencial del esfuerzo integral que hace la institución para desarrollar y luego transferir las nuevas tecnologías que se obtengan con orientación hacia una mayor y más eficiente producción agropecuaria.

ACTIVIDADES DE COOPERACION INTERNACIONAL

Al celebrarse en el CIAT los Días de Presentación de sus programas, se invitó a los directores de investigación agropecuaria de 22 países a fin de que participaran en esa reunión; esta reunión fue continuada como una discusión de mesa redonda, con libre discusión, con el propósito de determinar la mejor forma en la cual el CIAT puede servir más eficientemente los intereses y necesidades de las instituciones nacionales. Esa reunión constituyó un paso adelante en el fortalecimiento de las buenas y productivas relaciones que el CIAT ha establecido con esas instituciones. Resultó ésta una experiencia reconfortante y a la vez conducente a profundas meditaciones, al constatar cuántas son las expectativas que existen en muchos países por lograr los frutos de esta red cooperativa internacional.

El CIAT continuó trabajando con diversos programas nacionales en el establecimiento de actividades de adiestramiento llevadas a cabo dentro de los propios países.

Fue un privilegio para el CIAT participar, a través de uno de sus científicos asociados en el Programa de Adiestramiento, en un interesante programa de adiestramiento organizado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, de Guatemala, en el cual un grupo de investigadores noveles se familiarizó con la filosofía de hacer pruebas de campo en las propias fincas, al participar en un curso que se desarrolló básicamente en campos cuyos dueños son agricultores.

A través de fondos suplidos por el International Development Research Centre, de Canadá, el CIAT ha establecido su primer servicio regional para cooperación

internacional, asignando un especialista en difusión de tecnología sobre el cultivo de yuca para el sureste de Asia, en colaboración con la institución abreviadamente conocida como SEARCA, con sede en Filipinas.

Cambios en el personal principal

El año 1976 fue de muchos cambios en el personal principal de la institución. El CIAT sintió hondamente la partida de dos de sus pioneros. Uno de ellos, el Dr. Eduardo Alvarez-Luna, quién había trabajado afanosamente desde sus comienzos, ocupó inicialmente la Dirección de Ciencias Agrícolas y luego fue Director General Asociado para Cooperación Internacional; en 1976 regresó a México, su país natal, para desempeñar una alta posición en el gobierno federal de esa nación. Afortunadamente, al final de ese año, llenó esa importante posición otro distinguido y altamente calificado científico, el Dr. Alexander Grobman, de nacionalidad peruana y con amplia trayectoria internacional en América Latina. Se espera que el Dr. Grobman ocupe esta posición en los primeros días de 1977. El otro científico que sirvió al CIAT con gran dedicación desde su fundación fue el Dr. Ned S. Raun. Previamente, había prestado valiosos servicios a Colombia como miembro del personal de la Fundación Rockefeller. Al renunciar a la Dirección del Programa de Ganado de Carne del CIAT, entró a ocupar una alta posición en la USAID/Washington. A final del año, el Dr. Raun fue remplazado por otro científico sumamente calificado, el Dr. Pedro Sánchez, quién también se hará cargo de sus funciones al comenzar el año 1977. Las siguientes personas dejaron sus posiciones en el CIAT o bien, ingresaron a la institución (las respectivas fechas aparecen en paréntesis):

Dejaron sus posiciones en el CIAT en 1976

Per Pinstrup-Andersen (22 de febrero); Neil MacLellan (16 de mayo); Alberto Valdés (3 de mayo); Grant Scobie (21 de julio); Robert Cheaney (13 de agosto); Guillermo Hernández-Bravo (22 de septiembre); Jerry Doll (30 de noviembre); Eugenio Martínez (ICTA) (31 de diciembre).

Ingresaron al CIAT en 1976

Fritz Kramer (18 de abril); Manuel Rosero (1 de junio); Gustavo Nores (4 de septiembre); Héctor Weeraratne (6 de octubre); Rainer Shultze-Kraft (7 de noviembre); John Sanders (27 de noviembre); Robert A. Luse (21 de diciembre).

Nuevos nombramientos (a partir de 1977)

James Barnett; Abelardo Castro-Merino; Howard Schwartz; Ingo Kleinheisterkamp y Dieter Leihner.

John L. Nickel
Director General

Información climatológica
de tres localidades en las cuales el CIAT adelanta investigaciones

El personal científico del CIAT hace investigación fundamental en diversas localidades dentro y fuera de Colombia. En las secciones del presente Informe Anual correspondientes a los Programas de Ganado de Carne, Fríjol, Yuca y Maíz, aparece un cuadro que resume los datos climatológicos (temperatura y precipitación) y condiciones edafológicas de la mayoría de estas estaciones.

En esta sección se presentan los datos de precipitación y temperatura para el período comprendido entre noviembre de 1975 y octubre de 1976 y los promedios a largo plazo para tres localidades: la sede del CIAT, cerca de Palmira, la granja experimental cercana a Popayán, la cual pertenece a la Secretaría de Agricultura del departamento del Cauca y la Estación Experimental de Carimagua, perteneciente al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Los datos fueron tomados en las estaciones meteorológicas adyacentes (Popayán y CIAT) o cercanas (Carimagua). Se ofrece información detallada sobre otros factores climatológicos para la localidad de Palmira, donde el CIAT adelanta la mayor parte de las investigaciones básicas sobre selección de materiales y los trabajos en las primeras etapas del desarrollo de los cultivos.

PALMIRA

En la Figura 1 y en el Cuadro 1 se presenta información meteorológica obtenida en la Estación Experimental del ICA, Palmira, la cual se encuentra localizada aproximadamente a tres kilómetros al oriente de la sede del CIAT. Los datos de la figura están expresados gráficamente en períodos de 10 o 20 días para la sección del año 1976 en la cual se hizo investigación, en tanto que los datos en el cuadro representan los promedios mensuales y los datos climatológicos a largo plazo.

Durante el año, las condiciones de temperatura fueron similares al promedio a largo plazo, excepto para las temperaturas máximas durante agosto y septiembre de 1976. En este período, la media máxima de 10 días (Figura 1) subió hasta casi 33°C, aproximadamente 3°C por encima de los valores de media máxima en

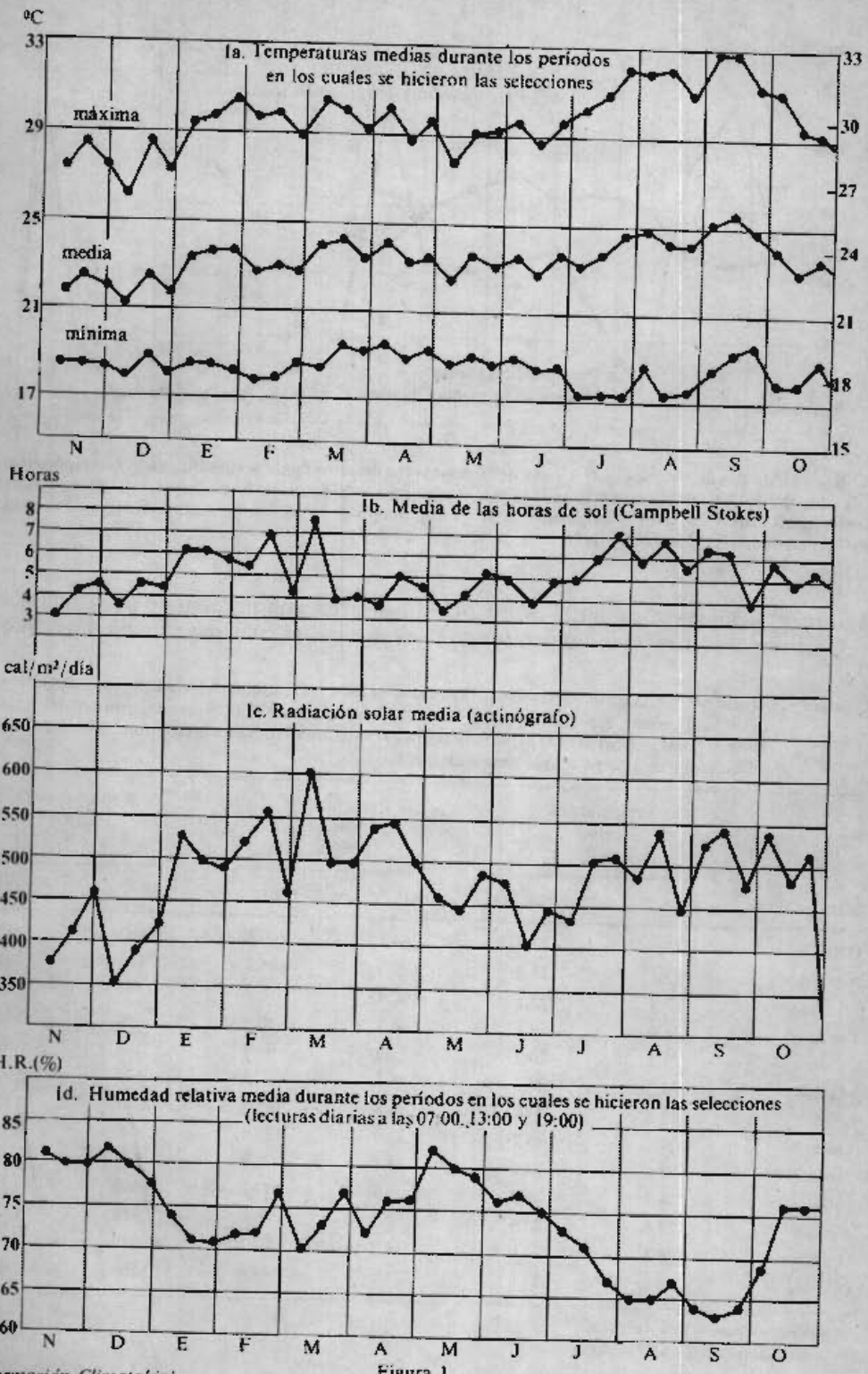

°C
Ia. Temperaturas medias durante los períodos en los cuales se hicieron las selecciones
máxima
media
mínima
33
29
25
21
17
N D E F M A M J J A S O
Horas
Ib. Media de las horas de sol (Campbell Stokes)
cal/m²/día
Ic. Radiación solar media (actinógrafo)
650
600
550
500
450
400
350
H.R.(%)
Id. Humedad relativa media durante los períodos en los cuales se hicieron las selecciones
(lecturas diarias a las 07:00, 13:00 y 19:00)
85
80
75
70
65
60

Figura 1.

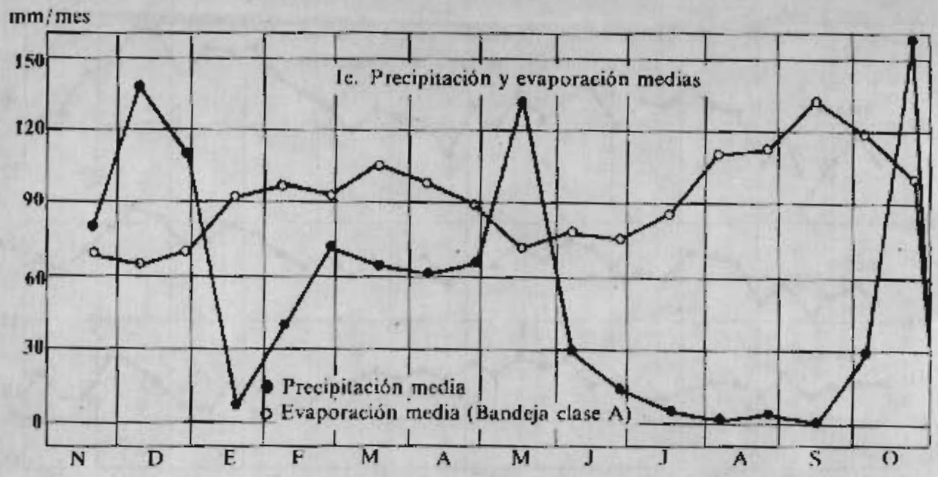


Figura 1. Medias de 10 días (1a, b, c y d) y de 20 días (1e) de diversos factores climatológicos correspondientes a la sede del CIAT, Palmira, en la unidad meteorológica de la Estación Experimental del ICA, Palmira, departamento del Valle del Cauca (latitud: 3°31' Norte; longitud: 76°18' Oeste; altitud: 1.001 msnm) para el período noviembre 1975-octubre 1976.

agosto y septiembre de 30,1° y 30,2°C, respectivamente. Las altas temperaturas se asociaron con un período de sequía poco frecuente, el cual se extendió desde junio

Cuadro 1. **Datos meteorológicos correspondientes a la sede del CIAT, tomados en la Estación Experimental del ICA, Palmira, departamento del Valle del Cauca (latitud: 3°31' Norte; longitud: 76°18' Oeste; altitud: 1.001 msnm) para el período octubre 1975-octure 1976. Se incluyen promedios de los datos climatológicos a largo plazo, para este lugar.**

	Temperatura media* (°C)		Precipitación mensual (mm/mes)		Radiación solar media** (cal/cm²/día)	
Mes	1975-76	1970-74	1975-76	1930-74	1975-76	1972-74
Octubre	23,4	23,6	244,1	146,6	480	452
Noviembre	23,1	23,5	130,7	105,7	416	417
Diciembre	22,8	23,1	190,4	76,3	392	426
Enero	24,0	24,1	40,9	40,9	480	448
Febrero	24,5	24,3	77,2	69,4	517	504
Marzo	24,3	24,3	125,6	87,2	524	475
Abril	23,6	24,0	96,4	141,7	525	461
Mayo	24,0	23,7	133,0	124,4	490	435
Junio	23,6	23,7	15,1	70,8	432	405
Julio	24,1	24,0	6,1	27,2	483	451
Agosto	24,6	23,9	3,5	36,6	486	424
Septiembre	24,6	24,0	1,2	62,3	519	452
Octubre	23,7	23,6	229,6	146,6	504	452

* Máxima más mínima, divididas por dos

** Actinógrafo (Belfort Science Associates).

hasta septiembre, período en que la precipitación total fue de sólo 25,9 milímetros en comparación con el promedio a largo plazo de casi 200 milímetros.

Por la escasa precipitación en septiembre, la estación de lluvias normal para el segundo semestre sólo tuvo una duración de un mes (octubre). La humedad relativa fue baja durante la prolongada estación de sequía y alcanzó valores de media diaria de 64 por ciento a mediados de septiembre. La radiación presentó la variabilidad normal. Como los datos sobre radiación sólo se han tomado por cinco años, no se dispone de medias a largo plazo. Las horas de sol fueron de una intensidad muy alta durante la prolongada estación de sequía, pero esto no se reflejó en valores de radiación solar excepcionalmente altos. Aunque la nebulosidad se redujo en gran escala, el cielo nunca se observó totalmente despejado debido al humo, polvo y otras interferencias. Durante el segundo semestre, fue necesario aplicar más riego de lo común, como resultado de las condiciones excepcionales de alta evaporación y precipitación extremadamente baja.

POPAYAN

La investigación de campo que realiza el CIAT (principalmente el Programa de Frijol) cerca de Popayán, se adelanta en la granja experimental de la Secretaría de Agricultura del departamento del Cauca. La estación meteorológica está localizada a un kilómetro de distancia y es operada por la Federación Nacional de Cafeteros.

Las condiciones en Popayán durante el segundo semestre de 1976, reflejan las condiciones de sequía que prevalecieron en la mayor parte del territorio colombiano (Cuadro 2). La precipitación en los meses de junio, julio y agosto fue con-

Cuadro 2. **Datos climatológicos aproximados correspondientes a la Granja Experimental de la Secretaría de Agricultura del Departamento del Cauca, cercana a Popayán; datos tomados en la Estación Experimental "José María Obando", operada por la Federación Nacional de Cafeteros (latitud: 2°27' Norte; longitud: 76°34' Oeste; altitud: 1.850 msnm) para el período octubre 1975-octubre 1976. Se incluyen promedios de los datos climatológicos a largo plazo, para este lugar.**

	Temperatura (°C)						Precipitación (mm/mes)	
	Máxima		Mínima		Media*			
Mes	1975-76	1951-70	1975-76	1951-70	1975-76	1951-70	1975-76	1951-70
Octubre	-	27,7	-	10,7	-	17,5	174,9	275,9
Noviembre	-	26,4	-	11,1	-	16,9	294,3	310,3
Diciembre	-	26,5	-	10,8	-	17,3	425,0	272,4
Enero	22,9	26,9	12,3	10,5	17,3	17,4	104,4	156,6
Febrero	22,3	27,4	12,5	11,0	16,9	17,6	199,3	154,0
Marzo	23,3	27,5	13,6	11,1	17,6	17,6	365,6	163,2
Abril	23,3	27,6	13,2	11,4	17,6	17,5	152,5	183,2
Mayo	23,6	27,5	13,7	11,5	17,9	17,6	95,9	141,6
Junio	24,1	27,4	13,1	10,4	17,9	17,4	50,5	96,5
Julio	25,7	28,8	13,0	10,6	18,8	17,6	1,1	40,5
Agosto	26,4	28,7	13,0	10,3	19,2	18,0	12,4	34,9
Septiembre	26,5	29,0	13,6	10,3	19,4	18,0	141,1	93,4
Octubre	-	27,7	-	10,7	-	17,3	350,6	275,9

* Promedio de 4 mediciones durante cada período diario.

siderablemente inferior a la normal. La temperatura anual a largo plazo de 17,5°C refleja la diferencia en altitud de 850 metros que existe entre la sede del CIAT en Palmira y la granja cercana a Popayán. Hasta el momento, no se puede dar una explicación para el mayor rango de temperatura de la media a largo plazo, en comparación con el observado en 1975-1976.

Cuadro 3. **Datos meteorológicos correspondientes a la Estación Experimental de Carimagua, tomados en la estación meteorológica de Las Gaviotas, Centro de Desarrollo Integrado, Comisaría del Vichada (latitud: 4°30' Norte; longitud: 70°40' Oeste, aproximadamente; altitud: 150 msnm) para el período octubre 1975-octubre 1976. Se incluyen promedios de los datos climatológicos a largo plazo, para este lugar.**

	Temperatura (°C)						Precipitación (mm/mes)	
	Máxima		Mínima		Media			
Mes	1975-76	1968-71	1975-76	1968-71	1975-76	1968-71	1975-76	1968-71
Octubre	30,4	32,4	22,0	21,0	26,2	26,7	210,6	305,1
Noviembre	30,3	32,3	22,2	21,7	26,3	27,0	136,5	112,6
Diciembre	30,1	32,2	21,8	21,7	26,0	26,9	158,7	122,1
Enero	30,8	32,4	21,3	21,5	26,1	26,9	0,0	36,8
Febrero	32,5	33,4	21,7	21,5	27,1	27,4	30,3	55,7
Marzo	31,9	33,2	22,9	22,4	27,4	27,3	66,8	157,3
Abril	30,8	32,5	22,5	22,6	26,7	27,5	293,1	188,6
Mayo	29,3	30,6	22,4	22,2	25,8	26,4	240,1	348,0
Junio	28,2	30,1	22,0	20,4	25,1	25,2	453,9	421,8
Julio	27,8	29,6	21,3	20,5	24,6	25,0	425,0	278,6
Agosto	29,9	30,5	21,7	20,3	25,8	25,4	197,0	339,4
Septiembre	30,5	31,4	22,2	20,8	26,4	26,1	317,0	162,8
Octubre	31,6	32,4	23,6	21,0	27,6	26,7	139,6	305,1

CARIMAGUA

En el Cuadro 3 se presentan los datos meteorológicos para la Estación Experimental de Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia, donde el CIAT adelanta diversas investigaciones. La precipitación en 1975-1976 presentó la variación estacional usual, pero en los meses de enero, febrero y marzo, fue inferior a la normal (en comparación con la información de cinco años). Durante el año 1976, las temperaturas fueron similares a los valores medios a largo plazo.

Sistemas de producción de fríjol



CIAT 1978

Sistemas de producción de fríjol

PROGRESOS LOGRADOS EN 1976

Los programas nacionales de fríjol en América Latina varían en cuanto a la magnitud de su labor, en las disciplinas representadas por los científicos y en sus bases de apoyo. En ciertos casos, los programas se limitan a unos pocos científicos que abarcan actividades de diversas disciplinas y en otros, están integrados por equipos multidisciplinarios de investigación formados por numerosos científicos altamente calificados. El Comité Técnico Asesor del Grupo Consultivo para Investigación Agrícola Internacional solicitó al Programa de Fríjol del CIAT el establecimiento de una red colaborativa dedicada a la investigación sobre fríjol en América Latina; en consecuencia, este Programa debe estar preparado para responder a necesidades de muy diversa índole. El elemento más importante que produce el Programa es el germoplasma, el cual puede ser utilizado por los programas nacionales como fuente promisoria de resistencia a enfermedades o insectos; se puede suministrar como material híbrido cruzado con variedades nacionales importantes y ya combinado con las fuentes de resistencia; como materiales "élites" en avanzadas generaciones previamente seleccionadas en el CIAT o bien, como variedades logradas por el CIAT u otros programas nacionales. Incluso los llamados "paquetes tecnológicos" diferirán de acuerdo con las necesidades y capacidades de cada país y sus sistemas agrícolas predominantes.

Los principales progresos logrados por el Programa en 1976 ilustran la amplitud de actividades y su integración con las necesidades de programas nacionales.

En este año después de consultar la metodología con los programas nacionales, el CIAT estableció el primer Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN). Hasta finales del año, se han recibido 128 solicitudes para participar en este ensayo internacional, provenientes de 20 países de América, más Inglaterra, India, Israel, Japón, Kenia, Malawi, Portugal, Tanzania y Tailandia; ya se han distribuido 76 ensayos. Aunque la mayoría de las siembras se programaron para el segundo semestre de 1976, ya se han recibido los resultados de 12 ensayos.

Durante 1976 se adelantaron los ensayos del segundo Vivero Internacional de Roya de Fríjol (IBRN) en 14 instituciones. Los resultados del primer IBRN señalaron la existencia de tres introducciones resistentes al ataque de la roya en los seis países en los cuales se estableció el ensayo. El programa de mejoramiento genético está utilizando dos de estas introducciones (P699 y P717) como fuentes de resistencia a la roya.

Durante este año se designó al CIAT como el centro mundial de fuentes de germoplasma de **Phaseolus**. En septiembre, durante la primera reunión del Comité Asesor de Germoplasma de **Phaseolus**, se revisaron y aprobaron planes del programa para el almacenamiento, identificación, caracterización y recuperación de datos

relacionados con germoplasma. Se publicó un catálogo detallado que incluye más de 700 cultivares promisorios.

Se obtuvieron tasas de fijación de nitrógeno hasta de 40 kg N/ha/ciclo de crecimiento. Las altas tasas de fijación fueron más comunes en cultivares trepadores y mostraron una alta correlación con los niveles más altos de carbohidratos solubles en la planta.

Se continuó la evaluación de prácticas culturales y de cultivares para cultivos asociados de maíz y fríjol. Los máximos rendimientos de fríjol y de maíz en asociación fueron de 2.070 y 4.930 kg/ha, respectivamente.

Durante el año se utilizaron 178 cultivares en las hibridaciones de fríjol y se efectuaron aproximadamente 3.000 combinaciones con progenitores diferentes. Se desarrollaron planes detallados para hacer una evaluación secuencial de estos híbridos por su resistencia a enfermedades y rendimiento, y para promover el traspaso de materiales promisorios a los programas nacionales interesados, a un ritmo tan rápido como sea posible

En 1976, el Programa recibió 38 becarios para adiestramiento, cuatro de ellos científicos posdoctorales. El contacto continuo con becarios anteriores del CIAT permitió llevar a cabo una amplia gama de actividades de selección para encontrar resistencia a las enfermedades, insectos y condiciones de estrés fisiológico que no hubiera sido posible realizar en el CIAT. Estas actividades incluyen estudios de resistencia a las especies **Apion** y **Epinotia**, al virus del mosaico dorado y además, selección por tolerancia a la sequía.

GERMOPLASMA

En 1976 el CIAT aceptó la responsabilidad ante la Junta Internacional de Recursos Genéticos Vegetales (IBPGR) respecto al mantenimiento y caracterización del germoplasma de **Phaseolus**.

EVALUACION

Se han multiplicado y caracterizado morfológicamente alrededor de 7.000 muestras de semilla de las 12.000 recibidas por el CIAT. En la actualidad se encuentran en multiplicación otras 3.000 introducciones, de tal manera que a fines de 1976 se tendrán 10.000 materiales evaluados. Estas introducciones incluyen cultivares de *Phaseolus vulgaris* que aún se cultivan o que se dejaron de utilizar, variedades comerciales mejoradas, tipos silvestres y aborígenes y cruces naturales y artificiales de *P. vulgaris* por *P. coccineus*. También, se encuentran representadas colecciones de *P. coccineus, P. acutifolius, P. lunatus* y especies silvestres tales como *P. ritensis, P. dumosus, P. polystachus* y *P. adenanthus*.

En 1976 se recibieron aproximadamente 2.200 nuevas introducciones que incluyeron 1.200 muestras de las exploraciones de Norvell provenientes de México y Guatemala, y nuevos materiales interesantes de Alemania, Holanda y Francia. Después de la reunión celebrada en el CIAT, en septiembre, para revisar el estado general del germoplasma de especies de **Phaseolus**, el Comité Asesor de Germoplasma de **Phaseolus** (PGAC) recomendó que, durante 1977, se lleve adelante la recolección de materiales en Africa y América Central. También, se solicitará información adicional a las principales colecciones existentes que aún no se encuentran en el banco del CIAT.

Se continuó la evaluación de campo y caracterización de introducciones con base en 52 rasgos morfoagronómicos. El PGAC señaló 20 de estos rasgos como caracteres esenciales de descripción para las colecciones de **Phaseolus**. Los resultados de la evaluación de 781 materiales identificados por los científicos del CIAT como "promisorios", se publicaron en forma de lista descriptiva (Figura 1)*. En 1977 se

* En este informe se hace referencia a muchas de estas introducciones promisorias. En la página A-88 se encuentra una lista que identifica estas introducciones (a las cuales se hace referencia como P000) con base en su nombre varietal u otro título, el número del banco de germoplasma del CIAT (como G00000) y el país de donde proviene (pero no necesariamente su origen). Las introducciones del banco de germoplasma mencionadas en este informe se encuentran en una lista, después de las introducciones promisorias.



Figura 1. En 1976 se concluyó la evaluación de 781 introducciones promisorias de *Phaseolus vulgaris* y se publicó en forma descriptiva.

preparará una segunda lista con información acerca de 2.400 introducciones adicionales.

ALMACENAMIENTO

El germoplasma de fríjol del CIAT se mantiene en cuartos fríos sin control de humedad, lo cual requiere pruebas frecuentes de germinación y regeneración de semilla a intervalos de cuatro años. En 1976 se concluyeron los proyectos para la construcción de nuevas instalaciones que dispongan de facilidades para el almacenamiento del germoplasma que se tendrá disponible a comienzos de 1977. La estructura permitirá almacenar hasta 60.000 introducciones a una temperatura de +15°C, y un número igual, en pequeñas cantidades, a -15°C. Toda la semilla se empacará en condiciones de baja humedad para asegurar la viabilidad durante 6-10 años en la sección de +15°C; y durante 100 años, en la sección de -15°C.

ENVIOS DE SEMILLA

En 1976 se despacharon más de 3.000 muestras de semilla. El Cuadro 1 presenta la distribución de estos materiales a las diferentes regiones del mundo.

Cuadro 1. **Distribución de muestras de semilla del banco de germoplasma de Phaseolus del CIAT, durante 1976.**

Región	Muestras enviadas
América del Sur	923
Africa	869
América Central, zona del Caribe	714
Australia	454
Europa	343
América del Norte	100
Total	3.403

ANUBLO BACTERIAL COMUN *(Xanthomonas phaseoli)*

Variación patogénica

Desde 1972 hasta 1975A, el CIAT utilizó para la selección por resistencia al añublo bacterial, el aislamiento colombiano C6 obtenido originalmente por Schuster y Coyne en 1969 de plantas de *Phaseolus vulgaris* var. Diacol-Calima.

En 1976 se hicieron estudios adicionales para obtener nuevos aislamientos y compararlos con el aislamiento C6. Los aislamientos del patógeno del añublo (*Xanthomonas phaseoli*) se hicieron a partir de hojas infectadas y semilla obtenida en Colombia. Los aislamientos se identificaron mediante la morfología de la colonia y pruebas de patogenicidad; posteriormente, se comparó su patogenicidad con la de los aislamientos C6 y C7 (este último también fue aislado por Schuster y Coyne a partir de semilla obtenida en Colombia). El aislamiento 611, encontrado en el Valle del Cauca, Colombia, fue el más virulento y ocasionó el marchitamiento total de las plantas dos semanas después de su inoculación (Figura 2). En contraste, el aislamiento C6 fue sólo ligeramente virulento y ocasionó el debilitamiento de las hojas primarias. En este ensayo, el aislamiento C7 no fue patogénico, lo cual indica que la patogenicidad puede disminuir después de cultivar las bacterias repetidamente. Se están adelantando estudios para determinar la manera más adecuada de utilizar esta patogenicidad diferencial en selección por tolerancia al añublo bacterial bajo condiciones controladas.

Selección de campo

En 1975 y 1976 se realizaron experimentos de campo en la sede del CIAT y

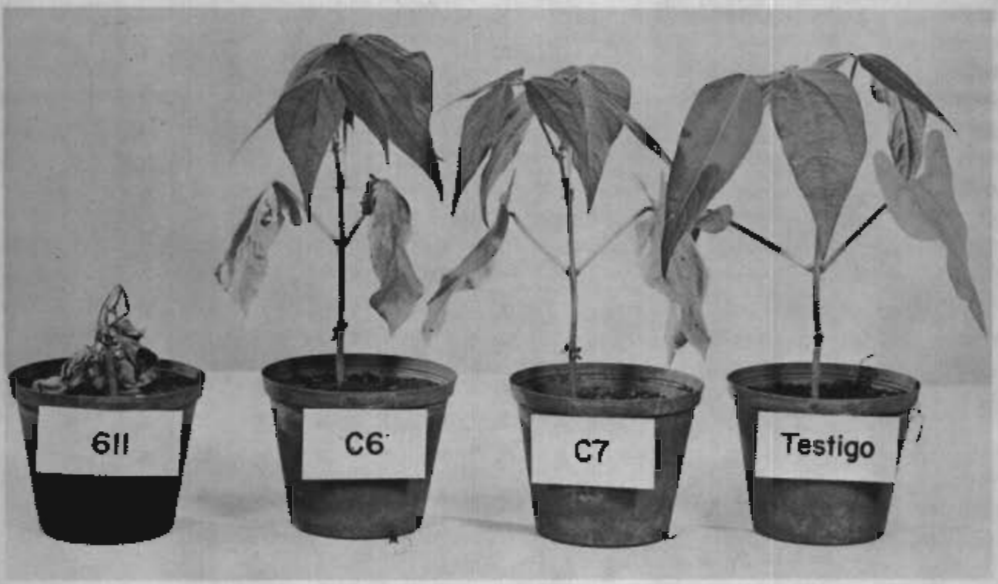


Figura 2. **Variación patogénica entre aislamientos colombianos de *Xanthomonas phaseoli* en *P. vulgaris*. Plántulas del cultivar Manitou, fríjol de grano arriñonado y color rojo claro, se inocularon en el nudo de los cotiledones en la etapa de "gancho" con los aislados 611, C6, C7 y agua (testigo). La fotografía se tomó 2 semanas después de la inoculación.**

también, en la Estación Experimental de Nataima. Nataima es una estación experimental del ICA en Espinal, departamento del Tolima, Colombia donde las condiciones de temperatura y humedad son excelentes para el desarrollo del añublo. En estos ensayos se compararon las reacciones de la enfermedad en 4.000 introducciones del banco de germoplasma del CIAT. Se incluyeron materiales provenientes de la Universidad de Nebraska (USA), Universidad de Michigan (USA) y Puerto Rico, como también dos líneas de *P. acutifolius* que sirvieron como testigos tolerantes.

Las introducciones se evaluaron por primera vez en el CIAT en una siembra sin replicaciones. Los materiales tolerantes se reevaluaron en pruebas replicadas en el CIAT y en Nataima. En el CIAT, el diseño de las parcelas para la selección por tolerancia a la enfermedad (Figura 3) fue similar a los métodos previamente descritos (Informe Anual del CIAT, 1974), mientras que en Nataima las hileras se espaciaron 60 centímetros sin camellones. Dos a tres semanas antes de la fecha general de siembra se sembró, en los bordes, semilla infectada del cultivar susceptible, Porrillo Sintético.

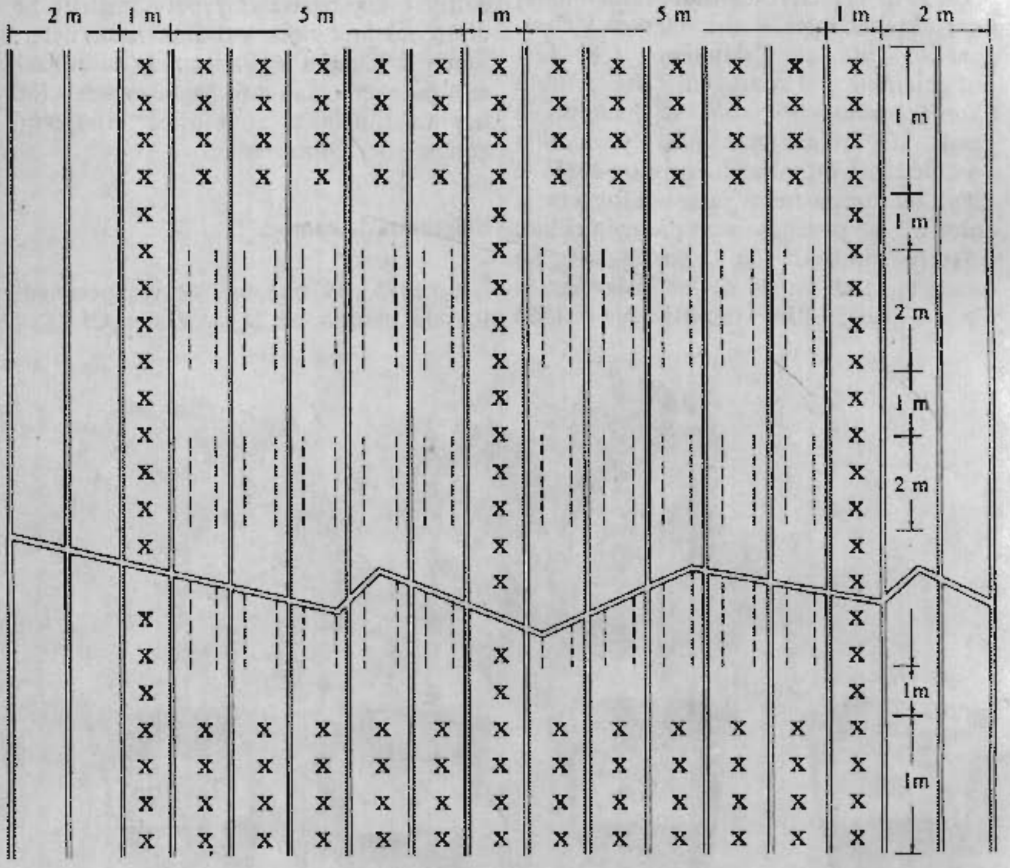


Figura 3. Patrón de siembra utilizado en el CIAT para la evaluación de la tolerancia al añublo bacterial común.

En la sede del CIAT, las planta se inocularon cinco semanas después de la siembra con el aislamiento 611 de *X. phaseoli* en una suspensión que contenía 5 x 10^7 células/ml. El inóculo se aplicó al atardecer, en aspersión, a una presión aproximada de 100 psi para lograr que las hojas se mojaran completamente (Figura 4); las hileras de fríjol se regaron por surcos el día anterior y posterior a la inoculación para crear un microclima favorable para el desarrollo de la enfermedad. Posteriormente, las plantas se asperjaron con agua y se regaron semanalmente para aumentar la diseminación de infecciones artificiales y naturales. En el CIAT, las reacciones se midieron tres semanas después de la inoculación, mediante el uso de una escala de 1 a 5 para las reacciones foliares y de 1 a 3 para las reacciones de las vainas.

En Nataima, la infección severa se presentó en forma natural y no fué necesario hacer inoculaciones. La reacción de la enfermedad se registró de siete a ocho semanas después de la siembra.

La mayor tolerancia se observó en dos líneas de *P. acutifolius* (P597 y Tepary 10) que no presentaron síntomas en el follaje o vainas (Cuadro 2). Todas las introducciones de *P. vulgaris* presentaron síntomas foliares. Dos de las líneas de *P. vulgaris* (P662 y P261) fueron tolerantes en lo que respecta a su reacción foliar, pero la línea P261 presentó susceptibilidad de vainas. Las líneas P464 y P252 que fueron tolerantes en 1975, presentaron susceptibilidad en los ensayos posteriores. PI 169-727, P684, PI 197-687, Guali y P694 que, en otros estudios han sido identificadas como tolerantes a los aislamientos norteamericanos fueron susceptibles en estos ensayos. Los cultivares comerciales tolerantes norteamericanos P698, P567 y Valley, fueron susceptibles a medida que se acercaron a la madurez.



Figura 4. En los campos del CIAT, las plantas de fríjol se inoculan con una suspensión bacterial, mediante un aspersor de presión.

Cuadro 2. Reacción de las vainas y el follaje de diversos cultivares y líneas de fríjol sembradas en el campo a los aislamientos colombianos de *Xanthomonas phaseoli*.

Introducción	Reacción del follaje*			Reacción de vainas**		
	CIAT		Nataima	CIAT		Nataima
	1975B	1976A	1976A	1975B	1976A	1976A
Phaseolus acutifolius						
P597	1	1	1	1	1	1
Tepary Nebr. Introd. 10	- ***	1	1	-	1	1
Phaseolus vulgaris						
P662	2	2	2	2	1	1
P261	2	2	2	3	3	3
P464	2	2	3	2	1	1
P252	2	3	3	2	3	2
PI 169-727	-	4	-	-	3	-
PI 197-687	-	3	-	-	1	-
ICA-Gualí	3	4	3	3	3	2
GN Valley	-	3	3	-	1	2
P684	3	3	3	2	1	1
P698	3	3	3	3	1	2
P498	3	3	3	2	1	1
P567	3	3	4	2	1	2
P694	3	3	3	2	2	2
P092	3	3	3	3	2	3
P760	-	4	4	-	2	2
P566	3	4	4	2	2	2

* Reacciones en el follaje: 1 = Altamente tolerante: ningún síntoma visible; 2 = Tolerante: lesiones ligeras y pequeñas en 1-5% de las hojas; 3 = Moderadamente susceptible: lesiones moderadas de varios tamaños, algunas hojas cloróticas; 4 = Susceptible: lesiones severas, numerosas y grandes en la mayoría de las hojas; clorosis y necrosis pronunciadas, y 5 = Altamente susceptible: lesiones muy severas, plantas cloróticas, necróticas y muy defoliadas

** Reacciones de vainas: 1 = Tolerante: sin lesiones; 2 = Intermedia: unas pocas lesiones pequeñas, y 3 = Susceptible: numerosas lesiones grandes

*** Los guiones indican que la introducción no se probó en esta localidad o ciclo de cultivo.

ENFERMEDADES FUNGOSAS

Roya *(Uromyces phaseoli)*

En 1976 se evaluaron por resistencia a la roya, en el CIAT y en Popayán, 1.700 colecciones del banco de germoplasma; 189 presentaron resistencia en ambas localidades. Estas colecciones se someterán a pruebas posteriores y se incorporarán a futuros Viveros Internacionales de Roya de Fríjol (IBRN) para someterlas a pruebas contra razas del hongo que no se encuentran en Colombia.

Durante este año se enviaron a 14 países cooperadores un total de 26 juegos del IBRN que contenían 123 cultivares, cada uno de ellos considerado como resistente a diferentes razas del patógeno o como promisorios. Se han recibido los resultados obtenidos de 12 de los 14 juegos enviados en 1975 y cuatro de los 26 enviados durante 1976. Estos resultados se analizaron en computador mediante el uso de un índice de resistencia determinado por el tamaño de la pústula (1-5) y por el porcentaje de intensidad de la infección, a partir de observaciones a los 30 y 45 días después de la siembra (Figura 5). Se envió a los colaboradores del IBRN y a otros científicos interesados, un resumen de los resultados obtenidos.

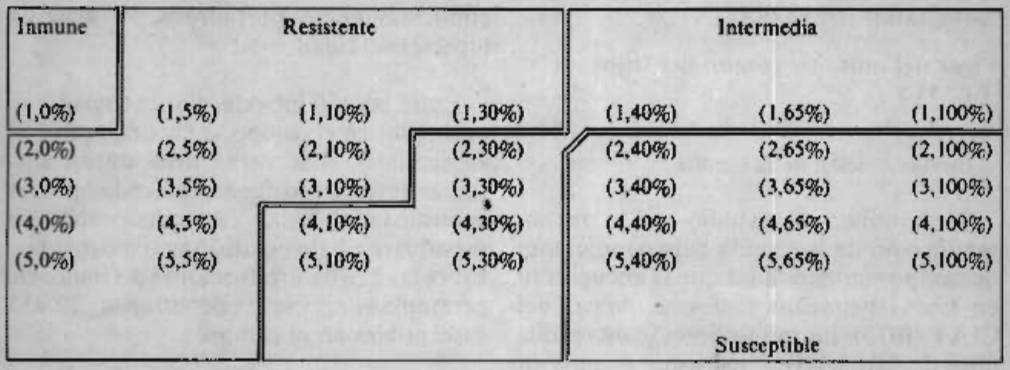


Figura 5. Indice de resistencia utilizado para evaluar el Vivero Internacional de Roya de Fríjol (IBRN).

Las introducciones P693, P699 y P717 fueron consistentemente resistentes a la roya, en dos años de pruebas del IBRN. Las introducciones P699 y P717 se han utilizado ampliamente en programas de cruzamiento en el CIAT para incorporar resistencia a la roya.

Antracnosis *(Colletotrichum lindemuthianum)*

Selección por resistencia

En Popayán (1.600 msnm) y en Bogotá (2.600 msnm) se estudiaron 524 introducciones promisorias por resistencia a la antracnosis. Más de 100 introducciones fueron resistentes en ambas localidades y otras fueron resistentes en una de las localidades y susceptibles en la otra. En Popayán, se aisló la raza β de *Colletotrichum lindemuthianum*. En dos años de pruebas, la resistencia de las introducciones P685, Widusa, P302, P347, P432 y P540, permanece consistente. Las introducciones P685, P782, Cordonco y Vernandon se utilizan como fuentes de resistencia en el programa de mejoramiento genético.

Mildeu polvoso *(Erysiphe polygoni)*

Selección por resistencia

Tanto en Bogotá como en Popayán se presentó un ataque del mildeu polvoso *(Erysiphe polygoni)* en el vivero de antracnosis. Se observó que la introducción P278 fué altamente resistente.

Mustia hilachosa *(Thanetephorus cucumeris)*

Selección por resistencia

Las condiciones medio ambientales durante 1976 no fueron favorables para el desarrollo de *Thanatephorus cucumeris*. Sin embargo, de las 3.505 colecciones sembradas en la Estación Experimental de Turipaná, Costa Atlántica, sólo 310 fueron tolerantes. Estas colecciones se someterán a pruebas posteriores bajo condiciones de mayor control. Los materiales más tolerantes fueron las introducciones P017, P358, P401 y P716. Estos materiales también se comportaron como tolerantes en selecciones anteriores.

Pudriciones radicales

La infestación endémica de *Rhizoctonia solani* en Popayán permitió la evaluación de 524 materiales promisorios bajo condiciones naturales en esta localidad. Las colecciones más sobresalientes por su resistencia fueron P235, P334, P352, P502 P503, P646 y P693.

Virus del mosaico común del fríjol (BCMV)

Contaminación de la semilla

Se continuó el estudio de la recontaminación de la semilla bajo condiciones de campo similares a las que se encuentran en fincas pequeñas (Informe Anual del CIAT, 1975). La multiplicación de semilla libre de patógenos alojados en su interior (semilla limpia) lejos de los campos comerciales de fríjol, permitió que la semilla no se contaminara con virus. En las parcelas cercanas a las plantas contaminadas sembradas con semilla limpia, se desarrollaron infecciones de 15 y 12 por ciento para las variedades susceptibles ICA-Gualí e ICA-Duva, respectivamente, y de 6 y 5 por ciento para las variedades tolerantes ICA-Tui y P459, respectivamente. No se programó el control de vectores.

En el caso de las variedades tolerantes, como ICA-Tui, los síntomas no se expresan claramente y esto puede conducir al uso constante de semilla infectada; sin embargo, en las parcelas de semilla limpia de ICA-Tui, se obtuvieron rendimientos mayores que en las parcelas sembradas con semilla infectada (2.720 vs. 1.691 kg/ha).

Selección por resistencia

El BCMV está formado por más de siete clases de cepas. Varias de estas cepas estan presentes en zonas tropicales y posiblemente falta identificar algunas nuevas.

Se evaluaron, en el CIAT, en condiciones de invernadero 151 introducciones promisorias, mediante el uso de una cepa poco virulenta aislada del cultivar Calima. Se encontraron 88 introducciones resistentes y 63 susceptibles. En este ensayo, no se observaron síntomas de necrosis o raíz negra en las introducciones conocidas como portadoras del gene de hipersensibilidad.

Entre las 436 introducciones trepadoras evaluadas en el campo se encontraron 345 susceptibles. Las otras presentaron síntomas leves o no fueron atacadas por la enfermedad. Estas introducciones se reevaluarán bajo condiciones controladas. Entre las 3.610 introducciones del banco de germoplasma, se encontraron 2.955 susceptibles en el campo.

Mediante inoculación mecánica, en condiciones de invernadero, se sometió a prueba semilla F_1 de 75 cruces sencillos (familias) que incluyeron tres fuentes de dominancia de la tolerancia al BCMV. De estas familias F_1, 72 fueron tolerantes y cuatro susceptibles.

Virus del mosaico dorado del fríjol (BGMV)

Selección por resistencia

Se evaluó un total de 2.150 introducciones, bajo condiciones naturales, en Guatemala, El Salvador y Brasil y ninguna introducción fue resistente al virus. Con esta evaluación se tienen en la actualidad 5.850 introducciones evaluadas, pero se han encontrado pocos materiales tolerantes al BGMV.

Vivero internacional del virus del mosaico dorado del fríjol (IBGMVN)*

El IBGMVN consta de 80 colecciones; se enviaron juegos para su evaluación a Guatemala, El Salvador, Brasil y Tanzania. Los resultados indicaron que algunos materiales promisorios (que incluyeron las variedades P466, P709, P757, P488, P566, Puebla 441, Venezuela 68, PI 313-878 y PI 313-882) fueron tolerantes al virus presente en América Central y al virus existente en Brasil.

---

* International Bean Golden Mosaic Virus Nursery.

El IBGMVN contará en 1977 con 190 colecciones y se sembrarán en más localidades de América y Africa.

Antisuero de BGMV

La purificacion del BGMV (Informe Anual, 1975) hizo posible la preparación de un antisuero específico. Los ensayos del antisuero han establecido que la enfermedad presente en Guatemala, El Salvador, Colombia y Puerto Rico es ocasionada por el mismo virus. Estas pruebas serológicas se extenderán posteriormente a diversos países latinoamericanos, del Caribe y africanos, para lograr una mejor identificación de un "mosaico amarillo" descrito en la literatura en estos países (Figura 6).

PATOLOGIA DE LA SEMILLA

Producción de semilla libre de patógenos

Se continuó con el proyecto prioritario de "limpiar" la semilla de patógenos alojados en su interior. En condiciones de invernadero se limpiaron 442 colecciones. Se incluyen materiales promisorios, como también introducciones provenientes de los Países Bajos, Bélgica, Nueva Zelandia, Perú, Honduras, Haití y los juegos del vivero internacional. En siembras de campo, se multiplicó un total de 885 materiales.

El grupo de agronomía de fríjol implementó la producción en gran escala de semilla limpia para su utilización en programas experimentales y nacionales. En Loboguerrero, una localidad relativamente seca, fuera de la región productora de fríjol en el Valle del Cauca (en la cual está localizado el CIAT), se produjeron tres toneladas de semilla de 20 variedades.

Producción de semilla libre de antracnosis mediante el uso de fungicidas

En Popayán, en donde la antracnosis es severa y endémica, se hizo una siembra con la variedad susceptible Nima. Se hicieron aplicaciones individuales con benomyl (fungicida sistémico) y captafol (fungicida protector) o en combinación, a partir de los 30 días después de la siembra. Debido a la severidad de la enfermedad fue necesario repetir los tratamientos cinco veces, a intervalos de nueve días.

Las plantas asperjadas con benomyl a razón de 1 kg/ha permanecieron libres de antracnosis y a razón de 0,5 kg/ha se

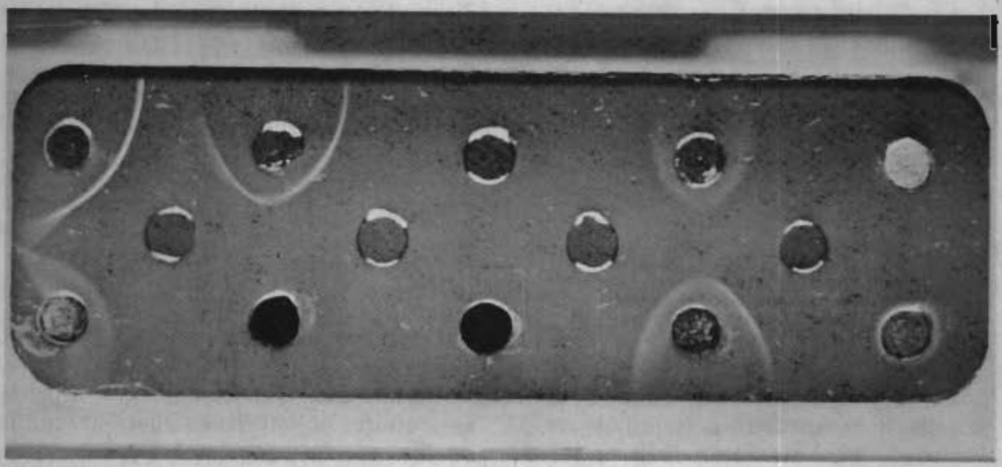


Figura 6. Las pruebas serológicas ayudan en la identificación de enfermedades virales en América Latina. En la foto se ilustran las reacciones del mosaico rugoso, mosaico ampollado y mosaico dorado del fríjol a sus antisueros homólogos.

obtuvo un buen control. Se obtuvo un control deficiente de la enfermedad en plantas asperjadas con 0,25 kg/ha de benomyl más 1,5 kg/ha de captafol. El captafol, a razón de 3 kg/ha, no controló la enfermedad debido a las fuertes lluvias. Las plantas no tratadas (testigo) murieron debido a la antracnosis, a los 50 días de la siembra. No se presentaron rendimientos significativamente diferentes entre las plantas asperjadas con 0,5 y 1 kg/ha de benomyl. Las plantas de ambos tratamientos dieron rendimientos significativamente mayores que las plantas asperjadas con benomyl (0,25 kg/ha) más captafol o captafol solo, aunque las plantas tratadas con benomyl mas captafol dieron rendimientos significativamente mayores que las plantas asperjadas con captafol solo. Las observaciones hechas para encontrar hongos alojados en el interior de las semillas aislaron semillas de plantas asperjadas repetidamente con 1 kg/ha de benomyl, libres de *C. lindemuthianum*. Todas las plantas asperjadas con benomyl produjeron semillas con un contenido en hongos significativamente menor (*C. lindemuthianum* y Fusarium spp.) que las plantas asperjadas con captafol solo.

Bajo condiciones ambientales normales, son necesarias cuatro aplicaciones de benomyl para controlar la antracnosis. En Colombia, el precio de la semilla de fríjol hace económicamente factible el uso de este insecticida sistémico aún en el caso de que sean necesarias cinco aplicaciones para asegurar la producción de semilla de fríjol de buena calidad.

Efecto de la cosecha tardía y de las aplicaciones foliares de fungicidas sistémicos sobre la calidad de la semilla

Con el fin de evaluar el efecto de la cosecha tardía sobre la calidad de la semilla, se cosecharon semillas de la variedad Tui al momento de la madurez o se retardó la cosecha hasta un máximo de cuatro semanas. Los fungicidas se aplicaron en la madurez o en algunos casos, después de la madurez. Los resultados se presentan en el Cuadro 3.

En todos los tratamientos, incluso el testigo, se obtuvo semilla de buena calidad cuando se cosechó en la época de madurez; el porcentaje de germinación in vitro y la emergencia de campo, fue por lo menos de 85 por ciento. Los porcentajes de germinación y emergencia disminuyeron a medida que se retardó la cosecha, en tanto que la infección de la semilla aumentó en los grupos similares, tratados y no tratados.

En este estudio se identificaron hongos de 13 géneros alojados en el interior de las semillas. El principal agente de infección de la semilla en el testigo fue Fusarium spp., aunque casi todas las infecciones en ambos tratamientos que incluyeron benomyl, fueron causadas por Alternaria spp.

Los resultados indican que la época de cosecha parece ser de suma importancia en la producción de semilla de alta calidad. El retardo en la cosecha puede reducir la germinación in vitro y la emergencia de campo, como también aumentan la infección de la semilla ocasionada por hongos. El aumento en el porcentaje de semillas infectadas por hongos se correlaciona con disminuciones en la germinación de las semillas. Además, el retardo de la cosecha puede dañar físicamente las semillas debido a las variaciones alternantes de las condiciones de humedad y sequía en el campo.

Efecto del contacto de las vainas con el suelo sobre la infección fungosa de las semillas

Tal como se mencionó en el estudio económico de fríjol, discutido en el Informe Anual del CIAT, 1975, muchos agricultores colombianos guardan semilla de una cosecha para siembras posteriores. En tanto que ellos seleccionan, entre los lotes de semilla disponible, los granos con rasgos aceptables, no seleccionan la semilla

Cuadro 3. Porcentaje de germinación in vitro, emergencia de campo, hongos portados en el interior y peso de 1.000 semillas de plantas de *Phaseolus vulgaris* var. Tui, no tratadas o tratadas con 2 fungicidas sistémicos y cosechadas posteriormente en la madurez o a intervalos semanales.

Tratamiento	Epoca de cosecha*	Promedio (%) ** Germinación	Emergencia a los 15 días	Semillas con hongos	Peso de 1.000 semillas (g)
benomyl	0	95	87	4	201
	1	92	84	15	205
	2	92	87	26	201
	3	93	82	38	205
	4	76	71	96	206
oxycarboxin	0	98	86	5	194
	1	97	86	13	207
	2	91	84	26	204
	3	82	82	56	198
	4	75	67	99	197
benomyl + oxycarboxin	0	94	85	4	201
	1	95	84	17	208
	2	92	86	27	203
	3	86	84	54	203
	4	74	72	98	205
Sin tratamiento	0	87	86	13	152
	1	79	75	48	149
	2	63	69	86	147
	3	64	67	100	150
	4	60	61	100	154
DMS = 0,05		3,71	3,43	8,87	13,86
DMS = 0,01		4,94	4,57	11,82	15,15

* 0 = Madurez; 1, 2, 3 y 4 = número de semanas después de la madurez
** Tres replicaciones de 100 semillas cada una, para cada tratamiento y fecha de cosecha.

que cosechan. Considerando que el contacto de las vainas con el suelo disminuye la germinación de las semillas y facilita su infección por hongos, se hicieron estudios para evaluar la cosecha selectiva de las semillas como un medio para mejorar los cultivos en fincas pequeñas. Los resultados del experimento se presentan en el Cuadro 4.

Aun cuando muchas semillas obtenidas de vainas en contacto con el suelo aparecían decoloradas, arrugadas o lesionadas, la mayoría se comportó en forma fisiológicamente normal. Todas las semillas de vainas que no tuvieron contacto con el suelo, fueron normales. En forma similar, aunque el porcentaje de recuperación de hongos alojados en el interior de las semillas varió de acuerdo con el cultivar, los niveles fueron siempre mayores en semilla proveniente de vainas que tuvieron contacto con el suelo. Los patógenos **Phomopsis spp.** y *Macrophomina phaseoli* nunca se encontraron en vainas que no tuvieron contacto con el suelo; el hongo *Rhizoctonia solani* nunca se encontró en semillas de vainas de

Cuadro 4. Porcentaje de germinación, semilla con hongos internos, viabilidad y emergencia de campo de semillas provenientes de vainas de 5 cultivares de *Phaseolus vulgaris* que tuvieron contacto y no tuvieron contacto con el suelo, en campos del CIAT.

		Cultivar				
Tratamiento*		Calima	Guali	Huasanó	Porrillo Sintético	Tui
Germinación						
Contacto con el suelo		57	46	50	47	59
Sin contacto		100	92	95	97	99
	DMS 0,05	17,9	9,3	16,9	10,5	11,6
	DMS 0,01	41,2	2,4	38,6	24,2	26,9
Semillas con hongos						
Contacto con el suelo		64	90	88	92	78
Sin contacto		3	30	26	19	14
	DMS 0,05	22,2	21,1	13,6	6,1	6,9
	DMS 0,01	34,0	44,4	31,3	13,9	15,9
Viabilidad de la semilla						
Contacto con el suelo		75	68	65	65	78
Sin contacto		95	91	91	100	95
Emergencia en el campo						
Contacto con el suelo		63	47	58	51	69
Sin contacto		92	86	84	83	95
Contacto con el suelo, tratado con thiram		82	75	69	68	85
Sin contacto tratado con thiram		95	90	86	86	94
	DMS = 0,05	18,7	13,4	13,0	12,4	14,8
	DMS = 0,01	28,9	20,7	19,7	19,0	22,3

* Tres replicaciones de 100 semillas cada una, con excepción de la prueba de viabilidad, la cual incluyó 100 semillas. La viabilidad se midió con la prueba del tetrazolio. El tratamiento con thiram fue de 2 g/1.000 g de semilla.

la variedad Calima, Huasanó o Porrillo Sintético, que no tuvieron contacto con el suelo. El porcentaje promedio de germinación in vitro y viabilidad (mediante la prueba del tetrazolio) de semillas provenientes de vainas que no tuvieron contacto con el suelo, fue superior al 90 por ciento y significativamente mayor que el de las semillas de vainas que tuvieron contacto con el suelo. Igualmente, la emergencia fue mayor en las semillas provenientes de vainas que no tuvieron contacto con el suelo.

En semillas esterilizadas superficialmente y provenientes de vainas que tocaron el suelo se identificaron las siguientes especies de hongos: **Alternaria** spp., **Aspergillus** spp., **Cladosporium** spp., **Fusarium** spp., *Isariopsis griseola*, *M. phaseoli*, **Monilia** spp., **Nigrospora** spp., **Penicillium** spp., **Pestalotia** spp., **Phoma** spp., **Phomopsis** spp., **Rhizopus** spp. y *R. solani*. Los hongos que se encontraron con mayor frecuencia fueron **Fusarium** spp., *R. solani*, *M. phaseoli*, **Phomopsis** spp. y **Alternaria** spp.

"Problema X"

En los últimos dos años, una enfermedad con causa desconocida, obser-

vada y descrita en la literatura, en el Valle del Cauca de Colombia, desde 1953, se ha tornado significativa en el CIAT.

Los síntomas son más evidentes en las variedades P011 y P459 (figura 7). Los síntomas aparecen en la primer hoja trifoliada y se tornan sistémicos y más severos en las hojas nuevas. Se observa decoloración de las venas y las hojas se deforman de manera similar al daño ocasionado por herbicidas hormonales. Aparecen síntomas semejantes a la escoba de bruja y el período vegetativo se alarga. En pocas ocasiones se forman vainas. Cuando se producen unas pocas semillas, éstas son deformes y arrugadas, aunque algunas plantas sufren posteriormente una segunda floración que aparentemente produce semilla normal. La enfermedad tiene su origen en el suelo y los síntomas pueden ser ocasionados por condiciones del suelo, desórdenes fisiológicos (anormalidades genéticas), condiciones patológicas o una combinación de estos factores. Sin embargo, la diseminación del problema en el campo no es típica de una enfermedad patogénica que tiene su origen en el suelo, en virtud de que los síntomas aparecen en áreas definidas de las plantas, de un día para otro.

Ya que esta condición interfiere con los experimentos y limita la evaluación de materiales a través de cambios inducidos en el hábito de crecimiento o en los rendimientos, se prestó bastante atención a este problema en el transcurso de 1976.

Transmisión a través del suelo

Los síntomas del "problema X" se produjeron en condiciones de invernadero, en plantas de las variedades P011, P556 y P634, sembradas en suelo proveniente de áreas infectadas. Los síntomas no se observaron en plantas provenientes de semillas sembradas en suelo esterilizado con bromuro de metilo o en suelo de un vivero comercial. Las introducciones P011 y P459 fueron más afectadas que P566 y



Figura 7. Plantas de la introducción P459 de *Phaseolus vulgaris* afectadas por el "problema X".

P634 (68, 90, 47 y 11 por ciento, respectivamente) y las introducciones P634 y P635 no presentaron síntomas en algunos experimentos.

Mezclas y filtrados de suelo

Las variedades susceptibles no desarrollaron síntomas al sembrarlas en una mezcla de suelo infectado y desinfectado en proporciones 1:1. En forma similar, los síntomas de la enfermedad no se observaron cuando el suelo desinfectado se regó con filtrados del suelo infectado.

Los síntomas de la enfermedad no se reprodujeron en plantas cultivadas en suelo desinfectado o bien, en platos de Petri con papel de filtro, los cuales se regaron durante dos días con agua que había lavado raíces de plantas enfermas.

Inoculación mecánica

Mediante el uso de métodos comunes de transmisión mecánica de enfermedades

virosas, se hicieron intentos para transferir el posible agente causal de plantas enfermas a plantas sanas. Los extractos se obtuvieron en diferentes soluciones amortiguadoras (fosfato, citrato, borato, EDTA, tris) con diferentes molaridades y pH, y se adicionaron agentes reducidores y quelatantes para estabilizar al posible agente causal. Se inocularon aproximadamente 1.000 plántulas de fríjol de variedades susceptibles, sin tener éxito alguno.

Injertos

Se injertaron plantas sanas de P459 en plantas enfermas de la misma variedad, y viceversa. No se observaron síntomas en las plantas sanas en las cuales el injerto logró su establecimiento.

Transmisión por semilla

Se sembraron más de 5.000 semillas de plantas que presentaron los síntomas del "problema X" en suelo esterilizado, proveniente de campos infectados, con el fin de determinar la transmisión por semilla. Durante 45 días de observación, ninguna de las plantas presentó los síntomas. Se observaron diferencias en la severidad de los síntomas en P459, de acuerdo con el origen de la semilla, cuando las plantas se cultivaron en suelo infectado. Esto puede indicar que la causa está relacionada con algún factor involucrado en la cubierta de la semilla.

El tratamiento de la semilla con fungicidas o con bicloruro de mercurio o hipoclorito de sodio, no mejoró el nivel de control de la enfermedad. La aplicación de bromuro de metilo redujo la incidencia de la enfermedad en el campo, pero el SMDC y el PCNB no tuvieron efecto alguno.

Extracción de nemátodos

El suelo infestado se sometió a extracción de nemátodos mediante tamizado, centrifugación en azúcar y suspensiones del suelo en agua destilada. La población de nemátodos fue casi nula.

Microscopia electrónica

Las observaciones preliminares de tejido fijo y de extractos parcialmente limpios, no revelaron ningún cuerpo sospechoso similar a virus o microplasmas.

Hospedantes

En suelo infectado, se sembraron diversas especies vegetales que incluyeron: soya (variedades Amsoy y Pelican), fríjol lima, caupí, calabaza, cidra, pepino, tomate, lechuga, habas, tabaco, *Phaseolus lathyroides, Rhinchosia mínima, Gomphrena globosa, Datura stramonium, Nicotiana glutinosa, Chenopodium album, C. quinoa* y *P. vulgaris*. Los síntomas sólo se presentaron en *P. vulgaris* con el siguiente porcentaje: P011, 92; P459, 95; P566, 90; P714, 80; P634, 0 y P635, 0. Una variedad de *Psophocarpus tetragonolobus,* sembrada en un campo infectado, también sufrió severamente debido a la condición

Los mismos hospedantes (por lo menos 30 plantas/hospedante) se inocularon mecánicamente con extractos de plantas enfermas. Ninguno presentó síntoma alguno semejante a los producidos por el "problema X".

Evaluaciones nutricionales del suelo

Debido a las condiciones de alcalinidad del suelo en la sede del CIAT, se hizo una serie de estudios de campo e invernadero para determinar si el "problema X" puede ser ocasionado por un desbalance nutricional del suelo. La aplicación de microelementos, tales como zinc, hierro, manganeso o boro, al suelo o al follaje, individualmente o en combinación, no disminuyeron la severidad de la condición en las parcelas infectadas. La incorporación individual de azufre (2 ton/ha) y

bagazo (2 ton/ha) al suelo, redujo la severidad de la condición, pero no la eliminó. Con base en estos resultados, se pueden dar varias explicaciones diferentes.

En virtud de que la causa del problema permanece sin ser identificada, en 1977 se continuarán adelantando estudios patológicos y agronómicos. También, se encuentran en planeación experimentos para evaluar el control del problema mediante mejores sistemas de rotación.

ENTOMOLOGIA

Durante 1976, nuevamente se hizo énfasis sobre la selección del germoplasma y la segregación de poblaciones por resistencia al lorito verde, *Empoasca kraemeri*. También, se intensificó el trabajo cooperativo de selección de germoplasma por resistencia a insectos importantes en otros países, pero que no se encuentran en Colombia. Se continuaron los estudios acerca de la utilización de aspersiones de insecticidas en forma más eficiente, mediante su aplicación en la época oportuna o para reducir niveles de plagas usando métodos culturales.

EMPOASCA KRAEMERI

Estudios de resistencia

En las selecciones iniciales del banco de germoplasma por resistencia a *E. kraemeri* sólo se encontraron niveles moderados de tolerancia a este importante insecto. Se reevaluarán 76 cultivares promisorios para determinar los niveles y tipos de resistencia presentes. Algunas líneas fueron tolerantes a altas poblaciones de ninfas y otras fueron tolerantes a bajas poblaciones (Cuadro 5). Se observaron niveles de resistencia en las primeras selecciones de poblaciones segregantes que incluyeron progenitores resistentes.

En virtud de que no se encontró resistencia sobresaliente entre materiales de *P. vulgaris*, la resistencia se buscó en especies como *P. coccineus* o tipos silvestres relacionados que se pueden hibridizar con esta especie. Entre las 54 introducciones sometidas a ensayo, dos introducciones de *P. coccineus* (G 04834 y G 04835) presentaron buenos niveles de resistencia (Cuadro 6). Los tipos silvestres e híbridos naturales entre *P. coccineus* x *P. vulgaris* fueron todos susceptibles. En este experimento, nuevamente se demostró que no existe relación alguna entre el grado de daño y el conteo de ninfas. El daño ocasionado por el lorito verde a la variedad susceptible Diacol-Calima fue de tal magnitud que sólo logró soportar bajos niveles de ninfas, en tanto que los adultos se transfirieron a la variedad Tui que presentó menor grado de daño y en consecuencia, proporcionó mejores sitios para la ovisposición.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las fuentes de resistencia que se han

Cuadro 5. **Introducciones de *Phaseolus vulgaris* que presentaron alta tolerancia al ataque de dos niveles de población de ninfas de *Empoasca kraemeri*.**

	Promedio de daño (0-5)		Ninfas/hoja*	
Introducción	1975	1976	1975	1976
Altas poblaciones de ninfas				
P466	1,8	1,6	12,1	16,6
G 04165	1,3	1,3	10,0	13,9
G 02704	2,4	2,0	7,7	13,2
Bajas poblaciones de ninfas				
P414	2,3	2,6	3,7	6,9
G 05086	2,4	1,8	4,4	7,8
P325	2,3	1,5	5,1	8,0

* Promedio de 3 recuentos de 20 hojas, cada uno

Cuadro 6. **Resistencia de 2 introducciones de *Phaseolus coccineus* a *Empoasca kraemeri* en comparación con variedades susceptibles y resistentes de *Phaseolus vulgaris*.**

Especies e identificación	Ninfas/hojas*	Promedio de daño* (0-5)
Phaseolus coccineus		
G 04834	1,5	1,2
G 04835	1,5	1,6
Phaseolus vulgaris		
Diacol-Calima (susceptible)	3,2	5,0
ICA-Tui (resistente)	8,7	2,0

* Cuatro observaciones de 20 hojas/planta.

localizado sólo presentan tolerancia de campo, es difícil distinguir niveles de tolerancia entre introducciones o entre plantas en poblaciones segregantes que incluyen progenitores resistentes. Actualmente se adelanta un estudio en el que se utilizan 10 variedades sembradas en estaciones de lluvias y de sequía y humedad y bajo cuatro regímenes de control de insectos, con el fin de identificar las óptimas condiciones de selección y de escoger aquellos parámetros de la planta que más factiblemente reflejen diferencias en los niveles de tolerancia. Los datos sobre rendimiento para las dos estaciones se presentan en el Cuadro 7. En cada tratamiento y variedad, se miden y correlacionan con los efectos del tratamiento diversas características que incluyen número y tamaño de hojas, longitud del pecíolo, altura de la planta y época de floración. El análisis de los datos de las siembras de la estación de lluvias, mostró que las poblaciones de adultos y ninfas, altura, peso y área foliar de la planta se correlacionan con un mayor rendimiento debido a la protección por pesticidas. Los datos de la estación de sequía se encuentran en análisis.

Control cultural

En experimentos realizados anteriormente, el fríjol en asociación con maíz fue menos infestado por *E. kraemeri* que el fríjol en monocultivo. Con el fin de estudiar detalladamente este efecto, se cultivó fríjol (var. Diacol-Calima) sin tratamiento, bajo sombra (50 por ciento de interceptación de luz) y con cobertura del suelo a base de tamo de arroz. Se aplicó sombra con el fin de simular el efecto del

Cuadro 7. **Promedio de los rendimientos de 10 variedades de *Phaseolus vulgaris* con diferentes niveles de resistencia a *Empoasca kraemeri* en estaciones de lluvias y sequía, bajo 4 niveles de control de insectos.**

	Rendimiento (kg/ha)	
Nivel de control de insectos	Estación de lluvias	Estación de sequía
Control durante toda la estación	2.500a*	1.911a
Control antes de floración	2.355a	1.524b
Control después de floración	2.339a	1.571b
Sin control (testigo)	2.138b	1.007c

* Los promedios dentro de la misma columna seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a 0,05 mediante el método de DMS.

microclima ejercido por el maíz sobre las poblaciones de insectos del fríjol. En las primeras etapas del crecimiento del fríjol, la sombra o aún más, la cobertura del suelo, redujo en gran proporción las infestaciones del lorito verde. Posteriormente, el daño en las parcelas con cobertura de suelo fue tan bajo que el lorito verde migró hacia estas parcelas y ocasionó las mayores infestaciones en las etapas finales del ciclo de crecimiento (Figura 8). A pesar de esto, los rendimientos de las parcelas con

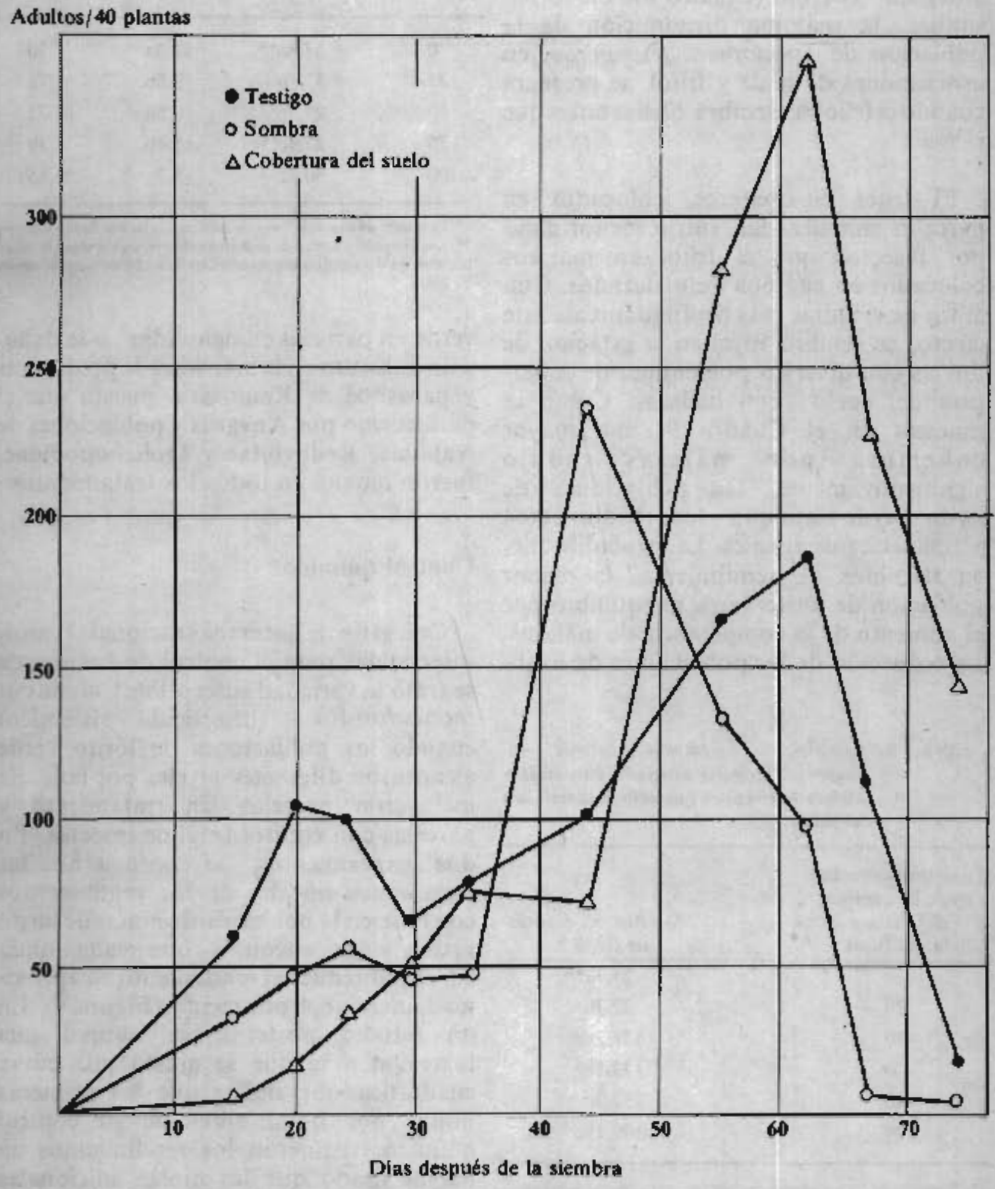


Figura 8. Adultos de *Empoasca kraemeri* en fríjol sombreado y con cobertura de suelo (promedio de 3 replicaciones/fecha).

cobertura de suelo fueron el doble de los rendimientos de las parcelas sin tratamiento.

La mayor reducción de la población de lorito verde, en fríjol asociado con maíz, se logró cuando el maíz se sembró 20-30 días antes que el fríjol (Cuadro 8). En forma similar, la máxima disminución de la población de *Spodoptera frugiperda*, en asociaciones de maíz y fríjol, se presenta cuando el fríjol se siembra 20 días antes que el maíz.

El fríjol en materos, colocados en parcelas enmalezadas, sufrió menor daño por insectos que el fríjol en materos colocados en campos desmalezados. Con el fin de estudiar más profundamente este efecto, se sembró fríjol en la estación de lluvias con diversos porcentajes de cobertura del suelo con malezas. Como se muestra en el Cuadro 9, una mayor cobertura por malezas redujo significativamente, las poblaciones de lorito verde aunque los rendimientos permanecieron iguales. Es probable que, en términos de rendimiento, la menor población de lorito verde se equilibró por el aumento de la competencia de malezas. La reducción de las poblaciones de lorito verde en parcelas enmalezadas no se debió a un aumento en la actividad de predatores y parásitos de **Empoasca**, puesto que el parasitismo por **Anagrus** y poblaciones de **Nabidae, Reduviidae** y **Dolichopodidae**, fueron iguales en todos los tratamientos.

Cuadro 8. **Adultos de *Empoasca kraemeri* en *Phaseolus vulgaris* asociado con maíz y sembrado en época posterior a la siembra del maíz.**

Días transcurridos entre la siembra del maíz y la del fríjol	Adultos/80 plantas de fríjol *
30	25,7a**
20	72,3b
10	138,2bc
0	133,1bc
-10	152,9c
-20	149,5bc

* Promedio de 3 replicaciones en cada una de las 5 fechas de muestreo
** Los promedios dentro de la misma columna seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a 0,05 mediante el método DMS

Cuadro 9. **Adultos y ninfas de *Empoasca kraemeri* en *Phaseolus vulgaris* y sus rendimientos bajo 5 densidades de población de malezas.**

Suelo cubierto con malezas (%)	Adultos/ 80 plantas*	Ninfas/ 15 hojas*	Rendimiento de fríjol* (ton/ha)
0	52,8a**	22,4a	1,70
25	37,7b	13,8b	1,78
50	29,7c	10,5b	1,75
75	28,4c	11,8b	1,79
100	30,1c	6,7c	1,85

* Promedio de 3 replicaciones en cada una de las 6 fechas de muestreo
** Los promedios dentro de la misma columna seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a 0,05 mediante el método DMS.

Control químico

Con el fin de hacer más racional el uso de insecticidas para el control de Empoasca, se trató la variedad susceptible Calima con monocrotofos (insecticida sistémico) cuando las poblaciones de lorito verde alcanzaron diferentes niveles por hoja. Se incluyeron parcelas sin tratamiento y parcelas con control total de insectos. En dos experimentos, se obtuvieron las regresiones lineales de los rendimientos con base en la población de ninfas de lorito verde y se encontró que cada ninfa adicional reduce el rendimiento en aproximadamente 6,4 por ciento (Figura 9). En un estudio posterior se obtuvo una regresión a la que se ajustó una curva cuadrática que indica que las primeras ninfas por hoja, antes de su control químico, redujeron los rendimientos en mayor grado que las ninfas adicionales (Figura 10). Este hecho es desfavorable para los métodos del control integrado en

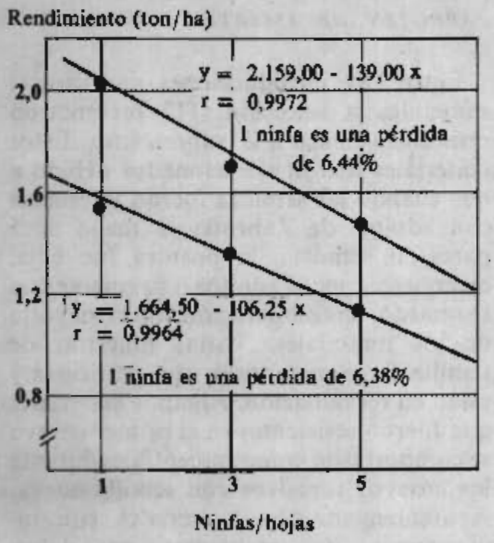


Figura 9. **Rendimientos de frijol con diferentes poblaciones de *Empoasca kraemeri* en 2 experimentos. Los campos se asperjaron con poblaciones de 3 o 5 ninfas/hoja (promedio de 4 replicaciones/cada tratamiento).**

los que se trata de permitir la población más alta posible, sin perjudicar los rendimientos. En este último ensayo, cuando se permitieron 3-7 ninfas por hoja, nuevamente el rendimiento se redujo en 6

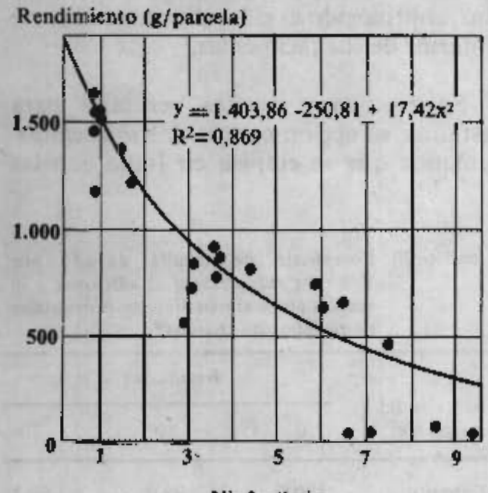


Figura 10. **Rendimientos de frijol seco, con diferentes poblaciones de *Empoasca kraemeri*. Los campos se asperjaron cuando las poblaciones fueron de 1, 3, 5, 7 o 9 ninfas/hoja.**

por ciento por ninfa adicional permitida por hoja. En otro estudio, las plantas de la variedad Diacol-Calima se protegieron químicamente durante la estación seca con la aplicación de bajas dosis de monocrotofos En este estudio, en el que el ataque del lorito verde se inició relativamente tarde en el ciclo del crecimiento del fríjol, el control químico no fue necesario sino hasta 44 días después de la siembra (Figura 11). Además, las parcelas que sólo recibieron dos aplicaciones de insecticidas dieron los mismos rendimientos que las parcelas con cinco aplicaciones.

Un hecho digno de anotarse fué la alta incidencia del ataque de Heliothis sp. en las

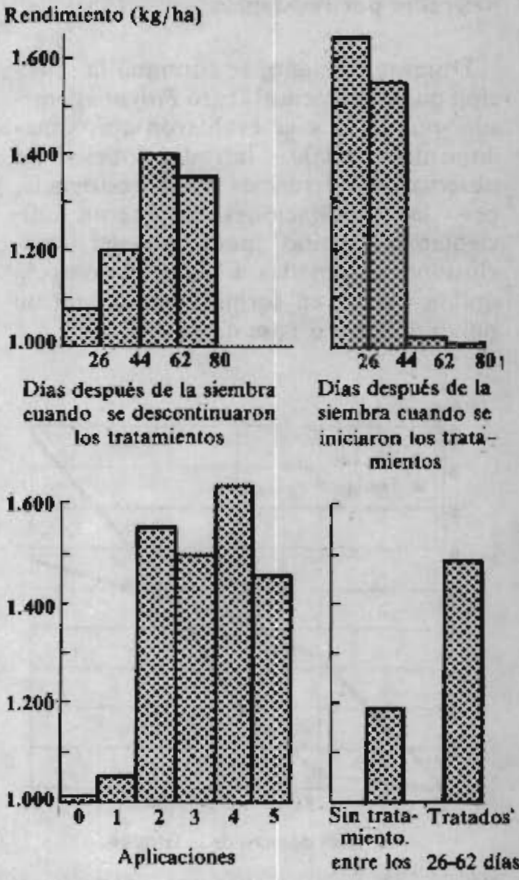


Figura 11. **Rendimientos de frijol de la variedad Diacol-Calima bajo diferentes tratamientos para el control de insectos con monocrotofos.**

parcelas protegidas químicamente (incidencia promedio de 41 por ciento) en comparación con la incidencia en las parcelas no tratadas (19 por ciento). Los insecticidas sistémicos aplicados al suelo tienen grandes ventajas ecológicas y pueden proporcionar protección duradera, como se muestra en la Figura 12 con el uso de carbofuran. En las parcelas protegidas con carbofuran se desarrollaron mayores poblaciones de ninfas después de que desapareció el efecto residual del pesticida.

POLYPHAGOTARSONEMUS LATUS (BANKS)

Selección por resistencia

Durante este año, se continuó la selección por resistencia al ácaro *Polyphagotarsonemus latus* y se evaluaron aproximadamente 10.000 introducciones. Se observaron diferencias en la resistencia, pero las infestaciones no fueron suficientemente altas para obtener conclusiones apropiadas. El ácaro se controló químicamente en forma efectiva con un polvo mojable a base de azufre.

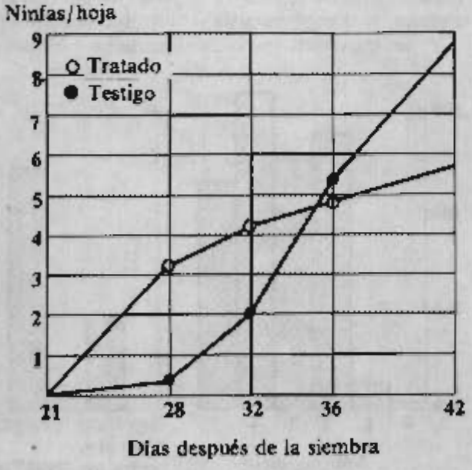


Figura 12. Efecto residual del carbofurán (0,9 kg/ha de i.a.) granular aplicado al suelo, sobre *Empoasca kraemeri* (variedad Diacol-Calima, 30 hojas/muestra).

ZABROTES SUBFASCIATUS

Entre 781 introducciones promisorias sometidas a selección, 112 presentaron resistencia inicial a *Z. subfasciatus*. Estos materiales fueron seleccionados debido a que cuando las semillas fueron infestadas con adultos de Zabrotes, a razón de 5 pares/50 semillas, la postura fue baja, emergieron pocos adultos o su emergencia se retardó, en comparación con la mayoría de los materiales. Varias muestras de semilla se contaminaron con pesticidas y están en reevaluación. Algunos materiales que fueron resistentes en el primer ensayo se comportaron como susceptibles durante los ensayos sucesivos con semilla nueva. Aparentemente, los materiales con indicaciones de resistencia se deben reevaluar durante tres generaciones antes de clasificarlos como resistentes.

Se intensificaron los estudios sobre el control de *Z. subfasciatus* mediante métodos distintos al control químico. Los residuos de cosecha sólo proporcionaron un bajo nivel de control en fríjol almacenado (Cuadro 10). Parece que el control es de tipo mecánico ya que el fríjol mejor protegido es el localizado en la parte inferior de los recipientes.

Se ensayaron aceites vegetales para estudiar su acción contra *Z. subfasciatus* práctica que se emplea en India con las

Cuadro 10. **Porcentaje de semilla dañada por *Zabrotes subfasciatus* al adicionar a la semilla almacenada diversos porcentajes de residuos de cosecha*.**

Sección del recipiente	Residuos (%)		
	0	10	20
Superior	100,0	99,0	99,3
Media	99,8	97,2	95,7
Inferior	99,6	76,3	61,8

* Variedad Diacol-Calima, con 10 pares de adultos/100 g de semilla, en 6 replicaciones, durante 90 días.

Cuadro 11. Efecto de 4 aceites vegetales mezclados con semillas almacenadas de *Phaseolus vulgaris* sobre la emergencia de adultos de *Zabrotes subfasciatus**.

Tratamiento	Adultos emergidos	
	1 ml de aceite/kg	5 ml de aceite/kg
Aceite de coco	13,8	0,2
Aceite de soya	28,0	2,4
Aceite de palma	4,2	0,0
Aceite de algodón	5,2	0,0
Testigo	264,8	

* Variedad Diacol-Calima, con 7 pares de adultos/100 g de semilla.

leguminosas, y en ensayos con caupí realizados en el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) y según los resultados parecen efectivos (Cuadro 11). Los aceites se aplicaron sobre las semillas y se mezclaron en un tambor. Al pasar el tiempo, los aceites fueron absorbidos por las semillas sin afectar la apariencia física de los granos.

El control químico de *Z. subfasciatus* se logra fácilmente con diversos productos, entre los cuales las piretrinas y piretroides son los compuestos más seguros. Algunos de estos compuestos proporcionaron un control residual prolongado, bajo condiciones de laboratorio en oscuridad continua (Cuadro 12). Los productos hechos con base en harina molida tuvieron menor adherencia a la semilla pero le dieron una apariencia más aceptable después del tratamiento, en comparación con los productos en los que se utilizó el talco como base.

Cuadro 12. Efectos de las piretrinas y piretroides sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* en *Phaseolus vulgaris* almacenado*.

Tratamiento	Dosis (ppm)	Adhesión a la semilla (%)	Mortalidad de adultos 2 días después de la reinfestación (%)			Adultos emergidos/ replicación
			0 días después del tratamiento	120	360	
piretrinas + butóxido de piperonil (en bagazo)	1,5	77,3	100,0	93,4	80,9	0,4
	2,5	57,0	100,0	90,7	83,1	0,0
	4,0	32,5	100,0	97,5	91,6	0,1
piretrinas + butóxido de piperonil (en talco)	1,5	100,0	100,0	99,4	91,6	2,8
	2,5	100,0	100,0	100,0	96,9	0,0
	4,0	100,0	100,0	100,0	99,1	0,4
bioresmetrina + piretrinas (en residuos de fríjol)	1,5	57,0	100,0	74,4	54,7	29,1
	2,5	43,0	100,0	80,3	48,1	31,4
	4,0	31,5	100,0	82,5	61,6	8,0
bioresmetrina + piretrinas (en talco)	1,5	100,0	100,0	65,9	46,3	36,5
	2,5	100,0	100,0	98,8	75,6	3,1
	4,0	100,0	100,0	100,0	91,9	0,5
Testigo			0	1,1	0	398,2

* Promedio de 8 replicaciones; variedad Diacol-Calima con 100 g de semilla/replicación e infestados con 20 pares de adultos al comienzo del experimento

Importancia económica de los insectos en granos almacenados

En un estudio conjunto hecho con el grupo de economía de fríjol, se evaluó la importancia relativa de los insectos en grano almacenado a nivel de finca y en 30 almacenes de depósitos, en áreas productoras de fríjol en Colombia. El promedio de pérdidas se estimó en 7,4 por ciento (Cuadro 13). Las pérdidas son probablemente bajas debido al corto período de almacenamiento de fríjol (un promedio de 8 y 44 días en finca y en expendios de granos, respectivamente).

Cuadro 13. **Pérdidas por ataque de Bruchidos en 30 depósitos de fríjol en Colombia.**

	Porcentaje
Expendios con fríjol infestado	20,0
Bolsas infestadas	2,3
Bolsas rechazadas debido a Bruchidos	5,1

* Pérdida estimada debida a Bruchidos: 2,3 + 5,1 = 7,4%.

MICROBIOLOGIA

FIJACION DE NITROGENO

En los estudios adelantados en 1976 se utilizaron técnicas de reducción de acetileno para evaluar semanal o quincenalmente la fijación de nitrógeno en *P. vulgaris*. En primer lugar, se procuró conocer con exactitud cuáles son los parámetros que regulan la fijación en un determinado número de cultivares de fríjol que sean fenológicamente diferentes; posteriormente, se esbozaron explicaciones para las diferencias observadas. Se inició un programa de mejoramiento genético para lograr un índice más alto de fijación de nitrógeno en fríjol, y también se inició una reevaluación de las cepas inoculantes.

Parámetros de fijación (C_2H_2) en fríjol

Durante el año, bajo condiciones replicadas en Popayán se obtuvieron tasas de fijación de nitrógeno (medidas mediante el etileno producido a partir de la reducción del acetileno) hasta de 38 µmol/planta/hora. Por lo general, las tasas de fijación alcanzaron niveles superiores a los logrados en 1975. Las actividades específicas de los nódulos oscilaron entre 130-250 µmol C_2H_4/g de peso seco de nódulos/hora con un peso máximo de nódulos superiores a 600 mg de peso seco/planta. Tal como se observa en el Cuadro 14, estas cifras son de las mayores que se han asignado, hasta el presente, para leguminosas de grano. Las diferencias varietales durante el ciclo de cultivo, en lo que respecta a la fijación, fueron muy marcadas (Figura 13). En base a los datos de esta figura, el cultivar P590 alcanzó niveles de fijación equivalentes a un aumento de nitrógeno de 41 kg/ha/ciclo de cultivo. El promedio de N de los 14 cultivares estudiados fue superior a 20 kg/ha/ciclo de cultivo. La Figura 14 muestra nodulación temprana en uno de los cultivares promisorios; los nódulos se encontraron principalmente en las raíces secundarias.

En un segundo estudio en el que se compararon 10 cultivares de cada grupo, el fríjol arbustivo fijó menor cantidad de nitrógeno que los cultivares trepadores más primitivos (Figura 15). En este estudio, el cultivar P590 nuevamente sobresalió en cuanto a la fijación de nitrógeno. En contraste, un cultivar de soya (Pelican), que se incluyó como testigo, decepcionó en cuanto a esta

Cuadro 14. **Parámetros de fijación de nitrógeno en algunas leguminosas de grano (datos obtenidos de diferentes fuentes).**

Especie	Peso seco de nódulos (mg/planta)	Actividad específica de nódulos (µmol/g de peso de nódulo/hora)	Reducción de acetileno (µmol/planta/hora)	Nitrógeno fijado (kg/ha/año)
Phaseolus vulgaris (P590)	167-300	228	20-30	82
P. vulgaris (20 cultivares)	259-665	124-270	18,5-38,8	50-60
Glycine max	133	35-176	4-29	57-94
Arachis hypogea	80	135	27	35
Vigna unguiculata	210-413	80-288	42	95
Pisum sativum	2-150	60-228	4-16	25

característica. La Figura 16 muestra que los cultivares arbustivos asimilaron más nitrógeno del suelo, en el período antes de la fijación, que los tipos trepadores. Los fitomejoradores en este tipo de planta utilizando condiciones de fertilización con N y quizás también seleccionan, inadvertidamente, por plantas con vigor de enraizamiento temprano. En tales tipos de planta, los nódulos se enfrentarían a una fuerte competencia por energía e incluso podrían atrasarse en su formación debido a

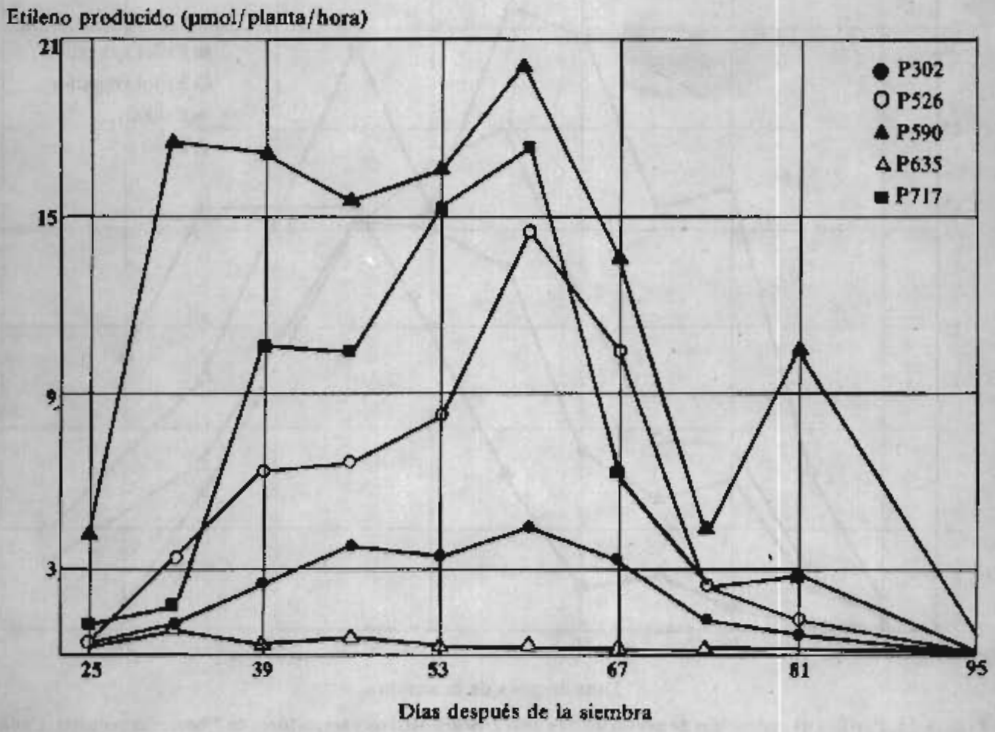


Figura 13. **Perfiles de reducción de acetileno de 5 introducciones de *Phaseolus vulgaris*, en Popayán (1976A).**



Figura 14. Distribución de nódulos y desarrollo lateral de raíces de *Phaseolus vulgaris*, 18 días después de la siembra.

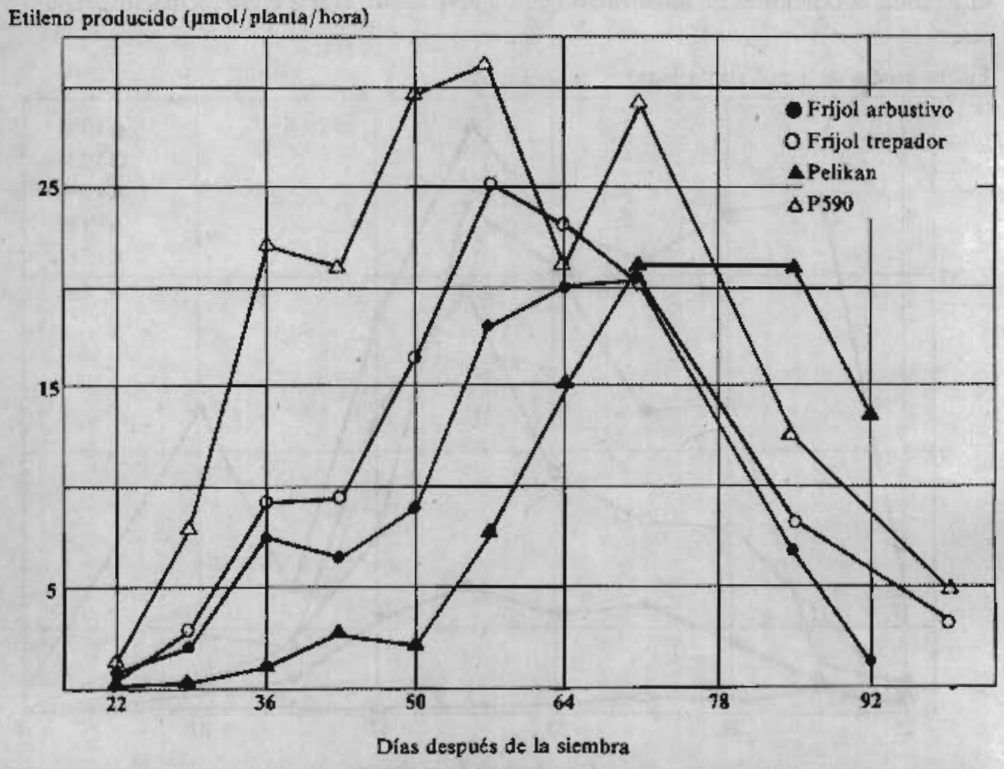


Figura 15. Perfiles de reducción de acetileno de cultivares arbustivos y trepadores de *Phaseolus vulgaris*. Cada punto corresponde al promedio de los resultados de 10 cultivares. La introducción P590 y la variedad Pelican de soya, fueron utilizados como testigos.

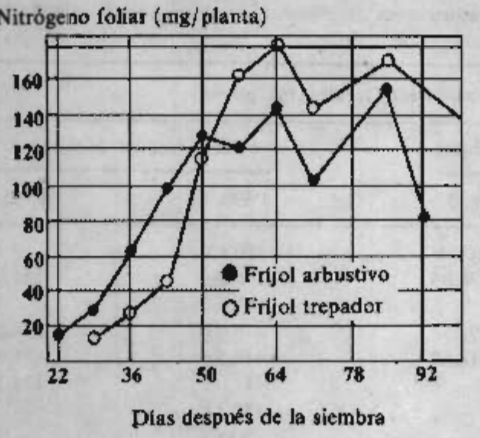


Figura 16. Contenido de nitrógeno en hojas de cultivares arbustivos y trepadores de *Phaseolus vulgaris* en diferentes etapas de ciclo de cultivo. Cada punto representa el promedio de los resultados de 10 cultivares, en 4 replicaciones.

la rápida absorción de N. Este efecto se está estudiando más a fondo.

El período de fijación para la mayoría de los cultivares de fríjol fue corto, como puede observarse en las Figuras 13 y 15. A una temperatura de 18-20°C, pocos cultivares iniciaron la fijación antes de 28 días después de la siembra, y en la mayoría, la actividad comenzó a disminuir aproximadamente a las 10 semanas. Este período no se compara favorablemente con el período de fijación de 90-105 días que se ha encontrado para la soya y Vicia.

Disponibilidad de carbohidratos y fijación de nitrógeno

Con el fin de seguir el trabajo iniciado el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1975) se realizó una serie de experimentos para medir la forma y disponibilidad de carbohidratos en diferentes cultivares, y relacionar estas medidas con la fijación de nitrógeno.

En un experimento, 14 cultivares inoculados con **Rhizobium**, cepa CIAT 57, fueron muestreados a los 39 días (iniciación de la fijación activa) y 61 días (inicio de la disminución de las tasas de fijación) después de la siembra. Se muestrearon todas las partes de la planta y se analizaron para determinar su contenido de carbohidratos solubles e insolubles en etanol. Los datos acerca de la reducción de acetileno, que se presentan en la Figura 13 formaron parte de este estudio.

Nuevamente, se encontraron diferencias varietales marcadas. En los Cuadros 15 y 16 se comparan los patrones de carbohidratos en los cultivares P590 y P635; el primero es muy activo en lo que respecta a la fijación y el último es inactivo, a pesar de la numerosa nodulación (Figura 13). El cultivar P590 no sólo tiene mayor porcentaje de carbohidratos solubles en todos los órganos sino que, además, distribuye mayor proporción de sus carbohidratos totales hacia los nódulos.

En el Informe Anual del CIAT, 1975 se incluyó información acerca de la acumulación de almidón en el tallo de cultivares de crecimiento determinado (tipo arbustivo) de *P. vulgaris* (como P635) y en la actualidad, se investiga esta acumulación para determinar su influencia sobre el aborto de flores y vainas, y sobre el rendimiento (Ver páginas 58 y 60). En este estudio, los cinco mejores cultivares, en lo que a fijación de nitrógeno se refiere, tendieron a mantener un mayor contenido de carbohidratos en forma soluble (Figura 17) y presentaron una menor acumulación de almidón en el tallo. Se observó una alta correlación entre la disponibilidad de carbohidratos y la fijación de nitrógeno. En la Figura 18 se relaciona el contenido total de carbohidratos solubles en los nódulos con los niveles de reducción de acetileno; este hecho permite sugerir, que el sistema de nódulos puede tener una disponibilidad excesiva de energía sin tener capacidad de utilizarla plenamente. La Figura 19 muestra la acumulación de almidón en células del tallo y en células no invadidas del complejo nodular. La células invadidas contenían poco almidón.

Cuadro 15. **Distribución de carbohidratos* en 2 introducciones de *Phaseolus vulgaris*, en 2 etapas del desarrollo de la planta.**

	Carbohidratos totales (mg/planta)			
	39 días después de siembra		61 días después de siembra	
Parte de la planta	P590	P635	P590	P635
Nódulos	35,35	10,94	100,62	0,92
Raíces	55,29	90,84	175,39	247,04
Tallo				
nudos 1 + 2	124,58	395,13	110,07	678,68
nudos 3 + 4	118,68	118,67	414,51	71,97
nudos 5 + 6	52,23	–	111,06	174,23
nudos 7 + 8	–	–	157,44	–
>8	–	–	70,40	–
Hoja				
nudos 1 + 2	270,02	336,44	191,50	88,03
nudos 3 + 4	114,48	171,38	404,65	60,29
nudos 5 + 6	66,40	–	146,60	99,06
nudos 7 + 8	–	–	227,43	–
>8	–	–	51,50	–
Vainas	–	–	–	132,76
Total	837,03	1.123,40	2.121,17	1.152,98

* Carbohidratos solubles e insolubles en etanol.

En un estudio comparativo acerca de los cambios estacionales y diurnos, en la fijación de nitrógeno en cultivares representativos del tipo de crecimiento arbustivo (P302) y trepador (P590), se confirmó nuevamente la importancia que tiene la forma y la localización de los carbohidratos. El cultivar arbustivo, aunque menos eficiente en fijación de nitrógeno y con un contenido de almidón relativamente alto en el tallo, aún pudo acumular almidón en sus nódulos en el momento en que el requerimiento de energía para la fijación de nitrógeno fue máximo (Figura 20). Las actividades específicas de reducción de acetileno, en los nódulos de cada cultivar, fueron similares en la plenitud del crecimiento vegetativo y disminuyeron sólo ligeramente durante la noche (Figura 21). Las existencias de carbohidratos solubles en las hojas se agotaron al atardecer (Figura 22a) y el suministro continuo de carbohidrato a los sitios de acumulación se mantuvo mediante la liberación del almidón foliar durante la noche (Figura 22b). El cultivar arbustivo liberó el 33 por ciento de su almidón foliar, pero parece que las raíces se beneficiaron en mayor grado por los carbohidratos translocados que los nódulos, puesto que las primeras fueron capaces de acumular almidón (Figura 22c), en tanto que los nódulos consumieron parte de sus reservas almacenadas (Figura 22d). El cultivar trepador liberó mucho más (75 por ciento) de su almidón foliar (Figura 22b) y sus nódulos fueron capaces de obtener suficientes carbohidratos translocados, no sólo para mantener la actividad de la nitrogenasa sino también para sintetizar almidón (Figura 22d).

En 1975, bajo condiciones de laboratorio, se demostró la correlación existente entre el máximo peso seco de nódulos logrado y los días transcurridos

Cuadro 16. **Carbohidratos solubles e insolubles en etanol, en variedades o introducciones seleccionadas de *Phaseolus vulgaris*, en 2 etapas del desarrollo de la planta.**

Parte de la planta	Fuente de carbohidrato	Total de carbohidratos (%)					
		Promedio de 14 variedades		P590		P635	
		39 días después de la siembra	61 días después de la siembra	39 días después de la siembra	61 días después de la siembra	39 días después de la siembra	61 días después de la siembra
Nódulos	Soluble	0,68	0,34	1,34	1,84	0,61	0,02
	Insoluble	1,40	0,69	2,87	2,81	0,29	0,04
	Total	2,08	1,03	4,21	4,65	0,90	0,06
Raíz	Soluble	3,82	2,95	4,02	3,71	5,08	4,09
	Insoluble	2,46	5,40	2,58	4,41	3,00	11,82
	Total	6,28	8,35	6,60	8,12	8,08	15,91
Tallo	Soluble	10,92	16,52	15,90	28,46	15,76	5,29
	Insoluble	17,66	25,22	19,39	11,49	29,98	54,26
	Total	28,58	41,74	35,29	39,95	45,74	59,55
Hojas	Soluble	20,36	21,62	29,30	31,53	15,43	4,33
	Insoluble	43,33	25,98	24,56	15,75	29,78	11,60
	Total	63,69	47,60	53,86	47,28	45,21	15,93
Vainas	Soluble	-	0,90	-	-	-	5,17
	Insoluble	-	0,78	-	-	-	3,38
	Total	0	1,68	0	0	0	8,55
Total	Soluble	35,25	42,33	50,59	65,56	36,50	18,90
	Insoluble	64,78	58,07	49,41	34,44	63,50	81,10

hasta la floración. En 1976, se continuó este estudio bajo condiciones de campo. Se utilizaron 14 cultivares entre los cuales ocho florecieron a los 63 días y seis a los 43 días. En la Figura 23 se presenta el desarrollo de hojas, tallo y raíz, para cada grupo, con cultivares diferentes utilizados como replicaciones. Es evidente el aumento temprano en el peso de hojas y tallo/planta en los cultivares más precoces, como también la disminución rápida del peso foliar en este grupo, después de la floración. Las plantas que florecieron en 63 días presentaron un período más prolongado de aumento en peso foliar y una escasa disminución del peso foliar cuando se concluyó el experimento. A pesar de este hecho, las curvas estacionales del desarrollo del peso seco de nódulos y fijación de nitrógeno, fueron muy similares (Figura 24); sólo se observaron diferencias significativas en la última fecha del muestreo. Este experimento se repitió nuevamente para determinar el efecto de un menor período de vida foliar sobre la fijación de nitrógeno.

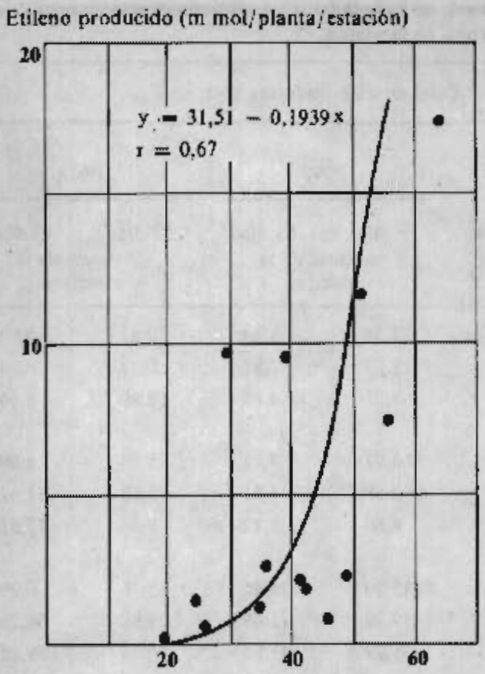


Figura 17. Relación entre los niveles estacionales de fijación de nitrógeno y el porcentaje de carbohidrato no estructural en forma soluble.

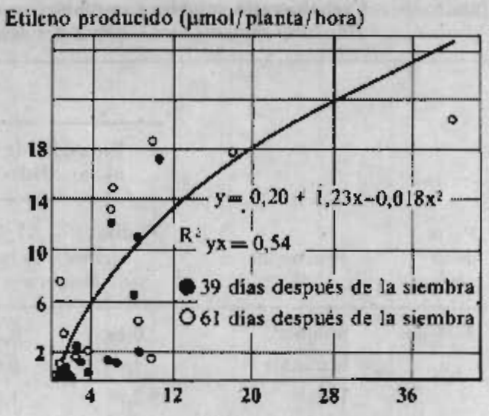


Figura 18. Relación entre los carbohidratos solubles de los nódulos y los niveles de reducción de acetileno en 14 cultivares de *Phaseolus vulgaris*.

Fijación de nitrógeno en asociaciones de maíz y fríjol

Como el fríjol se cultiva en muchas áreas en asociación con maíz, podría tener que competir por luz; por esta razón, se iniciaron experimentos para determinar

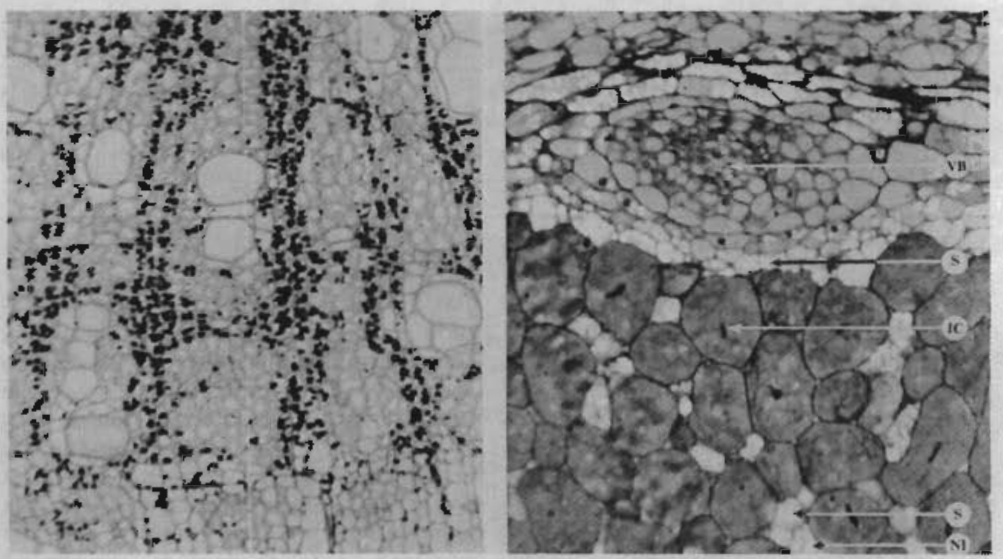


Figura 19. (Izquierda). Sección transversal de un tallo de *Phaseolus vulgaris* cv. 72 Vul 26689 que presenta acumulación de almidón en plantas de 60 días de edad. (Derecha). Sección transversal de nódulos de las plantas que muestran la haz vascular (HV) y gránulos de almidón (A) en células no infectadas (NI) e infectadas (I) con Rhizobium (Fotos de R. Martínez).

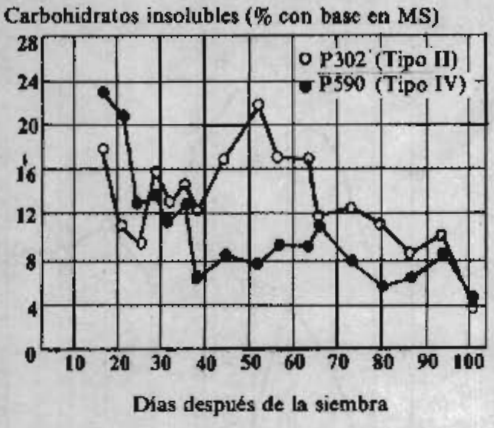


Figura 20. Variación estacional de la concentración de almidón en los nódulos de 2 introducciones de *Phaseolus vulgaris*.

los niveles de fijación de nitrógeno bajo condiciones de monocultivo y de cultivos asociados. El cultivar P590 se sembró con espaldera (200.000 plantas/ha) o en asociación con el maíz híbrido H-207 (40.000 plantas de maíz y 200.000 de fríjol/ha). A pesar de que el maíz se sembró un mes antes que el fríjol, no pudo competir con el fríjol o proporcionar un soporte adecuado para el desarrollo de la leguminosa. Sin embargo, es interesante anotar que en las primeras etapas del desarrollo los niveles de fijación de nitrógeno en el cultivo asociado fueron mayores que en monocultivo (Figura 25). Probablemente este hecho se pueda atribuir a la mejor aireación del suelo o control de temperatura; en 1977 se adelantarán experimentos adicionales para evaluar este hecho. En etapas posteriores del ciclo vegetativo, el fríjol con espaldera fijó más nitrógeno que las plantas cultivadas con maíz. Esto indudablemente refleja la mala cobertura del fríjol asociado, en ausencia de un soporte adecuado. En ninguna etapa se constató fijación de nitrógeno en alguna de las plantas de maíz muestreadas.

PRUEBAS DE CEPAS DE *Rhizobium phaseoli*

Se evaluaron 61 cepas de *Rhizobium phaseoli* en condiciones de campo con base en la respuesta a la inoculación de los cultivares Porrillo Sintético y 72 Vul 20972. La respuesta a la inoculación fue sorprendente, ya que las plantas no inoculadas presentaron síntomas claros de deficiencia de nitrógeno. En Porrillo Sintético, sólo siete cepas produjeron respuestas en peso seco de nódulos y reducción de acetileno similares o mejores que la cepa CIAT 57 que se utiliza comúnmente en los experimentos de campo (Cuadro 17).

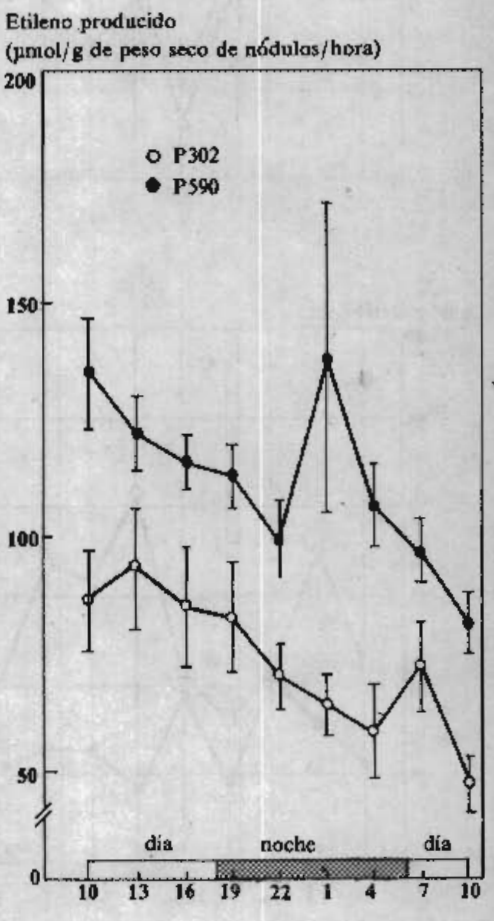


Figura 21. Actividad específica de la reducción de acetileno de nódulos en 2 introducciones de *Phaseolus vulgaris* durante un período de 24 horas.

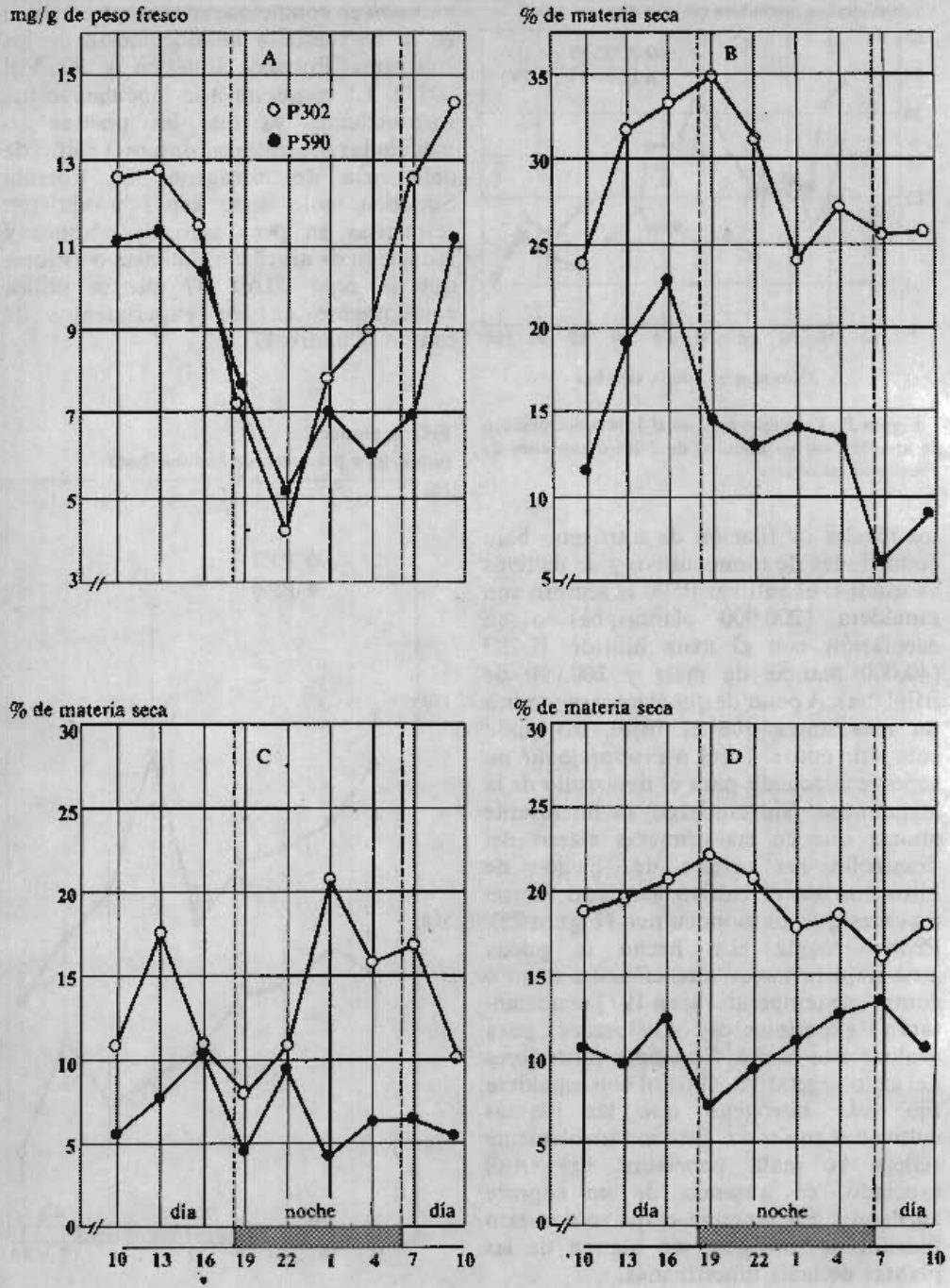


Figura 22. Cambios diurnos de las concentraciones de carbohidratos solubles en hojas (A) y concentraciones de carbohidratos insolubles en hojas (B), raíces (C) y nódulos (D) en 2 introducciones de *Phaseolus vulgaris*.

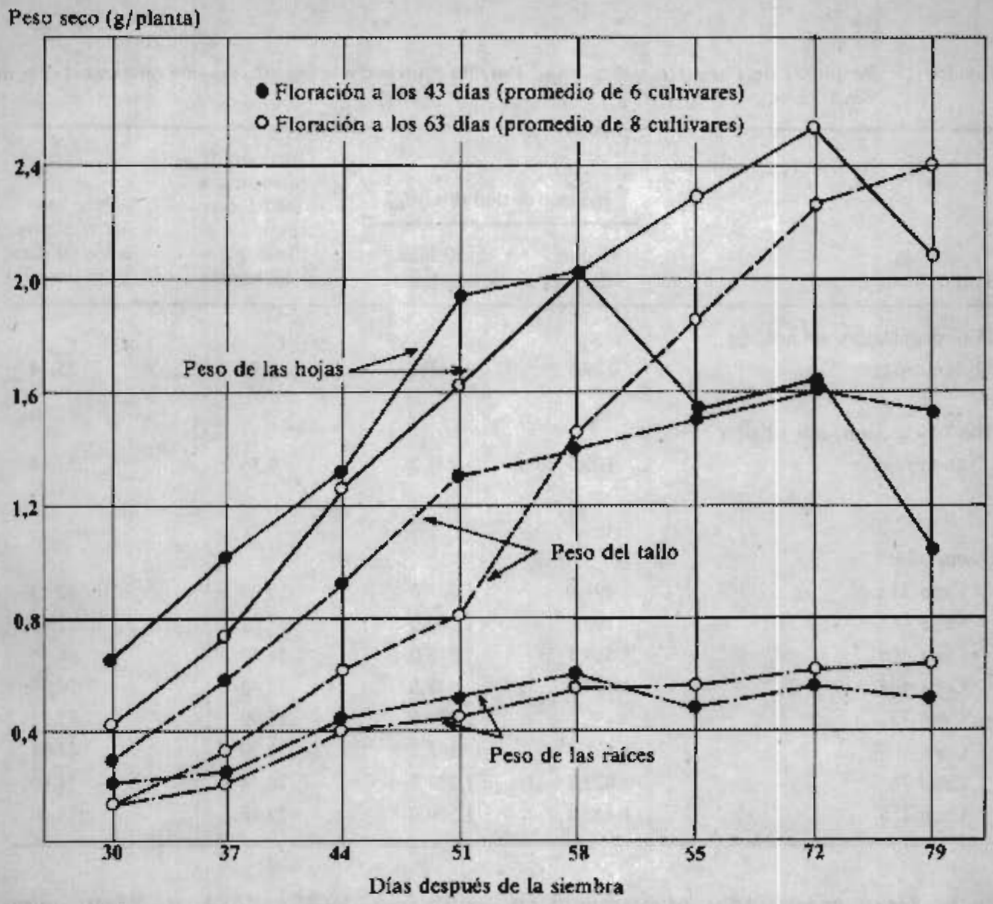


Figura 23. Cambios en el peso seco de hoja, tallo y raíz de cultivares de *Phaseolus vulgaris* que florecen en 2 períodos distintos.

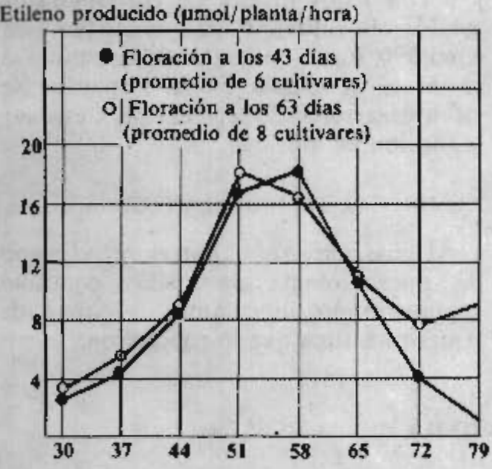


Figura 24. Perfiles estacionales de la fijación de nitrógeno de cultivares de *Phaseolus vulgaris* que florecen en 2 períodos distintos.

Sólo tres cepas (CIAT 75, 135 y 255) igualaron a CIAT 57 cuando se utilizó como hospedante G 02608. Estas

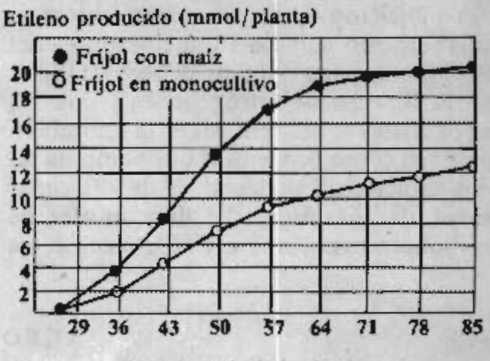


Figura 25. Efecto del sistema de cultivo sobre la fijación total de nitrógeno (C_2H_2) en el cultivo P590. Se hicieron correcciones en la variación diurna de la fijación.

Cuadro 17. **Respuesta de *Phaseolus vulgaris* var. Porrillo Sintético a la inoculación con diferentes cepas de *Rhizobium*.**

Tratamiento	Peso seco de nódulos (mg)		Fijación de nitrógeno a los 60 días (µmol de etileno/planta/hora)	Peso seco de la planta a los 60 días (g/10 plantas)
	45 días después de la siembra	60 días después de la siembra		
Sin inoculación, sin adición de nitrógeno	209,5	66,2	0,98	35,34
Sin inoculación, con adición de nitrógeno	100,3	137,2	0,16	53,41
Inoculado:				
Cepa 57	996,0	1.083,0	15,09	62,23
Cepa 147	503,2	1.770,0	47,62	72,68
Cepa 686	1.369,1	1.335,0	39,53	66,96
Cepa 404	1.107,9	738,5	26,40	70,98
Cepa 73	-	2.034,5	21,90	69,91
Cepa 160	1.115,4	888,7	37,70	81,51
Cepa 78	1.022,2	1.233,8	26,74	78,00
Cepa 255	1.455,9	1.800,0	39,48	68,60

cepas serán comparadas nuevamente en futuros experimentos.

HIBRIDACION PARA MEJORAR LA FIJACION DE NITROGENO

Se hicieron algunos cruzamientos en colaboración con los fitomejoradores del Programa, para estudiar la heredabilidad de la fijación de nitrógeno en fríjol. En estos cruces se hizo énfasis en la utilización de P590 como progenitor que combina las dos características deseables de alta capacidad de fijación y de altos niveles de carbohidratos solubles, y se utilizaron los cultivares P635, P589 y P569 como materiales débiles en fijación de nitrógeno y/o con bajos niveles de carbohidratos solubles. El cultivar P302 se cruzó también con P590. En el siguiente ciclo de cultivo se sembrará la semilla F_1 en Popayán. Se están desarrollando técnicas para evaluar la fijación en híbridos.

SUMINISTRO DE INOCULANTES

Al igual que en años anteriores, el grupo de microbiología de suelos continuó suministrando inoculantes a países de América Latina que lo solicitaron.

AGRONOMIA

ENSAYOS DE VARIEDADES

En 1976 se intensificaron los experimentos para identificar materiales con altos rendimientos entre los cultivares arbustivos y trepadores.

Cultivares arbustivos

Durante el año, se evaluaron 146 nuevos cultivares arbustivos en cuatro Ensayos Preliminares de Rendimiento en el CIAT (las metodologías de los diferentes ensayos se describen en el Informe Anual del CIAT, 1975). Los rendimientos de semilla, en el primer ensayo, oscilaron entre 1.233 y 2.996 kg/ha y para el segundo ensayo, entre 1.010 y 3.659 kg/ha. El rendimiento de las variedades negras testigo fue igualado o superado por 30 variedades negras pero, en el grupo de semillas de color diferente al negro, sólo 14 de los cultivares evaluados lograron rendimientos similares a los de variedades estándar.

Las variedades promisorias seleccionadas de los Ensayos Preliminares de Rendimiento, de la estación anterior, se incluyeron en los Ensayos Uniformes de Rendimiento; en septiembre de 1976 se realizaron siete de estos ensayos. En el primer grupo de ensayos, realizados en dos localidades de Colombia y una de Ecuador, se incluyeron materiales de todos los colores. Los resultados obtenidos con las 15 mejores introducciones se presentan en el Cuadro 18; ocho de los nueve mejores materiales fueron de semilla negra. La excepción, el cultivar P758, de semilla color marrón y hábito de crecimiento de planta Tipo III, sobrepasó los rendimientos de todos los cultivares del ensayo realizado en el CIAT. En los dos ensayos posteriores, los cultivares se separaron de acuerdo con el color debido a esta marcada diferencia en rendimiento; cada grupo se ensayó en la sede del CIAT y en Popayán. Los resultados de estos cuatro ensayos se presentan en los Cuadros 19 y 20.

Cultivares trepadores

Los ensayos de rendimiento con fríjol trepador no se encuentran tan avanzados como los ensayos de fríjol arbustivo, debido a que los estudios se iniciaron más tarde y requirieron multiplicación de

Cuadro 18. Cultivares y variedades testigo de fríjol con mayores rendimientos en Ensayos Uniformes de Rendimiento en Colombia (CIAT y Dagua) y en Ecuador (Boliche).

Variedad no.	Identificación	Color de la semilla	Hábito de crecimiento	Rendimiento (kg/ha)			
				CIAT	Dagua	Boliche	Promedio
Materiales en prueba							
P302	PI 309-804	Negro	II	2.009	2.618	3.396	2.674
P737	Jamapa C.R.	Negro	II	2.011	2.585	3.145	2.580
P712	51052	Negro	II	1.895	3.060	-	2.477
P758	Puebla-152	Marrón	III	2.144	2.313	2.841	2.433
P675	ICA-Pijao	Negro	II	1.461	2.628	3.187	2.425
P459	Jamapa Ven.	Negro	II	2.008	2.496	2.725	2.410
P560	51051	Negro	I	1.513	2.718	2.936	2.395
P511	S 182 N	Negro	II	1.671	2.405	3.037	2.371
P512	S 166 A N	Negro	III	1.847	2.606	2.488	2.314
P692	Diacol-Calima	Rojo moteado	I	1.926	2.378	2.076	2.127
P566	Porrillo Sintético	Negro	II	1.640	2.329	2.406	2.125
P498	Puebla 152	Negro	III	2.061	1.835	2.470	2.122
P637	Linea 17	Rojo moteado	I	1.530	2.634	2.183	2.116
P757	Porrillo 1	Negro	II	1.687	1.789	2.694	2.057
P756	ExRico 23	Blanco	I	1.793	1.487	2.610	2.030

Cuadro 18. (Continuación)

Variedad no.	Identificación	Color de la semilla	Hábito de crecimiento	Rendimiento (kg/ha)			
				CIAT	Dagua	Boliche	Promedio
Materiales testigo							
–	Procaraota	Negro	II	1.652	2.594	-	-
P458	ICA-Tui	Negro	II	1.688	2.452	-	-
P635	ICA-Gualí	Rojo moteado	I	1.128	2.232	-	-
P402	Brasil-2	Crema	I	-	-	3.108	-
–	Amarillo	Amarillo	III	-	-	1.444	-
–	Blanco	Blanco	II	-	-	1.067	-
Promedios y rangos de variación de los ensayos							
Rendimiento promedio (kg/ha)				1.614	2.222	2.380	
Rendimiento más bajo (kg/ha)				772	1.487	556	
Rendimiento más alto (kg/ha)				2.144	3.060	3.396	
DMS a 0,05				396	371	609	
CV (%)				15,3	10,4	16.0	

Cuadro 19. **Rendimiento de variedades de fríjol con semilla de color distinto al negro, en los Ensayos Uniformes de Rendimiento, en 2 localidades de Colombia.**

Variedad no.	Identificación	Color de la semilla	Hábito de crecimiento	Rendimiento (kg/ha)		
				Popayán	CIAT	Promedio
Materiales en prueba						
G 01212	PI 196-299	Rojo	III	2.641	2.106	2.374
P524	C63 S-630-B	Crema	II	2.540	2.185	2.362
P17	México 12-1	Marrón	II	2.572	1.949	2.260
G 01540	PI 284-703	Amarillo	I	2.050	2.396	2.223
G 01224	PI 196-936	Marrón	II	2.329	2.106	2.218
P381	PI 343-734	Blanco	I	2.189	2.206	2.198
G 01213	PI 196-462	Gris	III	2.186	2.107	2.146
G 04467	Lamanier	Morado	II	2.070	2.198	2.134
G 06391	Línea 20667	Crema	I	2.426	1.832	2.129
G 00805	PI 197-034	Rojo	III	2.082	1.681	1.882
G 04826	Pintado	Crema	II	1.585	2.059	1.822
G 06392	Línea 20738	Morado	I	1.382	1.796	1.589
Promedio				2.171	2.052	

Tabla 19. (Continuación)

Variedad no.	Identificación	Color de la semilla	Hábito de crecimiento	Rendimiento (kg/ha)		
				Popayán	CIAT	Promedio
Materiales testigo						
P756	ExRico 23	Blanco	II	2.792	1.944	2.368
P459	Jamapa	Negro	II	2.700	1.774	2.237
P692	Diacol-Calima	Rojo	I	1.998	1.661	1.830
P392	Sanilac	Blanco	I	1.383	1.414	1.398
Promedio				2.218	1.711	
DMS a 0,05				532	422	
CV (%)				17,3	15,6	

Cuadro 20. **Rendimiento de variedades negras de fríjol, en los Ensayos Uniformes de Rendimiento, en 2 localidades de Colombia.**

Variedad no.	Identificación	Hábito de crecimiento	Rendimiento (kg/ha)		
			CIAT	Popayán	Promedio
Materiales en prueba					
P209	PI 201-333	II	2.930	3.174	2.952
P668	C-168-N	II	2.822	2.788	2.805
P700	Negro Salpatagua 72	II	2.741	2.840	2.790
P481	N-257	II	2.538	3.009	2.774
P579	PI 313-868	II	2.838	2.653	2.746
P437	Fríjol Negro	II	2.602	2.814	2.708
P509	San Pedro P-72	II	2.763	2.544	2.654
P225	PI 207-130	II	2.475	2.708	2.642
P9	Pecho Amarillo	II	2.588	2.687	2.638
P443	Fríjol Negro C	II	2.667	2.587	2.627
P667	C-166-N	II	2.548	2.694	2.621
P226	PI 207-198	II	2.454	2.772	2.613
P14	PI 310-909	II	2.448	2.658	2.553
P527	Trujillo 7	III	2.689	2.161	2.515
P199	PI 196-927	II	2.320	2.675	2.498
P322	PI 310-724	III	2.292	2.690	2.491
P320	PI 310-686	II	2.259	2.715	2.487
P337	PI 310-797	II	2.141	2.713	2.427
P349	PI 311-930	II	2.479	2.224	2.352
P491	Puebla 41-1	III	2.413	2.159	2.286
P422	Compuesto Negro	II	2.169	1.577	1.873
Promedio			2.523	2.612	

Tabla 20. (Continuación.

Variedad no.	Identificación	Hábito de crecimiento	Rendimiento (kg/ha) CIAT	Popayán	Promedio
Materiales testigo					
P459C	Jamapa	II	2.693	2.831	2.762
P459B	Jamapa	II	2.826	2.671	2.748
P675	ICA-Pijao	II	2.804	2.396	2.600
P566	Porrillo Sintético	II	2.318	2.252	2.285
Promedio			2.660	2.538	
DMS a 0,05			277	382	
CV (%)			9,6	10,6	

semillas en mayor grado. Más de 1.500 selecciones de fríjol Tipo IV y Tipo III de porte alto se sometieron a selección por rendimiento, bajo condiciones de espaldera (monocultivo): en la actualidad, 700 de estas colecciones se evalúan en asociación con maíz. En ensayos replicados de rendimiento se sembraron diversos cultivares promisorios del Tipo IV en monocultivo y en asociación con maíz. En el Cuadro 21 se presentan los rendimientos de cinco de estos cultivares y en la Figura 26 se ilustra un cultivar típico.

Los Ensayos Uniformes de Rendimiento con fríjol trepador se han sembrado en cinco localidades de Colombia y en Ecuador; en ellos se comparan 20 cultivares de alto rendimiento en asociación con maíz. En estos ensayos y como resultado de los descubrimientos hechos por el grupo de microbiología, se llevan a cabo inoculaciones de **Rhizobium** Hasta el momento, los ensayos de fríjol arbustivo dependen de la fertilización con N.

Cuadro 21. **Rendimiento de 5 introducciones promisorias de fríjol trepador, en ensayos replicados en la sede del CIAT.**

Variedades promisorias	Identificación	Color	País de origen	No. de ensayos	Rendimiento (ton/ha) Monocultivo Máximo	Monocultivo Mínimo	Asociado Máximo	Asociado Mínimo
P589	PI 313-624	Crema	Colombia	6	2,0	4,3	0,6	2,1
P526	Trujillo 3	Negro	Venezuela	5	1,4	4,3	0,4	1,7
P525	Trujillo 2	Negro	Venezuela	5	1,4	2,3	0,5	1,5
P259	PI 282-063	Marrón	Chile	14	1,5	3,6	0,2	1,5
P006	PI 310-739	Negro	Guatemala	4	1,8	2,7	0,3	1,7



Figura 26. Un cultivar promisorio Tipo IV, cultivado en asociación con maíz, puede dar un rendimiento superior a 2 ton/ha sin reducir severamente los rendimientos del maíz.

Viveros internacionales de rendimiento y adaptación de frijol (IBYAN)*

En el Informe Anual del CIAT, 1975 se propusieron metodologías para establecer una serie de viveros internacionales de rendimiento y adaptación. Los objetivos son los de evaluar el rendimiento y la adaptación de cultivares bajo una amplia diversidad de condiciones experimentales y permitir a los programas nacionales comparar diversos materiales promisorios. Los ensayos se iniciaron en este año con mucho empuje. A finales del año se habían recibido 128 solicitudes para el primer IBYAN las cuales cubren 90 localidades en 35 países. Como se muestra en el Cuadro 22, se despachó semilla a 76 colaboradores

* IBYAN International Bean Yield and Adaptation Nurseries.

Cuadro 22. **Países colaboradores en el primer Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN).**

País	Solicitudes (hasta octubre 31, 1976	Despachos
América Latina y el Caribe		
Belice	2	1
Bolivia	3	1
Brasil	21	9
Colombia	8	7
Costa Rica	1	1
Chile	4	4
Ecuador	10	4
El Salvador	6	5
Guadalupe	2	-
Guatemala	4	3
Haití	5	-
Honduras	4	3
México	4	4
Nicaragua	3	3
Panamá	1	1
Perú	5	5
República Dominicana	4	4
Surinam	1	-
Trinidad	1	-
Venezuela	4	2
	93	57
América del Norte y Europa		
Canadá	1	1
Portugal	1	-
Reino Unido	2	2
Estados Unidos	2	2
	6	5
Africa, Asia y Oceanía		
Afganistán	1	-
Irán	1	1
Israel	1	1
Japón	2	2
Kenia	5	5*
Nueva Celedonia	1	-
Malawi	3	-
Pakistán	1	-
Filipinas	3	1
Tanzania	5	4
Tailandia	6	-
	20	14
Total	128	76

* Debido a las restricciones cuarentenarias, las muestras de semilla se enviaron para su multiplicación a nivel local.

y a los restantes, se les enviará material dentro de poco tiempo. La Figura 27 muestra la preparación de un juego del IBYAN para su despacho.

Está en la etapa de planeación, para 1977, el establecimiento de un vivero de rendimiento y de adaptación de fríjol trepador, de proporciones limitadas.

ASOCIACIONES DE MAIZ Y FRIJOL

Densidades de población

Bajo condiciones de monocultivo en la sede del CIAT, la densidad óptima de siembra para obtener la mayor producción del fríjol trepador, es de 120.000 plantas/ha; y de maíz, 80.000 plantas/ha. La densidad óptima de fríjol, en asociación con maíz a una densidad constante de 40.000 plantas/ha, permanece cercana a las 120.000 plantas/ha (Figura 28). La aparente falta de interacción entre la densidad del fríjol y el sistema de siembra, facilitó tanto los procedimientos experimentales como las recomendaciones eventuales para los programas nacionales.

Rendimiento de fríjol y maíz

La disminución de los rendimientos de fríjol debido a la asociación con maíz depende de la fecha relativa de siembra, densidad de la población de maíz y fríjol, tipo de planta y localidad. En la sede del CIAT, la producción óptima de maíz y fríjol se obtiene mediante la siembra simultánea de los dos cultivos, aunque los rendimientos de los tipos arbustivos aumentan un poco cuando se siembran una semana antes que el maíz (Figura 29). En muchos ensayos, los rendimientos del fríjol en asociación con maíz se redujeron en, aproximadamente, 30 por ciento en los Tipos II y III (no trepadores) y en, aproximadamente, 50 por ciento en fríjol Tipo IV (trepador). En ensayos que se adelantan actualmente se sembró maíz a densidades menores, con el fin de obtener respuestas a comparaciones en la superficie, a diversas combinaciones de densidad de población de maíz/fríjol. El sistema óptimo para obtener el mayor beneficio económico depende también de los precios relativos del maíz y fríjol. En algunos países de América Latina, la relación del precio maíz y fríjol varía de 1:2 a 1:6 debido a colores y tamaños de grano especiales en



Figura 27. Cada embarque de semilla para un Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN), lleva adjunto un manual de trabajo que incluye recomendaciones acerca de las medidas esenciales que se deben tomar y las metodologías que se deben utilizar. Los datos del manual pueden pasar directamente al análisis biométrico.

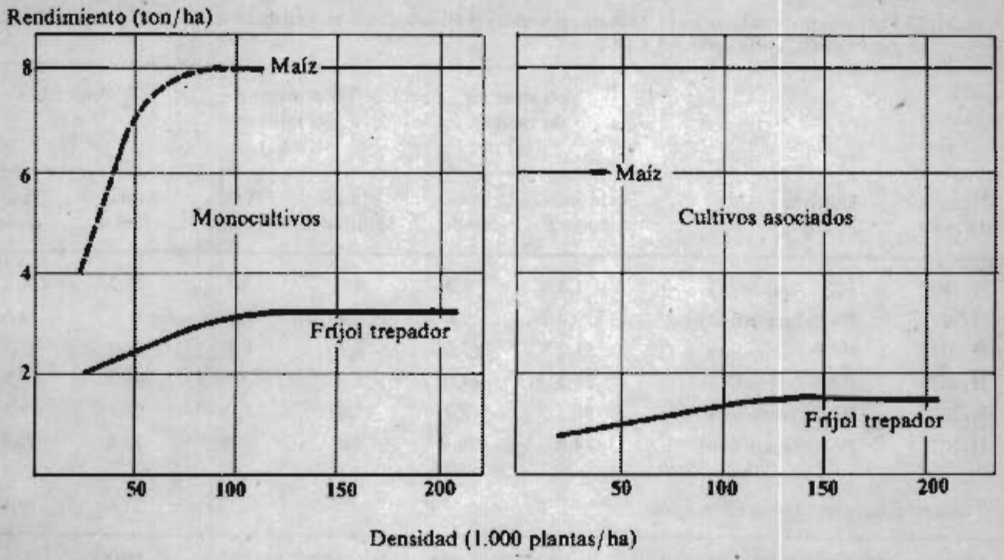


Figura 28. Rendimiento de maíz y fríjol, en monocultivo y en asociación, en función de la densidad de siembra.

fríjol. Muchos factores contribuyen al buen comportamiento del sistema intercalado maíz y fríjol, y compensan la competencia por luz y nutrimentos. En secciones anteriores se discuten las diferencias en el ataque de las principales plagas de insectos y el mejoramiento de la fijación de nitrógeno en el fríjol. El Cuadro 23 muestra la reducción del volcamiento del maíz cultivado en asociación con fríjol.

En ensayos realizados en el CIAT con asociaciones de fríjol arbustivo y maíz, y de fríjol trepador y maíz se demostró que, cuando la fertilidad y humedad no son limitantes, los rendimientos del maíz no se

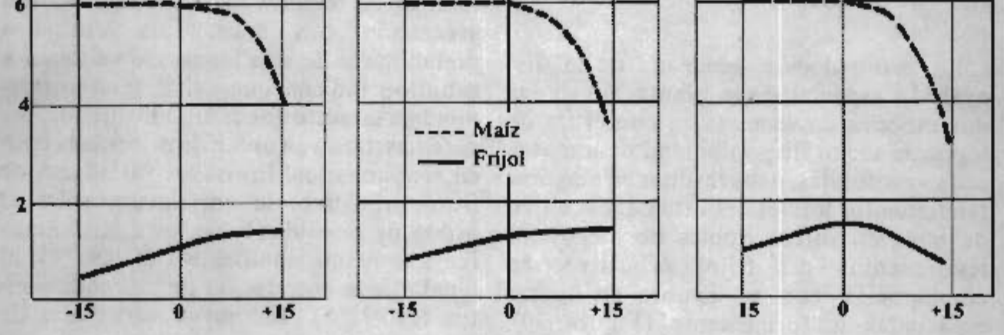


Figura 29. Efectos de las fechas relativas de siembra de maíz y fríjol sobre los rendimientos de cada especie sembrada en asociación.

Cuadro 23. Porcentaje de volcamiento de maíz en 6 ensayos en monocultivo y en asociación con fríjol trepador y arbustivo, en la sede del CIAT.

Híbrido de maíz	Cultivar de fríjol	Volcamiento de raíces (%)		Volcamiento del tallo (%)		Volcamiento total (%)	
		Monocultivo	Asociado	Monocultivo	Asociado	Monocultivo	Asociado
H-210	P259 (trepador)	1,6	0,3	9,6	3,8	11,2	4,2
H-207	P675 (arbustivo)	29,4	9,6	6,4	5,2	35,8	14,8
H-207	P259 (trepador)	53,2	17,0	6,2	6,5	59,4	23,5
H-207	P459 (arbustivo)	64,3	14,0	1,0	3,3	65,3	17,3
H-207	P259 (trepador)	46,5	2,2	15,8	3,0	62,3	5,2
H-207	P675 (arbustivo)	14,0	26,0	9,0	0	23,0	26,0
Volcamiento promedio en 13 ensayos						33,8a	16,1b

* Los números en negrita, en las columnas adyacentes, no son significativamente diferentes de 0,05 mediante el método DMS.

reducen debido a la asociación. Esta relación se mantuvo en ensayos diseñados para comparar pares de parcelas con densidades desde 30.000 hasta 90.000 plantas/ha de maíz. En los dos sistemas tampoco se presentaron diferencias en lo que respecta a altura de planta, índice de cosecha, rendimiento biológico, período de fecundidad, diámetro del eje de la espiga y mazorca, número de hileras y contenido de humedad del grano y forraje.

Sistemas de siembra para cultivos asociados

La manipulación adecuada de la disposición espacial de la plantación de las dos especies en asociación, con el fin de lograr la mejor disponibilidad de luz para cada una de ellas, debe resultar en mayores rendimientos totales del sistema. El cultivo de maíz en surcos dobles no afectó los rendimientos del fríjol arbustivo, en comparación con la siembra en hileras espaciadas uniformemente (Figura 30). Los rendimientos del maíz en asociación con fríjol trepador en surcos dobles fueron menores a los logrados en surcos espaciados normalmente. En este ensayo, los máximos rendimientos de fríjol fueron de 2,07 ton/ha con rendimientos de maíz de 4,93 ton/ha. Se obtuvieron rendimientos de fríjol en monocultivo de 4,3 ton/ha con el cultivar P589, de color crema y floración tardía.

Interacción genotipo x sistema

Para el programa de mejoramiento genético es fundamental determinar si las mejores variedades de fríjol, seleccionadas bajo condiciones de monocultivo, son también las mejores cuando se siembran en asociación con maíz. Los resultados preliminares de esta interacción sistema x genotipo indican que existe gran correspondencia entre los resultados de los dos sistemas, tanto en orden de prioridad como en rendimientos. En nueve variedades de fríjol arbustivo, la correlación entre el orden de prioridades en los dos sistemas fue altamente significativa ($r=0,93^{**}$), al igual que la correlación de los rendimientos ($r=0,91^{**}$). En nueve variedades de fríjol trepador, los resultados fueron similares en orden de prioridades ($r=0,88^{**}$) y rendimientos ($r=0,90^{**}$). Los resultados fueron menos consistentes

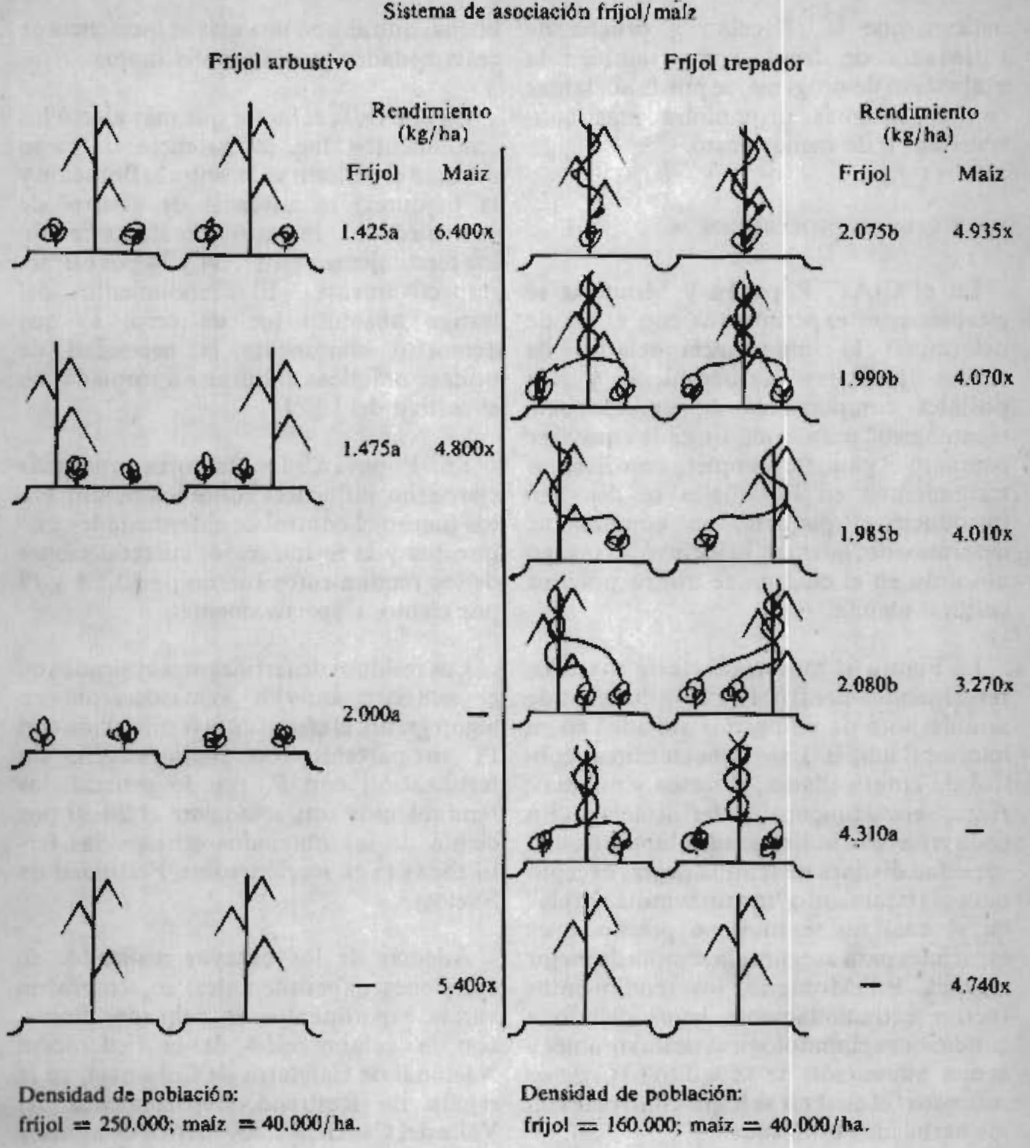


Figura 30. Comparaciones entre varios sistemas de siembra de fríjol arbustivo/maíz y varios sistemas de siembra de fríjol trepador/maíz.

cuando se cultivaron 15 variedades de maíz bajo tres sistemas (monocultivo, y en asociación con fríjol arbustivo o con fríjol trepador). Las correlaciones entre pares de sistemas por rendimiento y orden de prioridad, respectivamente, fueron las siguientes: monocultivo vs. asociación con fríjol arbustivo ($r=0,23$, $r=0,45$), monocultivo vs. asociación con fríjol trepador ($r=0,46$, $r=0,56^{*}$), asociación con fríjol arbustivo vs. asociación con fríjol trepador ($r = 0,66^{**}$, $r = 0,72^{**}$). Estos datos serán confirmados en otras localidades y estaciones pero, hasta ahora,

indican que la selección y prueba de variedades de fríjol, como también la evaluación de progenie, se puede adelantar en los sistemas disponibles más convenientes o de menor costo.

PAQUETES TECNOLOGICOS

En el CIAT, Popayán y Montería se establecieron experimentos con el fin de determinar la importancia relativa de ciertas prácticas agronómicas y los posibles componentes de un "paquete tecnológico" para fríjol. En cada ensayo se comparó el paquete completo con diversos tratamientos en los cuales se dejó sin introducir al paquete, un componente determinado; además, se incluyó un testigo absoluto en el cual no se utilizó práctica cultural alguna.

La Figura 31 muestra el efecto sobre los rendimientos del fríjol de la utilización de semilla libre de patógenos alojados en su interior ("limpia"); siembra en camas; control de enfermedades, insectos y malezas; riego; encalamiento y fertilización. En cada ensayo se utilizó semilla limpia de una variedad distinta de semilla negra, excepto para el tratamiento "menos semilla limpia" en el cual no se tuvieron precauciones especiales para asegurar la semilla de mejor calidad. En Montería, los rendimientos fueron extremadamente bajos debido a condiciones climatológicas desfavorables y a una infestación de "coquito" *(Cyperus rotundus)* el cual no se logró controlar con los herbicidas utilizados.

En todos los ensayos, la utilización de semilla libre de patógenos internos tuvo un efecto secundario sobre el rendimiento. Este hecho no está de acuerdo con otros informes de investigaciones en las cuales se obtuvieron grandes aumentos en el rendimiento mediante la utilización de "semilla limpia" en comparación con la semilla de los "agricultores" (Ver página 10). Sin embargo, en estos ensayos, la semilla utilizada fue de una calidad relativamente buena, quizás con una mayor incidencia de enfermedades que la semilla limpia.

En el CIAT, el factor que más afectó los rendimientos fue la ausencia de riego durante el período seco, entre la floración y la madurez; la ausencia de control de enfermedades, insectos y malezas redujo los rendimientos en 17, 34 y 34 por ciento, respectivamente. El rendimiento del testigo absoluto fue de cero, lo que demostró claramente la necesidad de utilizar prácticas culturales apropiadas en el cultivo del fríjol.

En Popayán, los factores que más ejercieron influencia sobre los rendimientos fueron el control de enfermedades y de insectos y la fertilización; las reducciones de los rendimientos fueron de 30, 28 y 19 por ciento, respectivamente.

Los residuos de fertilizantes aplicados en el semestre anterior enmascararon, en algún grado, el efecto de la fertilización con P; en parcelas con suelo virgen, sin fertilización con P, por lo general, los rendimientos son solamente el 20-30 por ciento de los obtenidos en parcelas fertilizadas (Ver sección sobre Fertilidad de Suelos).

Además de los ensayos realizados en estaciones experimentales, se sembraron varios experimentos en pequeñas fincas, con la colaboración de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en la región de Restrepo, departamento del Valle del Cauca, a 1.500 metros de altura y 1.300 milímetros de precipitación. Esta investigación constituye un proyecto de tesis orientada hacia el estudio de la introducción de nuevas tecnologías, en fincas pequeñas de agricultores de escasos recursos. Los resultados del primer ciclo de cultivos (Cuadro 24) indican que existe un potencial para lograr altos rendimientos entre los pequeños agricultores, mediante el uso de nuevas tecnologías y materiales de siembra mejorados. En ensayos hechos con variedades arbustivas,

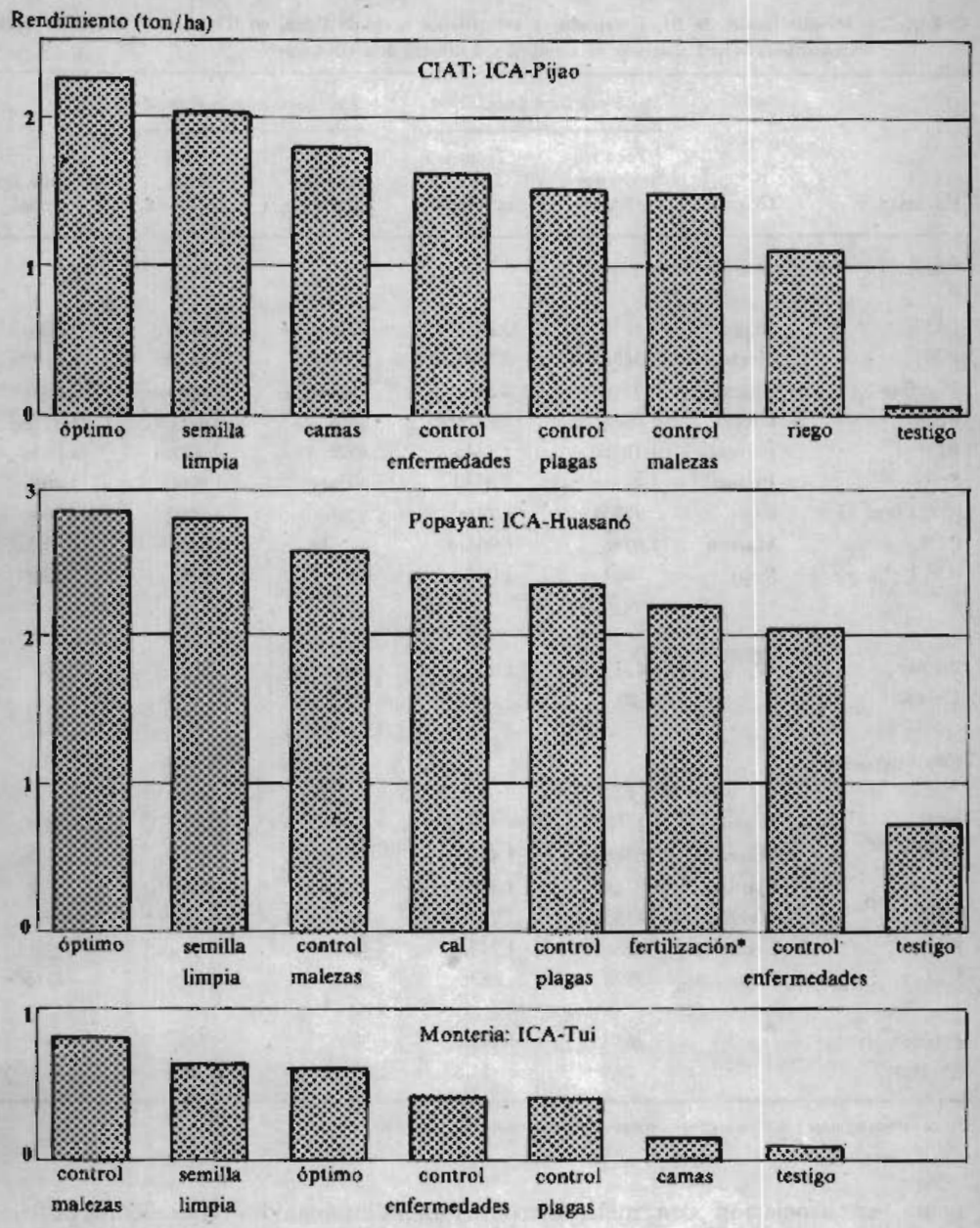


Figura 31. Efecto de las prácticas agronómicas sobre el rendimiento de 3 variedades de fríjol negro cultivadas en CIAT, Popayán y Montería, Colombia.

en cuatro localidades, los rendimientos de la variedad Calima (utilizada comúnmente por los agricultores) fueron significativamente menores que los rendimientos de variedades introducidas bajo ambos sistemas de producción y ambos niveles de tecnología. Cuatro variedades en monocultivo y una variedad de semilla

Cuadro 24. **Rendimientos de fríjol trepador y arbustivo,a nivel de finca, en Restrepo (Valle del Cauca, Colombia) bajo 2 sistemas de siembra y 2 niveles de tecnología*.**

Variedad	Color	Sistema de monocultivo		En asociación con maíz		Promedio global
		Tecnología del agricultor	Tecnología mejorada	Tecnología del agricultor	Tecnología mejorada	
Fríjol arbustivo (promedio de 2 ensayos)						
P459	Negro	1.807a	2.291abc	707abc	2.073a	1.720a
P302	Negro	1.589a	2.439a	750ab	1.663bc	1.610ab
ICA-Tui	Negro	1.711a	2.331ab	652abc	1.664bc	1.590ab
P524	Crema	1.698a	2.032bcd	836a	1.476cd	1.511bc
P756	Blanco	1.165bc	1.744d	432c	1.470cd	1.203d
P643	Blanco	1.475ab	1.953d	605abc	1.590bc	1.406c
ICA Línea 17	Rojo	979cd	1.291e	528bc	1.200d	1.000e
P758	Marrón	1.674a	1.964cd	582abc	1.798ab	1.505bc
ICA-Calima	Rojo	780d	1.086e	452c	576c	724f
Promedio		1.431	1.903	616	1.501	1.363
CV (%)		20,7	14,3	36,9	17,5	-
Fríjol trepador						
P525	Negro	1.176a	1.570a	624a	1.048a	1.105a
P259	Marrón	678bcd	1.431a	351b	672ab	783bc
P364	Blanco	1.021ab	1.324ab	369b	832a	887b
P449	Marrón	455cd	917bc	263b	800a	609c
P589	Crema	858abc	1.243ab	424ab	673ab	800bc
Radical	Rojo	389d	682c	304b	227b	401d
Promedio		763	1.195	389	709	764
CV (%)		28,9	21,8	35,9	46,6	-

* Los valores seguidos por letras distintas son significativamente diferentes a un nivel de 0,05.

negra, en asociación con maíz, dieron rendimientos de fríjol superiores a 2 ton/ha mediante el uso de tecnologías mejoradas (mayor densidad de siembra, aplicación de insecticidas granulados al momento de la siembra y bajo nivel de fertilización química).

La introducción de tecnologías mejoradas aumentó los rendimientos de fríjol arbustivo en un 33 por ciento en monocultivo y en un 144 por ciento en asociación con maíz. Los rendimientos de fríjol trepador, en dos localidades marginales, mostraron las mismas tendencias; en uno de los ensayos se obtuvo un rendimiento máximo de 1.570 kg/ha con el cultivar P525 en monocultivo. Estos

resultados indican que las variedades y la tecnología se pueden adaptar a las condiciones de las fincas y pueden dar a los agricultores, aumentos significativos en la producción.

EPOCA DE SIEMBRA

En 1976 se repitió un ensayo sobre la época de siembra, realizado en Popayán (Informe Anual del CIAT, 1975). La Figura 32 muestra la influencia de la época de siembra sobre el rendimiento, con control y sin control de insectos y enfermedades. Debido a la prolongada secuencia de cultivos de fríjol, los daños ocasionados por enfermedades o insectos fueron más severos que el año anterior y los rendimientos obtenidos sin control de insectos y enfermedades fueron de cero, durante ocho meses del año. Bajo condiciones de protección, los rendimientos disminuyeron de 2,7 ton/ha en la siembra de junio hasta 61 kg/ha en la siembra de octubre, debido a la excesiva precipitación durante octubre y noviembre.

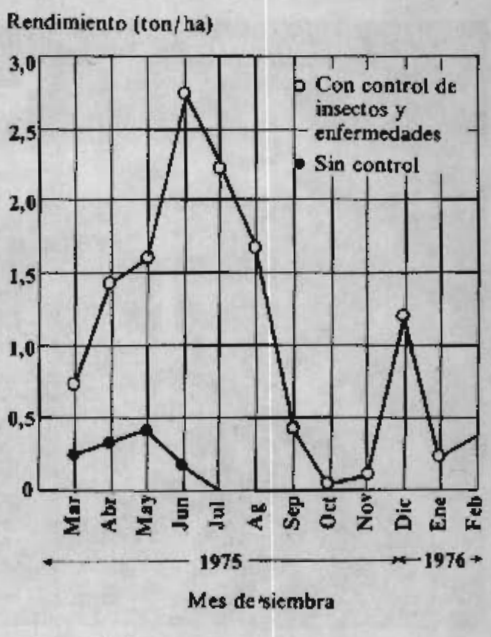


Figura 32. Efecto de la época de siembra sobre el rendimiento de fríjol de la variedad Guali, cultivado con y sin control de insectos y enfermedades, en Popayán.

FERTILIDAD DE SUELOS

TOLERANCIA A BAJOS NIVELES DE FOSFORO

En Popayán, se seleccionó un total de 176 introducciones promisorias de fríjol, por tolerancia a bajos niveles de fósforo en el suelo. El fríjol se sembró en hileras sencillas, en parcelas tratadas con superfosfato triple (SFT) aplicado en bandas y en dosis de cero y 300 kg/ha de P_2O_5. La Figura 33 muestra que el crecimiento de las plantas en las parcelas a las que no se aplicó fósforo, fue extremadamente deficiente en comparación con el crecimiento exuberante de las plantas tratadas con altos niveles de fósforo. El máximo rendimiento de fríjol, sin la aplicación de fósforo, fue de 0,97 ton/ha, en cambio con altos niveles de fósforo, el máximo rendimiento fue de 3,96 ton/ha. La variedad más tolerante no tratada con fósforo, dio un rendimiento de 44 por ciento del total producido por la misma variedad tratada con altos niveles de fósforo; en promedio, los porcentajes para los diversos colores de fríjol fueron los siguientes: fríjol blanco, crema y amarillo, 16; fríjol marrón y gris 19; fríjol rojo, rosado y morado 20 y fríjol negro 21.

En la actualidad, se adelantan otros estudios para confirmar estas diferencias mediante el uso de niveles intermedios de fósforo. Los resultados podrían tener mucho impacto en años futuros ante la baja disponibilidad de fertilizantes fosforados en muchos países y la limitada disponibilidad de crédito para muchos agricultores.



Figura 33. Selección de variedades de fríjol para determinar la tolerancia a bajos niveles de fósforo. Cada hilera corresponde a una variedad de fríjol; las plantas al frente de la foto no recibieron aplicación de fósforo, en tanto que las mismas variedades, en el fondo, recibieron 300 kg/ha de P_2O_5.

NIVELES Y FUENTES DE FOSFORO

Esta investigación se hizo en colaboración con el Centro Internacional para el Desarrollo de Fertilizantes (IFDC) localizado en Muscle Shoals, Alabama. La Figura 34 muestra la respuesta del fríjol a diversos niveles y fuentes de fósforo en Popayán (Informe Anual del CIAT, 1975). Se obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de dosis hasta de 400 kg/ha de $P_2 0_5$. Aunque la mejor respuesta se obtuvo con SFT, también se tuvieron buenas respuestas con rocas fosfóricas relativamente solubles, provenientes de Gafsa (Marruecos), Carolina del Norte (USA), Sechura (Perú) y Huila (Colombia). Los rendimientos con rocas fosfóricas más insolubles, provenientes de Tennessee y Florida Central (USA), fueron menores pero significativamente mayores que el tratamiento testigo. La efectividad agronómica de las fuentes mantuvo una marcada relación con su solubilidad en N citrato de amonio (Figura 34), una

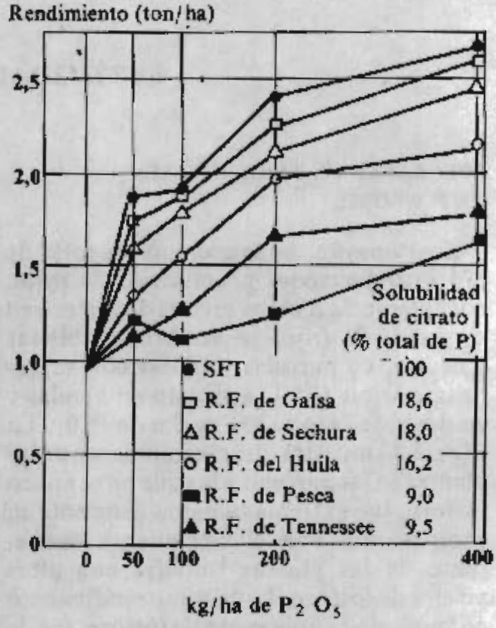


Figura 34. Respuesta del fríjol a diversos niveles de fósforo, aplicado en forma de superfosfato triple (SFT) y diversas rocas fosfóricas (R.F.), en Popayán.

medida de fósforo "disponible" que es comúnmente utilizada. Se determinó que un contenido crítico de fósforo en las hojas, al inicio de la floración, es de 0,35-0,4 por ciento.

INTERACCIONES CAL X FOSFORO

En experimentos con fríjol hechos en Popayán, se observaron síntomas de toxicidad de manganeso, en donde aplicaciones anteriores de grandes cantidades de fertilizantes habían producido una disminución del pH del suelo. El encalamiento de estos suelos es la forma más efectiva de eliminar la toxicidad de manganeso, pero a la vez, puede reducir la efectividad de las rocas fosfóricas. La interacción entre la cal y el fósforo se estudió mediante la utilización de tres niveles de aplicación (0, 200 y 400 kg/ha de P_2O_5) y tres fuentes de fósforo (SFT y rocas fosfóricas de Gafsa y Huila), con cuatro niveles de aplicación de cal (0, 0,5, 2 y 6 ton/ha).

La Figura 35 muestra el efecto de los niveles de fósforo y de encalamiento sobre el rendimiento. A pesar de que sin aplicación de cal, la roca Gafsa fue ligeramente mejor que el SFT y, ligeramente inferior con alto nivel de cal, no se observaron diferencias significativas entre las fuentes de fósforo que se estudiaron. La respuesta al fósforo fue significativa con bajos niveles de encalamiento pero, con altas dosis de cal, no se obtuvieron respuestas al fósforo (quedaron quizás en el suelo algunos residuos de fósforo de un cultivo anterior). El fríjol respondió principalmente al encalamiento cuando la cal se aplicó a niveles superiores de 0,5 ton/ha. No se esperaba obtener respuesta negativa al menor nivel de aplicación de cal, si se tiene en cuenta que la cal aumentó el pH en forma consistente, disminuyó el aluminio intercambiable (Figura 36a) y disminuyó ligeramente el contenido de manganeso. Sin embargo, tanto el calcio intercambiable presente en el suelo como el contenido de calcio en las hojas, fue menor con la aplicación de 0,5 toneladas de cal que sin aplicación de cal; en tanto que el contenido de fósforo (Bray I) en el suelo fue mínimo a un nivel de aplicación de cal de 2 ton/ha, tanto para el fósforo residual como para el fósforo aplicado en tratamientos recientes (Figura 36b). En consecuencia, el encalamiento fue benéfico al aumentar el pH y el calcio y, al disminuir la toxicidad de aluminio y manganeso; sin embargo, a bajos niveles, fue nocivo debido a la disminución de la disponibilidad de fósforo y a la disminución de la disolución de fósforo y calcio de las fuentes de fósforo aplicadas. Los rendimientos se correlacionaron con el contenido de calcio y aluminio intercambiable en el suelo; tales rendimientos alcanzaron máximos valores con más de 4,5 meq de calcio y menos de 1,5 meq de aluminio/100 g de suelo. El contenido crítico de calcio en las hojas fue de 1,44 por ciento.

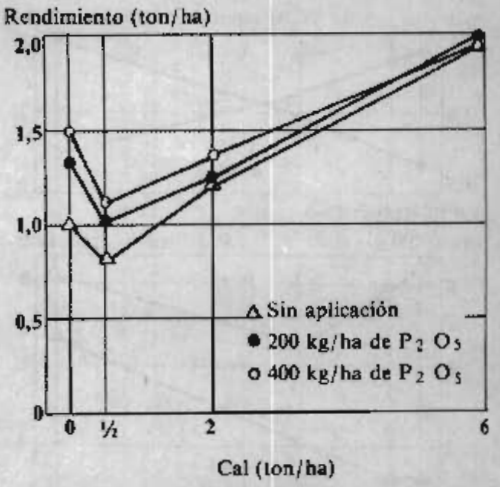


Figura 35. Efecto de la aplicación de cal y fósforo sobre los rendimientos de fríjol en Popayán. Las curvas representan el promedio de 3 fuentes de fósforo.

APLICACION FOLIAR DE FOSFORO

En suelos como los de Popayán que tienen una alta capacidad de fijación de

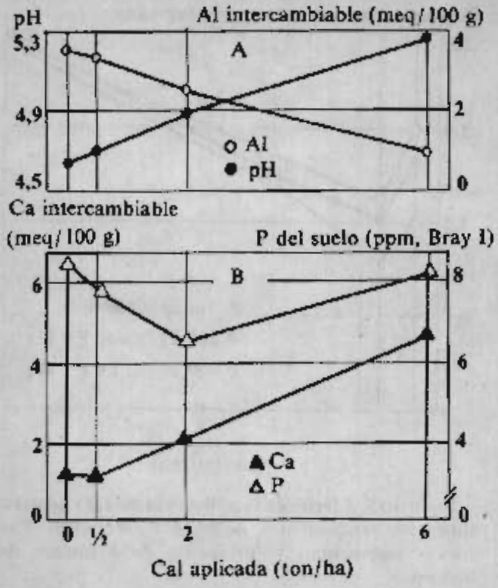


Figura 36. Efecto de las aplicaciones de cal sobre el pH del suelo, Al intercambiable, Ca intercambiable y P disponible, en condiciones de Popayán. Las curvas representan el promedio de 3 niveles y 3 fuentes de P.

fósforo, las aplicaciones foliares pueden proporcionar a las plantas pequeñas cantidades de fósforo sin que el suelo las fije. Sin embargo, la aplicación foliar se debe combinar con aplicaciones de fósforo al suelo para asegurarse de que las plantas tengan el suficiente desarrollo foliar para ser asperjadas; es difícil determinar la combinación adecuada de fósforo para aplicar al suelo y al follaje.

La Figura 37 muestra los resultados de la aplicación foliar de diversas fuentes de fósforo en comparación con el testigo y con el fósforo aplicado al suelo. En todas las parcelas se incorporó Escoria Thomas a razón de 150 kg/ha de P_2O_5 por lo cual el testigo tuvo un rendimiento relativamente alto. El mejor tratamiento foliar se logró mediante tres aplicaciones de $NH_4H_2PO_4$ 2,4 por ciento, lo cual aumentó los rendimientos en 225 kg/ha al aplicar sólo 6 kg/ha de fósforo. Parte del efecto benéfico pudo ser causado por el nitrógeno presente en la fuente. Otras fuentes no fueron efectivas debido a la alta aplicación basal al suelo. En la actualidad, se adelantan estudios en los cuales se considera la aplicación foliar de combinaciones de polifosfato de potasio y urea.

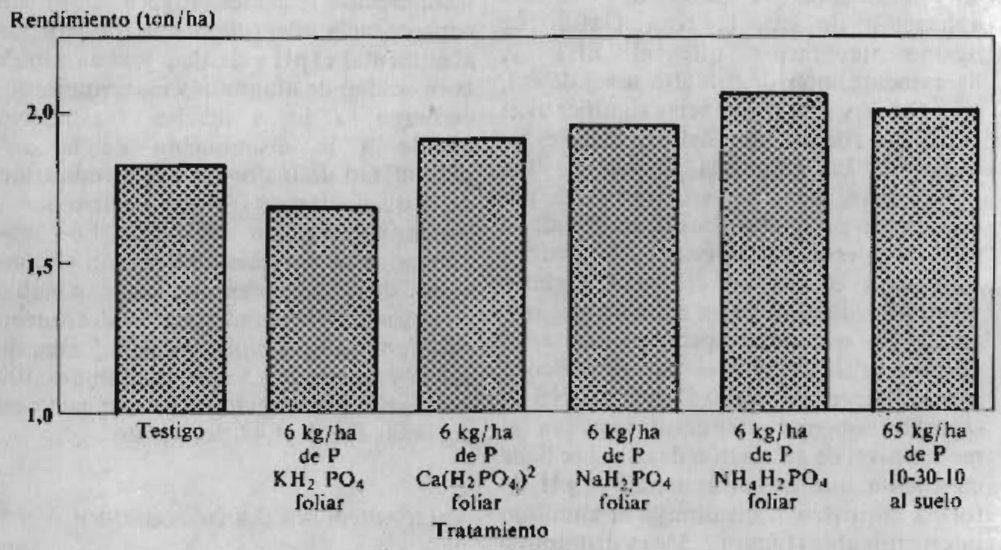


Figura 37. Efecto de las aplicaciones foliares y al suelo de diversas fuentes de fósforo sobre los rendimientos del fríjol.

En 1976 se continuaron en el CIAT los estudios fisiológicos acerca de los factores limitantes del rendimiento y características de adaptación, bajo condiciones de riego, fertilización y protección.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Los estudios de crecimiento y desarrollo del fríjol se concentraron en el cultivar P566, material representativo de diversas variedades del Tipo II el cual tiene altos rendimientos y una capacidad de adaptación relativamente amplia (Ver página A-35). En las Figuras 38 y 39 y en el Cuadro 25, se comparan los resultados obtenidos en dos ciclos de cultivo (1975A y 1975B) sobre análisis de crecimiento con P566. El desarrollo del área foliar, estructura de nudos y número de vainas, son muy similares para los dos ciclos aunque la diferencia de los rendimientos totales fue

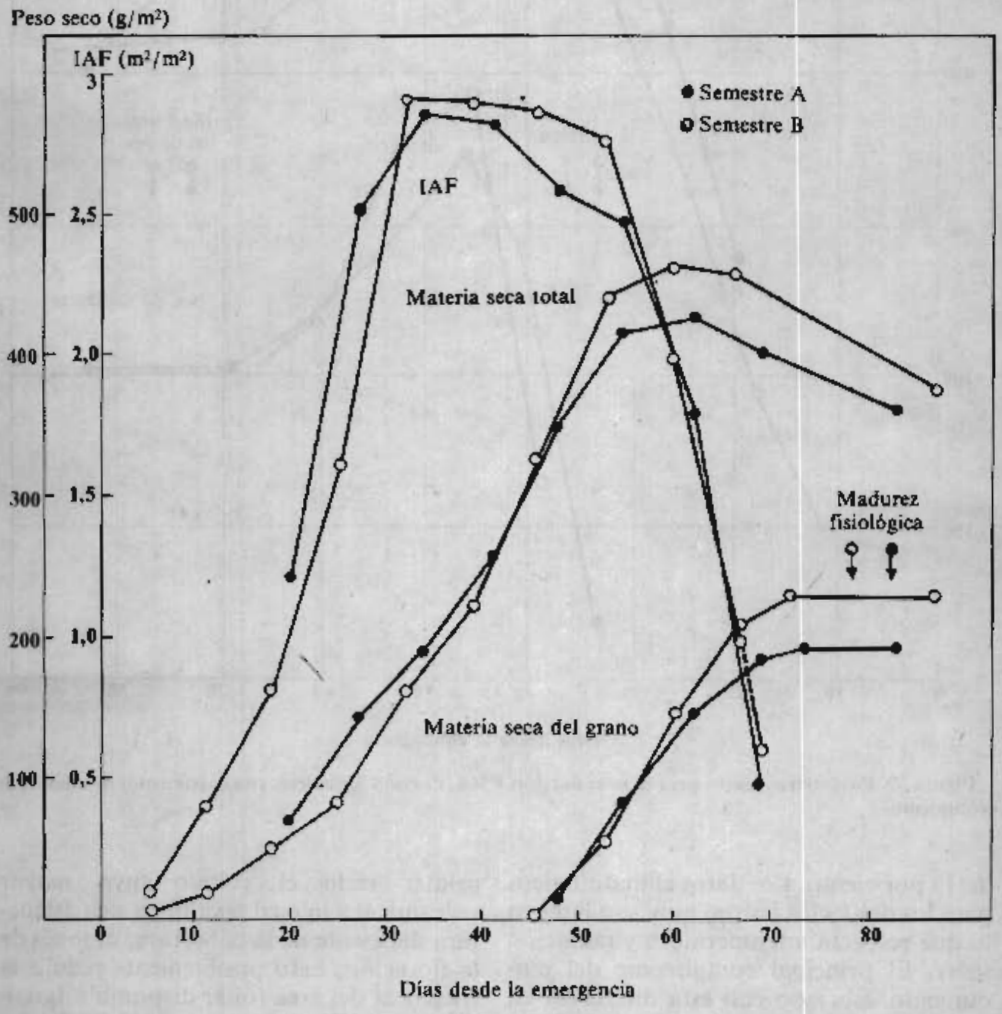


Figura 38. **Parámetros claves para la introducción P566 (Porrillo Sintético) en experimentos de análisis de crecimiento.**

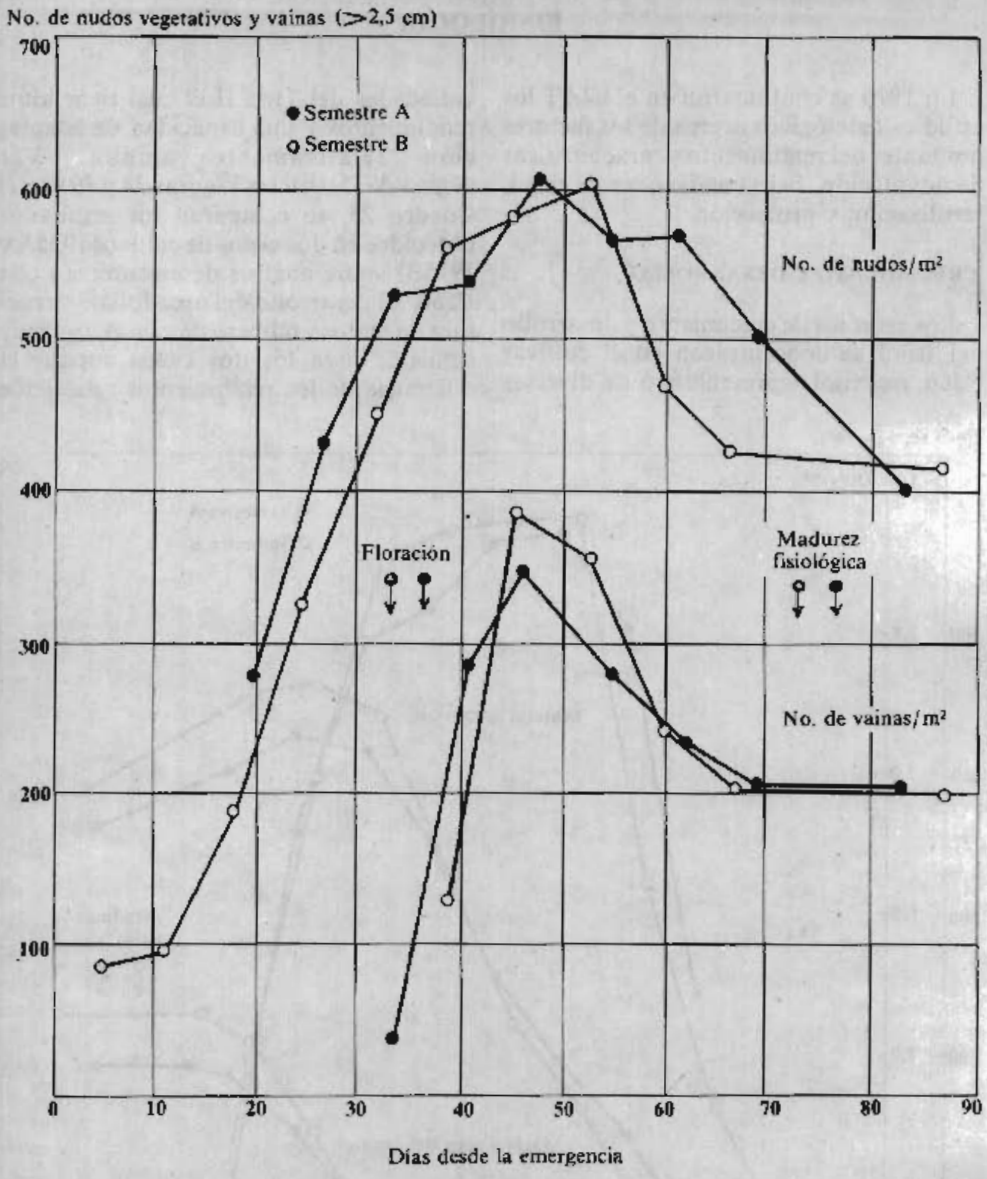


Figura 39. Parámetros claves para la introducción P566 (Porrillo Sintético), en experimentos de análisis de crecimiento.

de 19 por ciento. Los datos climatológicos para los dos ciclos fueron muy similares en lo que respecta a temperatura y radiación solar. El principal componente del rendimiento asociado con esta diferencia en rendimiento fue el número de granos maduros de fríjol por vaina. Durante el primer ciclo el cultivo tuvo mayor volcamiento lo cual resultó en una estructura deficiente de la cobertura, después de la floración. Esto posiblemente redujo la eficiencia del área foliar disponible. Igualmente, la mayor proporción del rendimiento proveniente de las ramas durante

Cuadro 25. **Rendimientos y parámetros al final de la cosecha de la introducción P566 (cultivar Porrillo Sintético) en asociación, en experimentos de análisis de crecimiento en la sede del CIAT, durante 2 semestres (1975).**

Parámetro	Semestre A	Semestre B	% Semestre A
Rendimiento (ton/ha) (14% de humedad)	2,28	2,71	(119)
Rendimiento (g/m²) (peso seco)	195,85	232,89	(119)
Peso del grano (mg/grano)	191,00	191,00	(100)
Indice de cosecha (%)	0,57	0,62	(109)
Materia seca total (g/m²)*	342,60	376,70	(110)
Peso del tallo (g/m²)	81,70	82,20	(101)
Peso de la cubierta de la vaina (g/m²)	65,08	61,50	(94)
Número de nudos/m²	410,90	421,70	(103)
Número de racimos/m²	111,80	118,30	(106)
Número de vainas/m²	210,40	205,50	(98)
Altura del tallo (cm)	71,86	87,18	(121)
Peso de raíces (g/m²)	17,95	16,66	(93)
Número de granos/vaina	4,87	5,93	(122)
Rendimiento de granos/vaina (g)	0,93	1,13	(122)
Rendimiento en las ramas (%)	22,60	12,00	

* Materia seca de la parte aérea de la planta al momento de la madurez, excluyendo pecíolos y hojas.

el ciclo A, indica que el volcamiento pudo haber estimulado una mayor formación de vainas en las ramas.

En la Figura 40 se muestra la distribución vertical de los componentes del rendimiento para el ciclo B. La variación del rendimiento se correlaciona en gran medida con la formación de vainas en cada nudo y con el número de semillas maduras por vaina; ambos parámetros fueron máximos en el nudo 7. El promedio de tamaño de grano no varió en gran medida entre aquellos nudos que más contribuyeron al rendimiento.

Las observaciones detalladas sobre el desarrollo de flores y vainas en P566 mostraron efectos similares a los observados anteriormente (Informe Anual del CIAT, 1975). La Figura 41 presenta datos sobre la formación de vainas de acuerdo con la posición del nudo en el tallo principal y con la posición dentro de cada racimo.

Las posiciones dentro del racimo se enumeran en forma consecutiva desde la 1, que es la más cercana al tallo principal. Por lo general, se producen dos flores simultáneas en cada posición, en cualquier lado del racimo. Los aspectos críticos de este dato son: a) la alta proporción de flores en la posición 1 que forman vainas maduras y b) los nudos que florecen más tempranamente en la secuencia, generalmente, producen vainas maduras. Las flores que abren posteriormente en el mismo racimo (en la posición 2 y 3) generalmente se caen. En todos los nudos, el día de apertura de las flores para la posición 1, es generalmente tres o cuatro días antes que para la posición 2. La relación de formación de vainas para la posición 1, en los racimos respectivos, disminuyó desde el 100 por ciento en el nudo 5 a cero por ciento, en el nudo 14. La presencia en el racimo de vainas fecundadas más tempranamente parece influir fuertemente sobre la abscisión de flores formadas posteriormente.

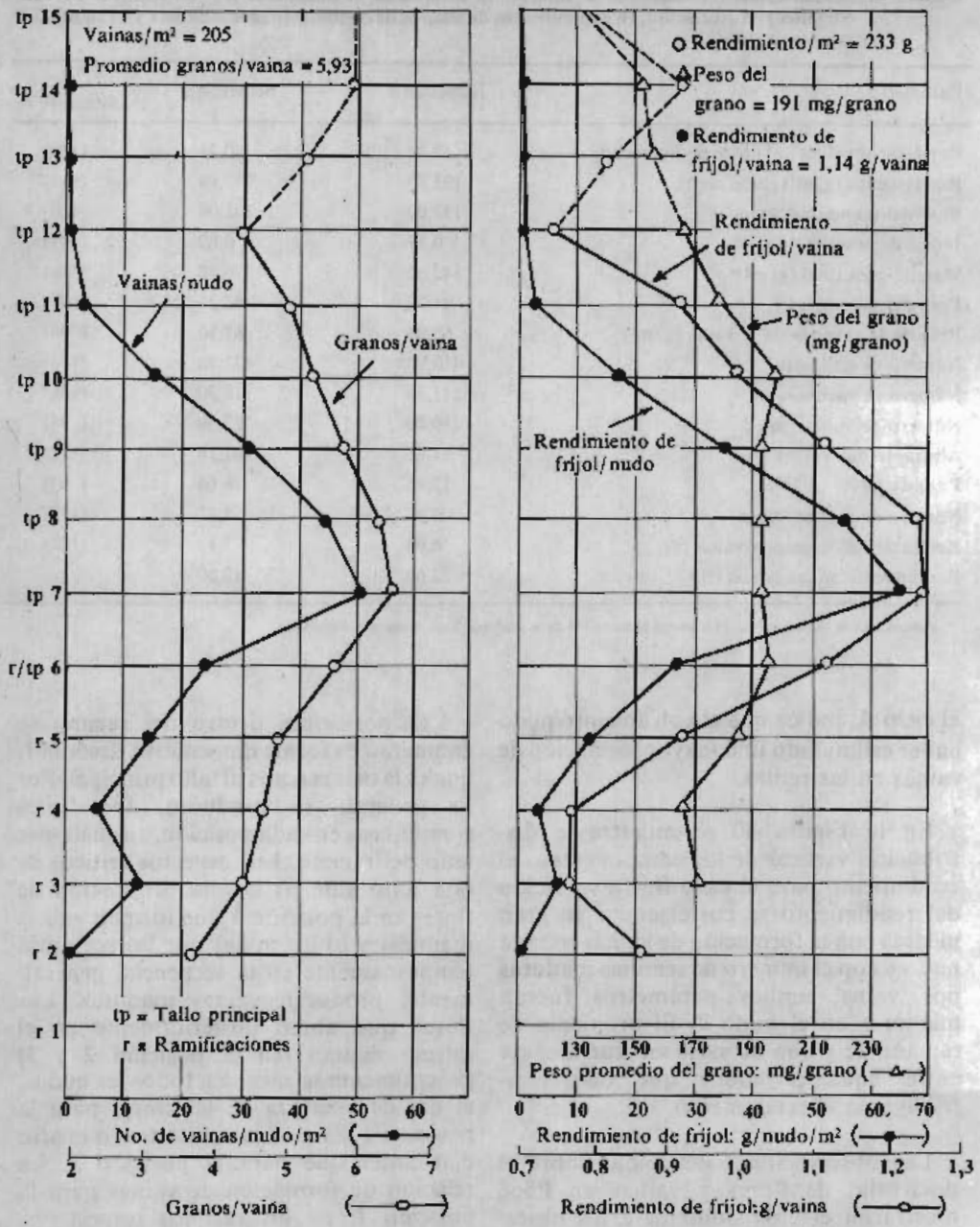


Figura 40. Distribución de los componentes del rendimiento por posición de nudo foliar en la introducción P566 (Porrillo Sintético).

El perfil del rendimiento en la Figura 40 refleja, en forma directa, este patrón de formación de vainas. El mayor rendimiento por nudo se encuentra en el nudo 7, el cual forma las primeras flores y produce muchas vainas. La importancia de la época



Figura 41. **Relación existente entre la unidad floral dentro de cada racimo, en cada posición de nudo, y el día de floración de cada unidad y la proporción de formación de vainas para cada unidad floral de los racimos del tallo principal de P 566 (Porrillo Sintético). Los datos de las ramas se excluyeron debido a la alta variabilidad; tales datos se obtuvieron de 8 plantas observadas diariamente y se ajustaron a la densidad final de población.**

de floración se demuestra aún más en la Figura 42, en la cual se presenta gráficamente la producción de flores/m²/día y el número de vainas maduras producidas por estas flores. Casi la totalidad de las vainas fueron producidas por las flores que abrieron en los primeros 10 días del período total de floración (20 días). La máxima producción de vainas se presentó tres a cuatro días después del comienzo de la floración. Tal

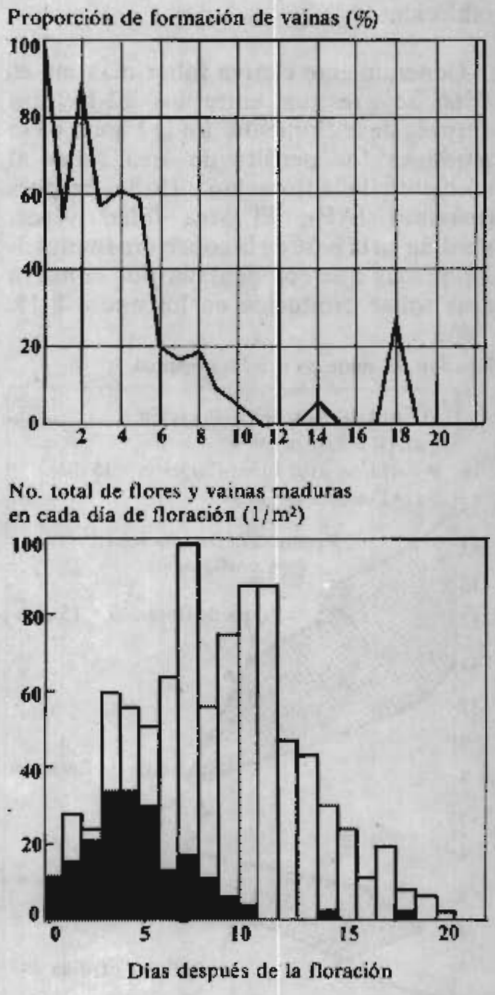


Figura 42. **Relación entre el día de floración y proporción de formación de vainas (la proporción de número de vainas maduras del total de flores abiertas en cada día del período de floración) con el número real de flores abiertas y vainas producidas por día de floración en P 566 (Porrillo Sintético). Los datos corresponden al promedio de 8 plantas observadas diariamente y se ajustaron a la densidad real de población al momento de la cosecha.**

como se observó en 1975, son pocas las vainas que se forman en las ramas de esta variedad. Por lo general, la floración de las ramas se presenta más tarde y probablemente, sufren mayor presión por competencia debido al autosombrío en las posiciones de nudos inferiores y a las densidades de población utilizadas en estos experimentos (30 plantas establecidas/m²).

Generalmente el área foliar máxima en P566 se presenta entre los 12-15 días después de la floración. En la Figura 43 se muestran los perfiles de área foliar al momento de la floración y 15 días después (máximo IAF). El área foliar verde, perdida en la base de la cobertura (nudos 3-7), es más que compensada por la nueva área foliar producida en los nudos 8-15.

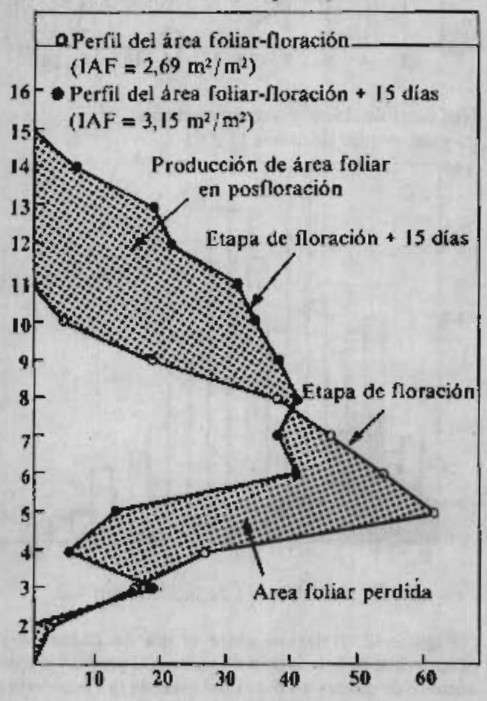


Figura 43. Perfiles de áreas foliares para las diferentes posiciones de nudos en el tallo principal incluyendo las ramas de cada nudo, en 2 etapas del crecimiento de la introducción P566.

Como la formación de vainas en los nudos superiores es muy baja, es razonable suponer que esta área foliar nueva y activa, contribuye a la síntesis de productos del proceso fotosintético durante el llenado de vainas que se translocan a los nudos inferiores en donde se elabora la mayor parte del rendimiento o cosecha de la planta. Esta pérdida de área foliar en los nudos inferiores tiene mucha importancia en las disminuciones de la fijación de nitrógeno en la época de posfloración (Ver página 30).

Se hizo un análisis de crecimiento con cuatro introducciones (P788, P566, P498 y P589) las cuales tienen distintos hábitos de crecimiento (Tipos I-IV).

El fríjol trepador (P589), bajo condiciones de monocultivo con espaldera, desarrolló un máximo IAF (Figura 44) de 6,8 en 60 días aproximadamente en tanto que las tres introducciones no trepadoras lograron máximos IAF de 3,5 a 4,0. La diferencia principal entre los Tipos I y II se

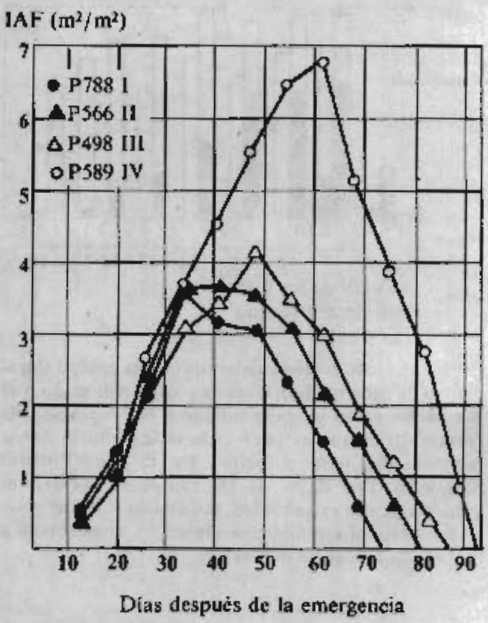


Figura 44. Indice de área foliar, en 4 variedades de distinto hábito de crecimiento, en experimentos de análisis de crecimiento.

presentó en la época en que comenzó a disminuir el área foliar, tanto que P498 (Tipo III) presentó su máxima área foliar posteriormente, con un valor ligeramente mayor y una tasa de disminución similar. En el Cuadro 26 se resumen otras características básicas. Las diferencias del rendimiento entre las variedades arbustivas (Tipos I-III) se asociaron con la madurez (valores similares de rendimiento de fríjol/día). En estos ensayos, la variedad P788, de crecimiento determinado, mostró un excelente potencial de rendimiento; entre diferentes variedades y condiciones del medio ambiente, por lo general, las variedades del Tipo II sobrepasaron el rendimiento de los tipos más determinados. (Ver Cuadros 21 y 22). También se discute el nivel mayor de rendimiento de la variedad trepadora P589. El patrón global de abscisión de vainas de las cuatro variedades es bastante similar, con una ligera tendencia en la variedad del Tipo I a una mayor abscisión de las vainas más pequeñas (flores abiertas hasta un tamaño de vainas menores de 3 centímetros). Hasta el momento, no se pueden sacar conclusiones con respecto a la existencia de diferencias genéticas mayores que regulen las tasas de abscisión de vainas.

En la Figura 45 se ilustra el patrón de formación de flores y vainas durante la floración. Las otras variedades muestran tendencias similares, como se discutió anteriormente para la variedad P566, particularmente con relación a la importancia de las flores que se forman más tempranamente. El período de floración más prolongado (28 días) correspondió a la variedad de Tipo III y el período más corto (13 días) a la variedad de Tipo I, de crecimiento determinado. El patrón de formación de flores, durante los primeros cinco días de floración, fue diferente entre las variedades P788 (I) y P566 (II); durante

Cuadro 26. Comparación de parámetros entre 4 introducciones de *Phaseolus vulgaris* utilizadas en estudios de análisis de crecimiento en la sede del CIAT.

Parámetro	Introducción Hábito de crecimiento	P788 I	P566 II	P498 III	P589 IV
Rendimiento de fríjol (g/m²) (ton/ha, 14%)[1]		2,85	2,65	3,05	4,54
Rendimiento de fríjol (g/m²) (peso seco)[2]		262	282	296	393
Vainas/m²		311	255	294	315
Granos/vaina		2,65	2,97	4,07	6,22
Peso seco (mg/grano)		317	186	247	200
Rendimiento en las ramas (%)		76	16	80	5
Días hasta la floración[3]		31	39	40	47
Días hasta la madurez fisiológica[3]		77	82	90	96
Rendimiento de fríjol/día (g/día)[4]		3,70	3,23	3,39	4,73
Materia seca total (g/m²)[5]		454	494	475	583
Indice de cosecha (%)		57,8	57,5	62,5	67,4
Abscisión, vainas $\leq$ 3 cm (%)[6]		65	52	59	55
Abscisión, vainas $>$ 3 cm (%)[6]		10	17	17	18
Abscisión total (%)[6]		75	69	76	73

1 Rendimiento en un área de muestra de 10 m²
2 Rendimiento de la submuestra (1 m²) utilizada para el perfil de rendimiento en la Figura 10
3 Días desde la siembra
4 Siembra hasta madurez fisiológica
5 Menos hojas y pecíolos, al momento de la madurez
6 Porcentaje del total de flores abiertas/m².

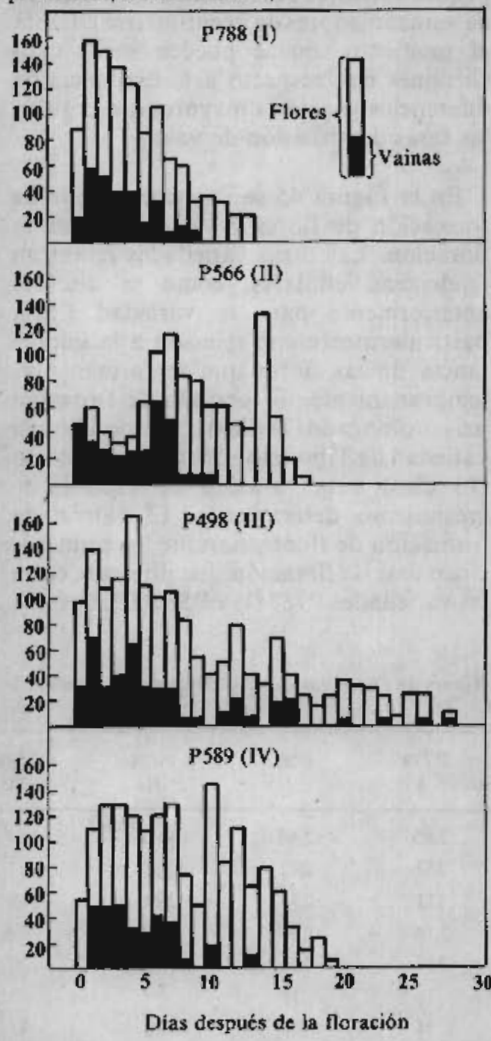


Figura 45. Producción de flores y vainas/m² en relación con los días después del inicio de la floración, en 4 variedades, en experimentos de análisis de crecimiento.

este período, la abscisión de vainas fue mucho más severa en las plantas del Tipo I. También, se pone de manifiesto la producción cíclica de flores, especialmente en las variedades de crecimiento indeterminado.

En la Figura 46 se presentan los perfiles del rendimiento de los cuatro hábitos de crecimiento; en ella se observa claramente la fuerte correlación existente entre el rendimiento por nudos y el número de vainas por nudo y de granos maduros por vaina. En los perfiles del rendimiento se reflejan las diferencias en el patrón de formación de ramas entre las variedades. En consecuencia la variedad P498, de porte bajo, con gran cantidad de ramas y buen potencial de rendimiento, tiene una alta concentración del rendimiento en los nudos inferiores (3-7) en los cuales las ramas contribuyen con el 100 por ciento del rendimiento, en tanto que la relativa escasez de ramas en P566 resulta en un rendimiento máximo en los nudos superiores. La baja proporción del rendimiento en ramas de P589 es más bien típica de los trepadores con altas densidades de población. En tanto que existen diferencias entre los hábitos de crecimiento, en lo que respecta a la proporción del rendimiento proveniente de las ramas, las variedades utilizadas son típicas de la mayoría de líneas del germoplasma incluidas en cada hábito de crecimiento.

La producción de materia seca en estructuras no reproductivas, después de la floración, varió de acuerdo con el hábito de crecimiento (Figura 47). La variedad P788 de crecimiento determinado, produjo el 50 por ciento del máximo peso seco de sus órganos vegetativos después de la floración, en tanto que P589 (IV) sólo produjo el 36 por ciento. El crecimiento de ramas después de la floración en la variedad de crecimiento determinado compensa el aumento de la producción de materia seca en las estructuras del tallo principal en la variedad de crecimiento indeterminado.

Se hicieron determinaciones del contenido de carbohidratos (azúcares y almidón) en el tallo principal y ramas. Los resultados obtenidos en 1975 presentaron grandes diferencias entre las variedades, en lo que respecta a almacenamiento en el tallo. En la Figura 48 se presentan los datos del experimento realizado en 1976 con tres

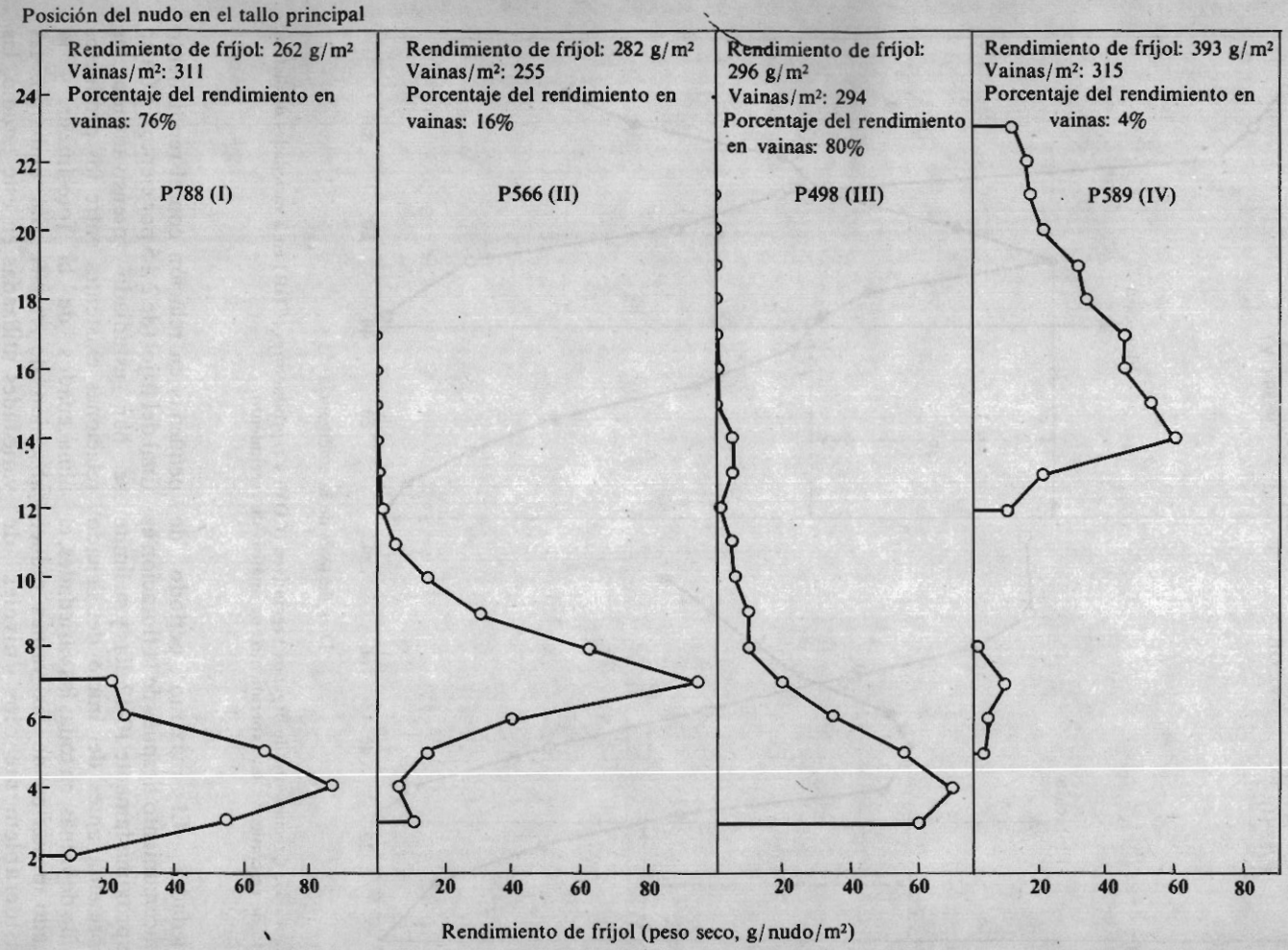


Figura 46. **Perfiles del rendimiento por posición de nudo (incluyendo vainas) de 4 variedades de fríjol, en experimentos de análisis de crecimiento.**

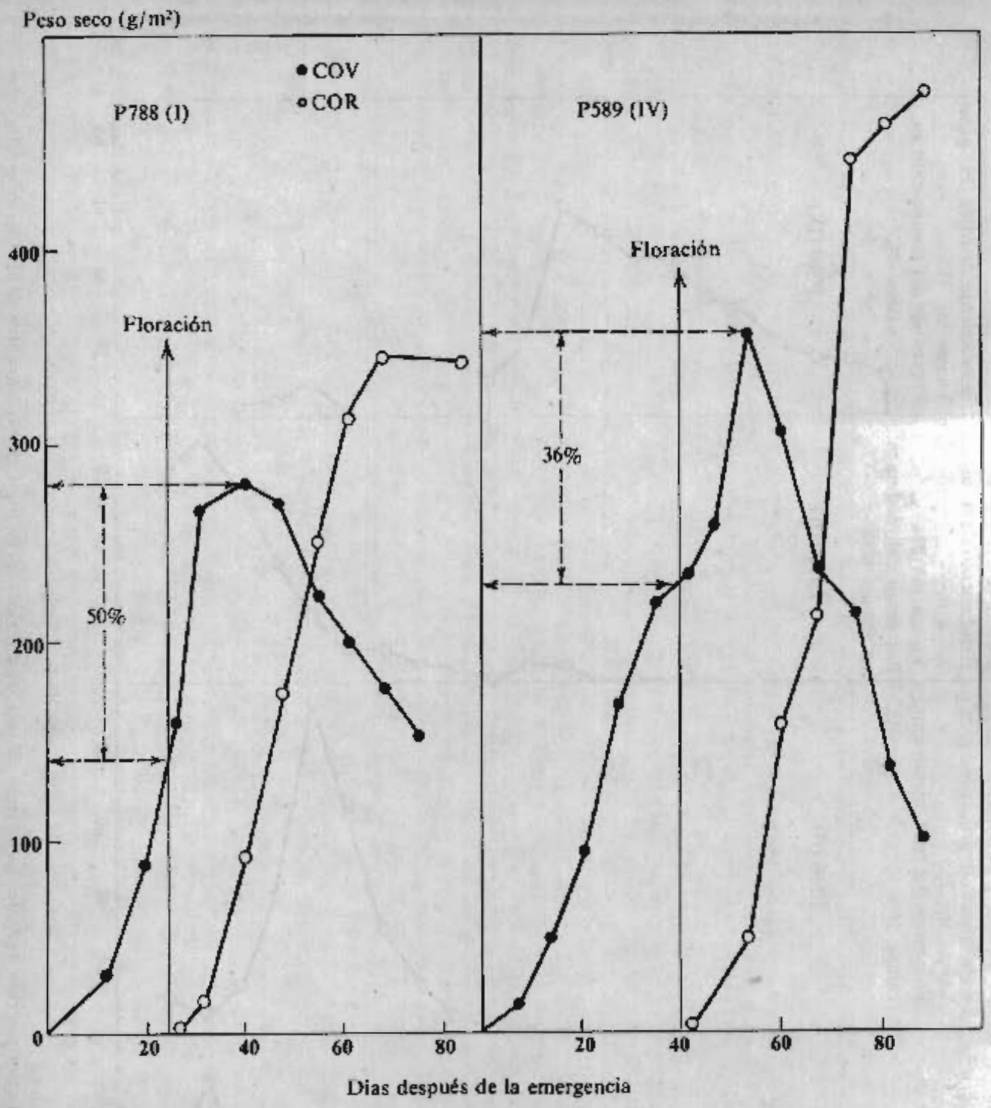


Figura 47. Crecimiento de órganos vegetativos (COV) y reproductores (COR) en 2 variedades de distinto hábito de crecimiento, en experimentos de análisis de crecimiento.

variedades. El máximo período de almacenamiento después de la floración es de aproximadamente 10-12 días y su límite se presenta antes del inicio del llenado rápido de vainas; en todas las variedades, el llenado posterior de las vainas reduce considerablemente los niveles de almacenamiento. Las cantidades reales transferidas del tallo son relativamente pequeñas en relación con el rendimiento final del fríjol (de 2 a 5 por ciento). Aún no se han estudiado intensivamente las relaciones existentes entre los productos almacenados de la fotosíntesis y la abscisión de vainas. Sin embargo, las variedades utilizadas en este estudio, las cuales tienen niveles muy similares de abscisión de flores (Cuadro 26), presen-

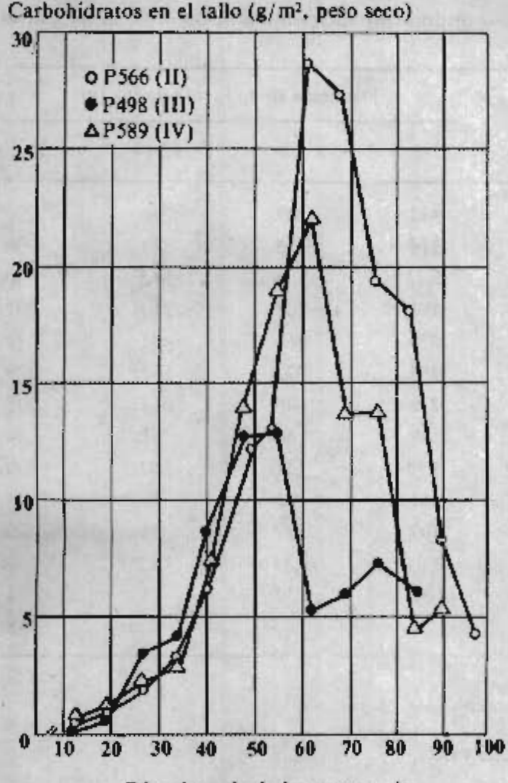


Figura 48. Contenido total de carbohidratos (azúcar y almidón) en el tallo de 3 variedades de fríjol, en experimentos de análisis de crecimiento.

taron niveles de almacenamiento en el tallo relativamente diferentes en el período inmediatamente después de la floración. Los resultados de P589 (IV) contrastan marcadamente con los resultados de Trujillo 3 (IV). (Informe Anual del CIAT, 1975).

MANIPULACION DEL CULTIVO

Se hicieron varios experimentos con P586 y otras variedades seleccionadas, con el fin de estudiar la influencia de las alteraciones en la estructura del cultivo y/o condiciones medio ambientales sobre el potencial de rendimiento.

Alargamiento del ciclo de cultivo mediante el uso de respuesta al fotoperíodo

La variedad P566, sensible al fotoperíodo (grado 2 en una escala ascendente de 1-5 de sensibilidad) se cultivó en un fotoperíodo de 16,30 horas como se observó en 1975. Se hicieron análisis de crecimiento y mediciones finales del rendimiento en una serie de parcelas localizadas a diferentes distancias de la fuente de luz. La prefloración se alargó 15 días mediante el uso de una luz de intensidad ligeramente mayor (lámparas a 2,5 metros de altura). Los rendimientos de las parcelas testigo (19-20 metros de las fuentes de luz; duración efectiva del día = 12,20 horas) y parcelas "tratadas" (1-2 metros de las fuentes de luz) fueron de 2,77 ton/ha y 4,12 ton/ha, respectivamente. En el Cuadro 27 se comparan los datos de parámetros claves medidos a cuatro distancias de la fuente de luz. La mayor parte del aumento del rendimiento se presentó en las ramas; la mayor formación de ramas se presentó en los nudos 7-14 de la parte superior de la cobertura, en donde las condiciones de luz y eficiencia foliar son mejores que a niveles más bajos. Un aumento en el número de vainas/m² (en parte debido a la reducción de la abscisión de vainas y al aumento en la apertura total de flores/m²) fue el único componente del rendimiento que presentó un cambio significativo debido al tratamiento. El índice de cosecha fue menor cuanto más cercana estuviera la fuente de luz, lo cual indica un aumento vegetativo excesivo durante el período adicional de crecimiento. El tratamiento de luz no alteró significativamente la tasa de crecimiento del cultivo; las diferencias en acumulación de materia seca se debieron solamente al mayor período de crecimiento. En tanto que se presentó un ligero aumento en el rendimiento de fríjol/día, la mayor parte del aumento del rendimiento (49 por ciento) se relaciona con la prolongación del período de crecimiento. El IAF (Figura 49) fue de 1,3 unidades mayor en las parcelas que tuvieron la fuente de luz a menor

Cuadro 27. Parámetros de la introducción P566 medidos a distintas distancias de una fuente de luz lineal, con un fotoperíodo de 16,30 horas.

Parámetros	Distancia de la fuente de luz (m)			
	1-2	7-8	13-14	19-20
Rendimiento de frijol (g/m²) (14% humedad)[1]	412	347	298	277
Vainas/m² [2]	314	255	214	208
Granos/vaina	5,73	5,78	5,65	5,49
Peso del grano (mg/grano)	197	201	210	207
Nudos en el tallo principal/m² [3]	520	460	407	370
Nudos en las ramas/m² [3]	268	272	147	179
Materia seca total (g/m²) [4]	778	646	614	532
Indice de cosecha (%) [5]	49	50	51	54
Máxima área foliar (m²/m²)	3,96	3,76	3,01	2,66
Días hasta la floración[6]	51	43	36	36
Días hasta la madurez fisiológica[6]	102	91	78	76
Rendimiento de frijol/día (g/día)[7]	4,04	3,81	3,82	3,64
Rendimiento en las ramas (%)	82	39	18	14
Abscisión total (%)[8]	59	-	-	68

1 Promedio de 4 replicaciones, área de parcela de 8 m²/replicación
2 Todos los componentes del rendimiento se midieron en un área de submuestra de 1 m
3 Nudos contados al momento de la madurez
4 Menos hojas y peciolos al momento de la madurez; submuestra de 1 m²
5 Determinado con una submuestra de 1 m²
6 Días desde la siembra
7 Siembra hasta la madurez fisiológica
8 Porcentaje del total de flores abiertas, en 8 plantas/tratamiento.

distancia en comparación con las parcelas testigo, pero la tasa de disminución del IAF, después de alcanzar su máximo valor en todos los tratamientos, fue similar.

Los resultados de este experimento y de los de 1975, muestran que una forma de mejorar el rendimiento es la de prolongar el período de prefloración para permitir un mayor desarrollo de nudos y en consecuencia, aumentar el potencial de los sitios de acumulación y a la vez, aumentar el índice de área foliar (fuente de productos fotosintéticos) con el fin de que el cultivo tenga la suficiente capacidad de llenar ese mayor espacio de acumulación disponible. A pesar de que en este experimento no se presentó volcamiento, dado el aumento del desarrollo vegetativo, se requiere mayor resistencia al volcamiento con el fin de mantener la integridad de la estructura de la cobertura, después de la floración.

En la Figura 50 se presentan los resultados de un experimento con P586 al que se le aplicó sombra. El tratamiento con sombra (66 por ciento de intercepción de luz) se inició 20 días antes de la floración y se aplicó en cada una de las nueve etapas del crecimiento de una semana de duración. Durante las primeras cuatro semanas, después de la floración, se presentaron reducciones significativas en el rendimiento. Durante las dos primeras semanas después de la floración (períodos 4 y 5) la mayor reducción se presentó en el número de vainas; en la tercera semana (período 6), la mayor reducción se presentó en el número de granos/vaina; en la cuarta semana (período 7)la sombra afectó en

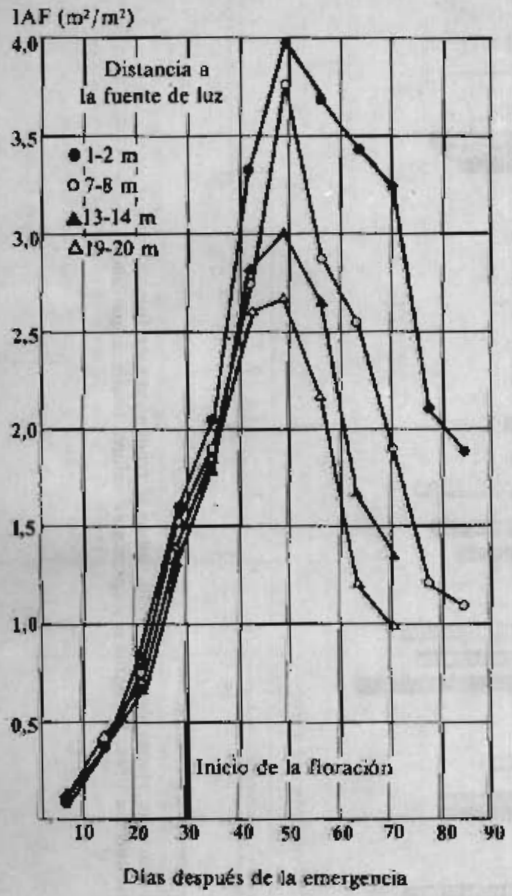


Figura 49. Indice de área foliar de la introducción P566, a 4 distancias de la fuente de luz, en experimentos de alargamiento del ciclo de crecimiento por fotoperíodo.

mayor grado al peso individual del grano. En este experimento se demuestra claramente la determinación secuencial de los componentes del rendimiento. La reducción de la actividad fotosintética, particularmente durante el período inmediatamente posterior a la floración, aumentó la abscisión de flores y vainas pequeñas.

En otro experimento (Figura 51), con diversas variedades y aplicando intervalos de sombra de dos semanas, la máxima reducción del rendimiento se presentó en diferentes etapas del crecimiento de acuerdo con la variedad. En las variedades P459 y P302 la mayor reducción del rendimiento se presentó a los 14-28 días después de la floración, en tanto que en las otras variedades la mayor reducción ocurrió cuando se aplicó sombra a los 0-14 días después de la floración. Sin embargo, en todos los casos, el componente del rendimiento que más se asoció con la reducción del rendimiento fue el número de vainas/m² (Figura 52). La diferencia del equilibrio sitio de origen-sitio de acumulación entre las variedades en diferentes etapas del crecimiento, es probablemente el factor responsable de todas estas diferencias. Se recomendó al Programa de Yuca del CIAT la utilización de la variedad P302 en experimentos de asociación de yuca y fríjol en virtud de que es una variedad que presenta menor reducción del rendimiento debido a la sombra.

FERTILIZACION CON BIOXIDO DE CARBONO

La fertilización con bióxido de carbono (concentración de CO_2 de 1.200 ppm) se utilizó como herramienta experimental con el fin de evaluar los efectos de un aumento en el suministro de productos de la fotosíntesis sobre el rendimiento y particularmente, sobre la formación de vainas. En un cultivo de Porrillo Sintético y durante cuatro etapas del crecimiento, de 10 días cada uno, se colocaron cámaras transparentes con su extremo superior abierto y con un área de un metro cuadrado. En el Cuadro 28 se presenta un resumen de los resultados obtenidos. Cuando el CO_2 se aplicó desde -2 hasta +8 días, de la floración, el rendimiento aumentó en forma significativa a través de una mayor formación de vainas. El período inmediatamente posterior a la floración es crítico con relación a la producción de vainas provenientes de flores que abren en este período. Los resultados indican que un aumento en el suministro de productos de la fotosíntesis, durante un corto período, puede aumentar

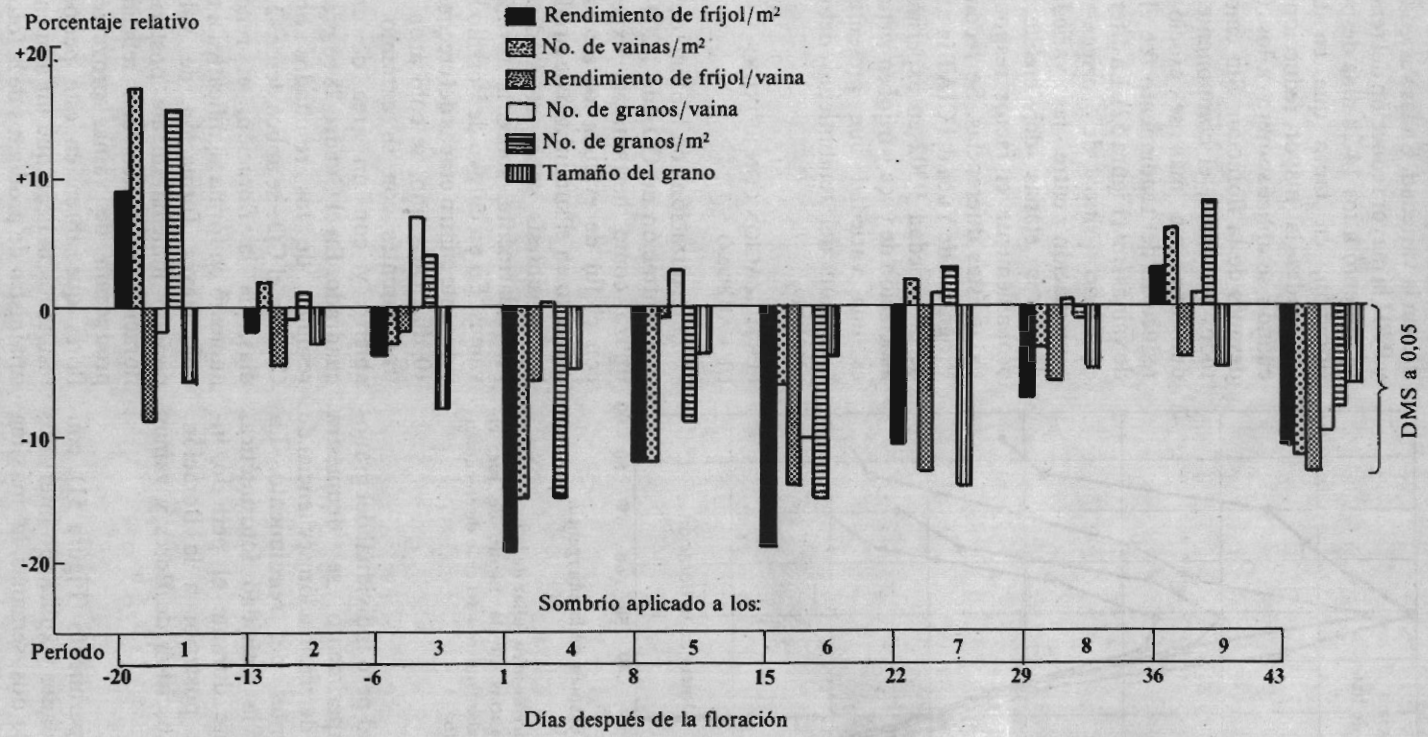


Figura 50. Efecto del sombrío, en diferentes etapas de crecimiento, sobre el rendimiento de fríjol y componentes del rendimiento de la introducción P566; los datos se expresan en valores relativos (parcela testigo: 100%).

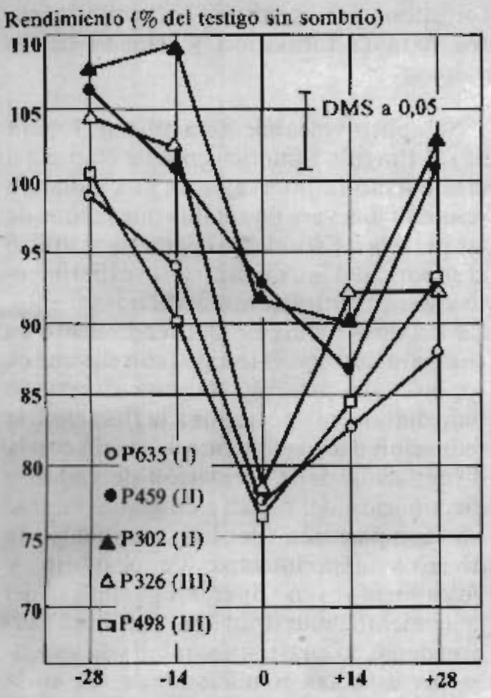


Figura 51. Efecto de la sombra en 5 etapas del crecimiento sobre 5 variedades de frijol.

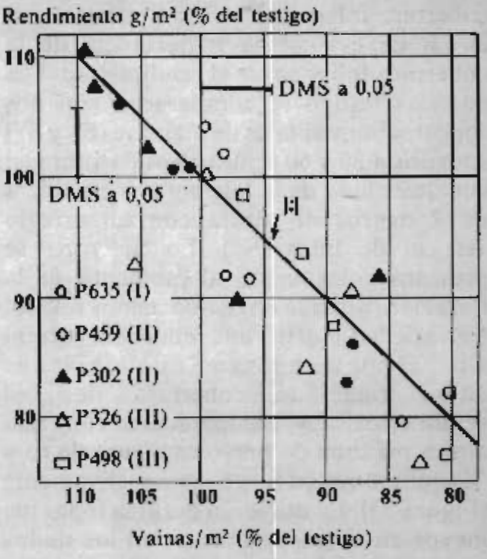


Figura 52. Reducción relativa del rendimiento y el número de vainas/m² en 5 variedades de frijol; los resultados se expresan como porcentaje de las parcelas testigo sin sombra, para cada variedad.

la formación de vainas: Se demostró claramente la importancia del suministro total de productos de la fotosíntesis durante la formación de vainas.

SOPORTE DE LA COBERTURA FOLIAR Y VOLCAMIENTO ARTIFICIAL

Se aplicaron tres tratamientos que incluyeron distintos soportes físicos de la

Cuadro 28. Respuesta[1] de la introducción P566 a la fertilización con bióxido de carbono en 4 etapas del crecimiento.

Etapa de crecimiento[3]	Rendimiento (g/m²)		No. de vainas/m²	
	Testigo	CO_2	Testigo	CO_2
-2 - +8	330	363 (110)[2]	267	297 (111)[2]
+8 - +18	297	310 (104)[4]	268	282 (105)
+18 - +28	272	286 (105)	253	264 (104)
+28 - +38	288	298 (103)	265	271 (102)
DMS a 0,05	31,4		23,3	

1 Promedio de 5 cámaras en el testigo y tratamiento con CO_2 en cada etapa
2 CO_2 como porcentaje del testigo
3 Días hasta la floración
4 Promedio de solamente 3 replicaciones.

cobertura foliar de Porrillo Sintético, con el fin de evaluar la importancia de la cobertura foliar sobre el rendimiento. Las parcelas testigo se compararon con dos soportes horizontales de alambre (S_1 y S_2) situados a 30 y 60 centímetros de altura en cualquier lado de la hilera y una espaldera de 2 metros de altura con un arreglo vertical de hilos (S_3). En S_1 y S_2 se presentó volcamiento al momento de la floración, aunque en S_2 fué menos severo. La variedad mostró una tendencia natural a trepar por los hilos en S_3 y alcanzar una altura final de cobertura de 140 centímetros, en comparación con una altura máxima de prevolcamiento de 65 y 75 centímetros en S_1 y S_2, respectivamente (Figura 53). La duración del área foliar fue mayor en S_3 especialmente en los nudos superiores del tallo principal, pero los máximos valores de IAF fueron similares. En S_3 se observó también una mayor producción de nudos a los 20-40 días después de la floración y un aumento en la formación de vainas en estos nudos superiores, en comparación con los otros tratamientos. El aumento del rendimiento de 2,77 ton/ha a 3,55 ton/ha en S_1 y S_3 (28 por ciento), respectivamente, se asocia principalmente con el aumento en la formación de vainas en los nudos superiores del tallo principal. El Porrillo Sintético en S_3 alcanzó la madurez fisiológica 13 días después que S_1 debido a la tardía floración y formación de vainas en los nudos nuevos formados.

Las determinaciones del contenido total de carbohidratos en el tallo principal (Figura 54), en diversas etapas de crecimiento, muestran un mayor nivel de almacenamiento en el tallo en S_3 y una tasa de disminución más baja después del máximo contenido de carbohidratos (10 días después de la floración). Esta evidencia de un exceso de disponibilidad de productos de la fotosíntesis en el sistema de soporte con espaldera, durante un período en el cual se presentó una mayor formación de vainas, puede indicar que la planta disponía de un exceso de productos de la fotositesis por encima de los requerimientos para la formación y llenado de las vainas.

Se aplicó volcamiento artificial (Figura 55) al Porrillo Sintético en siete etapas del crecimiento (a intervalos de una semana), pasando una vara de guadua por encima de las parcelas. En todas las parcelas se utilizó el soporte del S_2, descrito en el experimento anterior, antes de aplicar el tratamiento. La máxima reducción del rendimiento en comparación con el testigo (con sistema de soporte), se presentó durante el período inmediatamente posterior a la floración; la reducción del rendimiento se asoció con la disminución de la formación de vainas y disminución del número de granos/vaina. La comparación de los resultados de diversos experimentos de sombrío y volcamiento, en diferentes etapas del crecimiento, muestran una similitud sorprendente, lo cual indica que el volcamiento perturba las condiciones de luz en la cobertura y reduce el suministro de productos de la fotosíntesis durante la formación y llenado de vainas. En consecuencia, las causas de las diferencias del rendimiento que se presentan en el Cuadro 25 se entienden más claramente y se relacionan con los efectos de la reducción del suministro de productos de la fotosíntesis sobre el número de granos maduros/vaina.

REMOCION DE HOJAS Y RACIMOS

Se aplicaron tratamientos de remoción de hojas y de vainas, en Porrillo Sintético, con el fin de determinar las etapas en que se forman los componentes del rendimiento, en una posición de nudo específica (nudo 9). El equilibrio sitio de producción-sitio de acumulación se manipuló mediante: a) la remoción de dos de los tres trifolíolos de las hojas en los nudos 7-11 (el sitio de producción se redujo al nudo 9) y b) la remoción de los racimos adyacentes en los nudos 7, 8, 10 y 11 (mayor cantidad de productos de la fotosíntesis para el nudo 9). Ambos tratamientos se aplicaron en

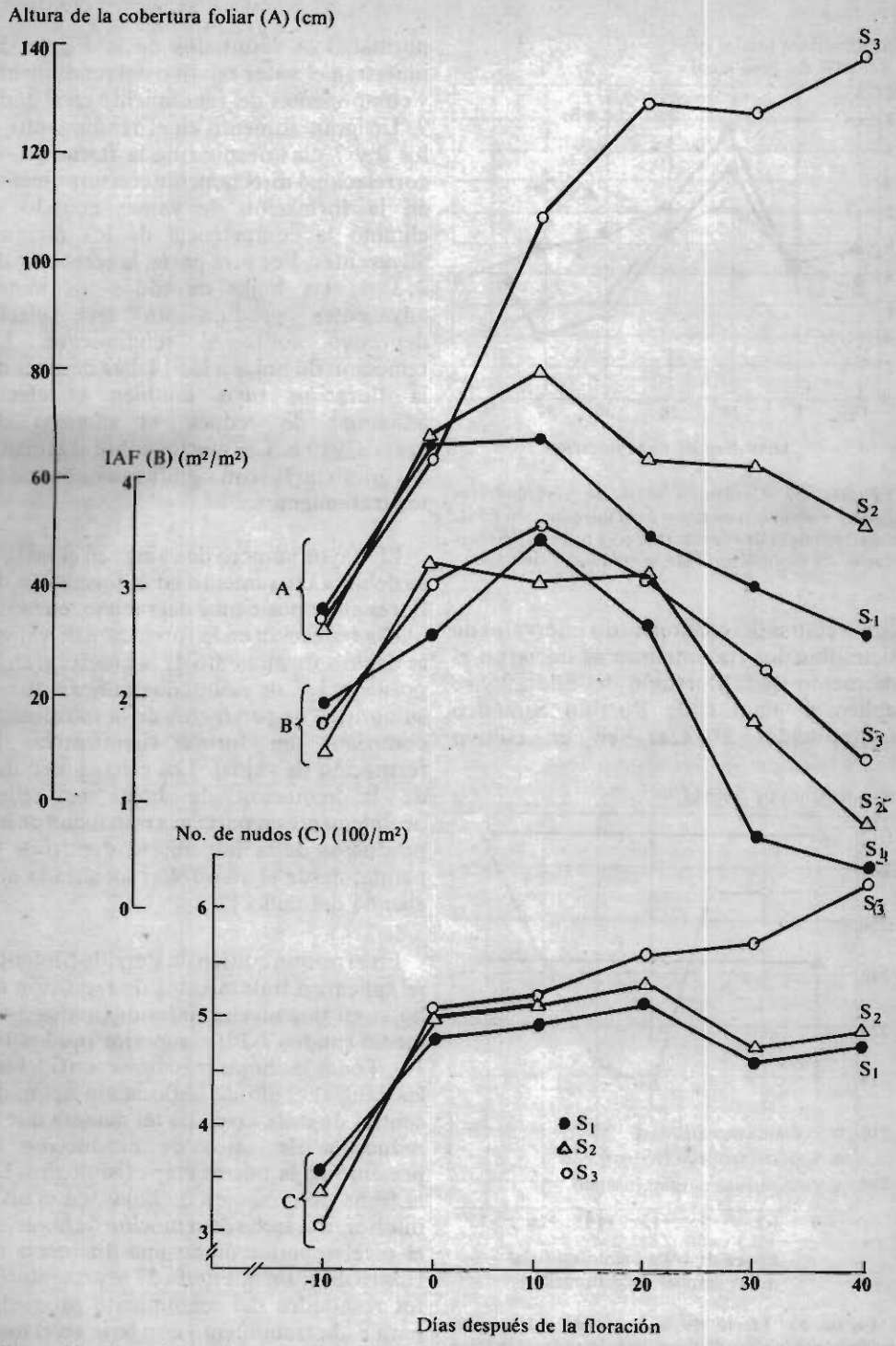


Figura 53. Altura de la cobertura foliar, índice de área foliar (IAF) y número de nudos, en 3 sistemas de soporte (S_1, S_2 y S_3), en diferentes etapas del crecimiento de la introducción P566.

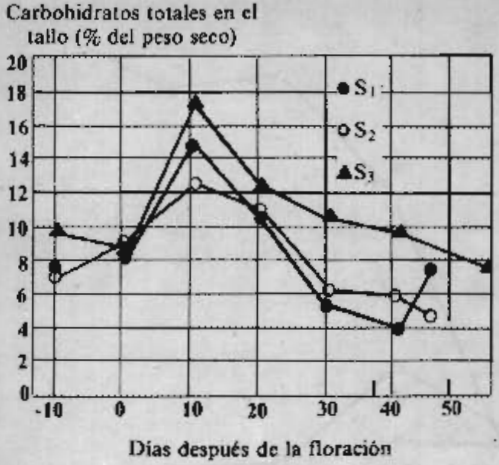


Figura 54. Contenido total de carbohidratos (azúcar y almidón) en tallos de la introducción P566, bajo 3 sistemas de soporte (S_1, S_2 y S_3) en diferentes etapas del crecimiento (MF = madurez fisiológica).

cinco etapas del crecimiento a intervalos de siete días; los tratamientos se iniciaron al momento de la floración del nudo 9 y se aplicó a plantas de Porrillo Sintético seleccionadas al azar, en un cultivo

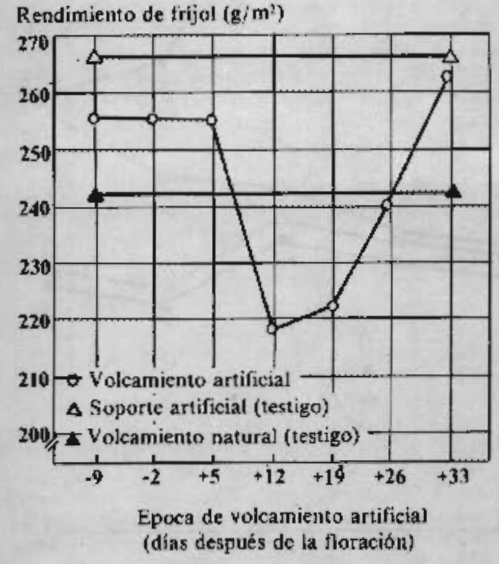


Figura 55. Efecto de la época de volcamiento artificial sobre el rendimiento de la introducción P566 en comparación con parcelas de volcamiento natural y parcelas con soporte artificial.

normal. Los resultados de la Figura 56 muestran el valor relativo del rendimiento y componentes del rendimiento en el nudo 9. Un gran aumento en el rendimiento, a los 0 y 7 días después de la floración, se correlacionó directamente con un aumento en la formación de vainas cuando se eliminó la competencia de los racimos adyacentes. Por otra parte, la remoción de 2/3 de las hojas de todos los nudos adyacentes produjo un leve efecto depresivo sobre el rendimiento. La remoción de hojas a los 14 días después de la floración tuvo también el efecto adicional de reducir el número de granos/vaina. Los efectos sobre el tamaño del grano no fueron significativos en todos los tratamientos.

El mayor número de vainas en el nudo 9 se debió a un aumento en la formación de flores en la posición 2 del racimo, en tanto que la reducción en la formación de vainas se debió a un aumento de la abscisión en la posición 1. Los resultados indican que el suministro de productos de la fotosíntesis controlan, en forma significativa, la formación de vainas. Los efectos menores de la remoción de hojas se deben posiblemente en parte a la movilidad de los productos de la fotosíntesis dentro de la planta, desde el área foliar localizada por encima del nudo 11.

En el mismo cultivo de Porrillo Sintético se aplicaron tratamientos de remoción de hojas en tres niveles: inferior (nudos 3-6), medio (nudos 7-10) y superior (nudos 11-14). Todas las hojas se removieron (incluso las ramas) el día de la floración del nudo central de cada nivel, de tal manera que la reducción de sitios de producción se presentó en la misma etapa fisiológica. De la fecha de remoción de hojas, en el nivel inferior, a la fecha de remoción de hojas, en el nivel superior, hubo una diferencia de cuatro días. En la Figura 57 se presentaron los resultados del rendimiento promedio para cada tratamiento con base en el total de plantas. La importancia relativa del nivel medio se mantuvo a pesar de que

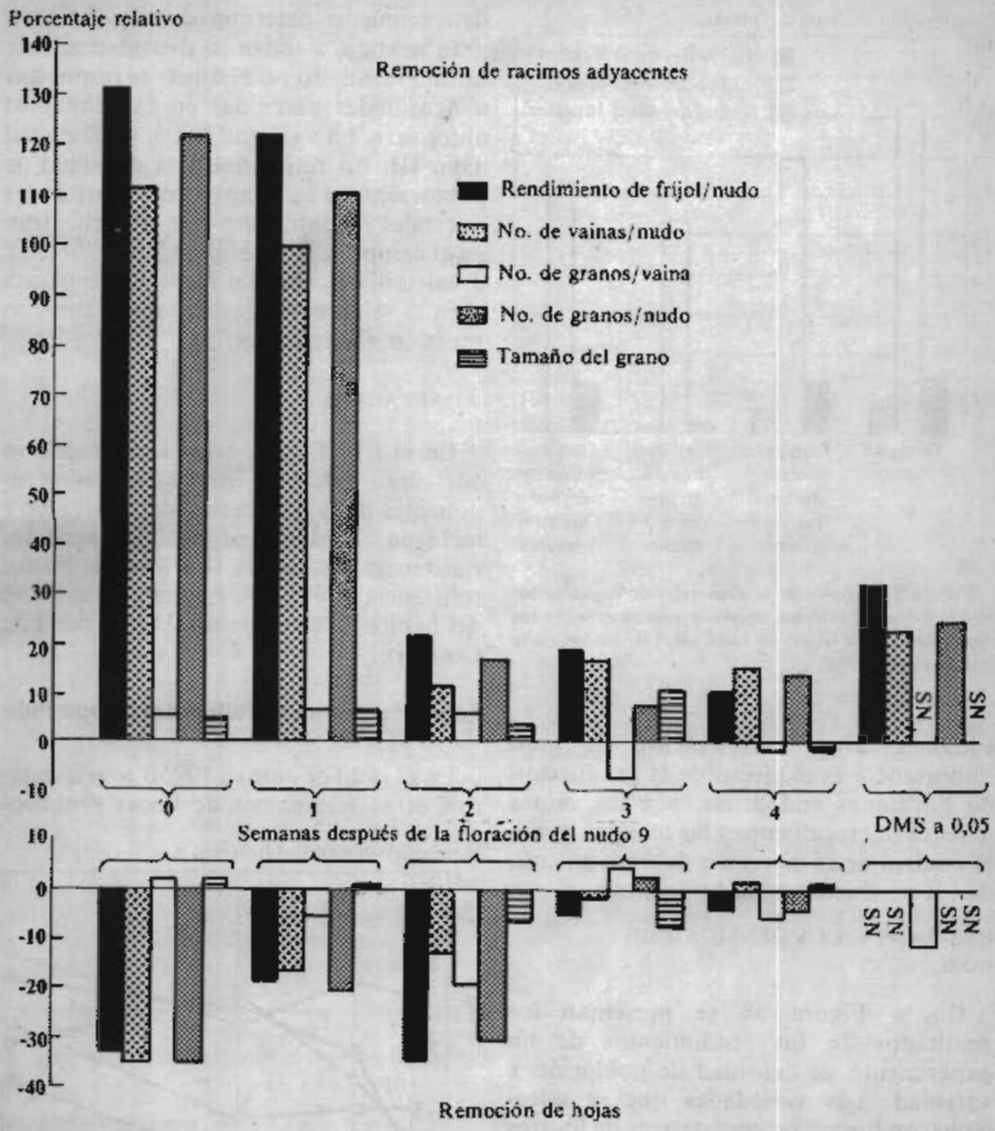


Figura 56. Efecto de la remoción de racimos adyacentes y 2/3 de hojas (en los nudos 7, 8, 9, 10 y 11), en diferentes etapas del crecimiento del nudo 9, sobre el rendimiento y componentes del rendimiento del nudo 9 de la introducción P566; los datos se expresan en porcentajes relativos (plantas testigo: 100%).

todas las hojas del nivel medio se removieron el día de la floración; las primeras vainas formadas en estos nudos continuaron actuando como sitios principales de acumulación que atrajeron los productos de la fotosíntesis elaborados en los niveles superior e inferior No parece existir una verdadera independencia entre cada unidad nodal de sitio de producción-sitio de acumulación. Los productos de la fotosíntesis son muy móviles dentro de la planta y durante el crecimiento de las vainas, se mueven hacia las primeras vainas fertilizadas en forma de atracción polar. Será necesario adelantar estudios con C^{14} para confirmar estas obser-

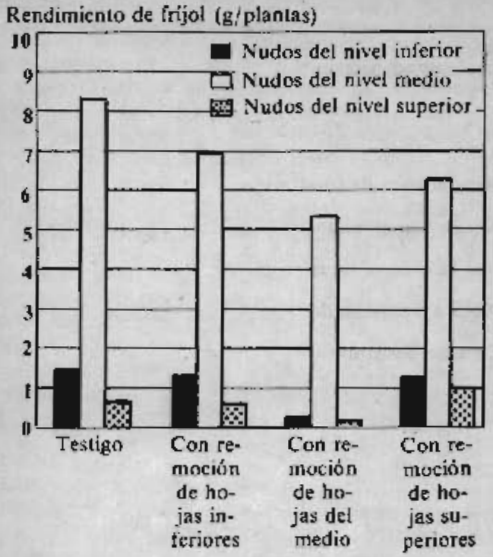


Figura 57. Efecto de la remoción de hojas de los nudos del nivel inferior, medio y superior, sobre los rendimientos de fríjol, en cada nivel de nudos en la introducción P566.

vaciones. Una consideración de gran importancia es el efecto de la producción de hormonas endógenas, por las vainas jóvenes en crecimiento y las semillas, sobre el control de la dirección del movimiento de los productos de la fotosíntesis.

RESPUESTA A LA DENSIDAD DE POBLACION

En la Figura 58 se presentan los resultados de los rendimientos de un experimento de densidad de población x variedad. Las variedades que se seleccionaron fueron representativas de los tres hábitos de crecimiento no trepadores (I-III). En dos experimentos anteriores con P498 (III) casi no se presentó respuesta a la densidad. Estos resultados se confirman en este experimento en el cual se obtuvo un rendimiento de más de 3 ton/ha a una densidad de población de 6 plantas/m² (60.000 plantas/ha). Las variedades de Tipo II respondieron a la variable hasta 24 plantas/m², pero la respuesta de la variedad P566 a una densidad de 48 plantas/m² fue negativa. La variedad P788 de crecimiento determinado respondió, en gran medida, a todas las densidades. Este último resultado no es típico de respuestas a densidades obtenidas en experimentos anteriores. La variedad P006, también del Tipo III, no respondió a la densidad de población en el rango de densidades normales de población que se encuentran en el campo. Estos resultados se refieren a discusiones acerca del ideotipo de planta para selecciones de mejoramiento genético. (Ver página 73).

ADAPTACION

En el CIAT y en otras localidades, se adelantan estudios acerca de los componentes de la adaptación del fríjol seco e incluyen sensibilidad al fotoperíodo, resistencia a la sequía (La Molina, Perú), resistencia al exceso de agua y estabilidad del hábito de crecimiento (Universidad de Cornell).

Selección por insensibilidad al fotoperíodo

En el ciclo de cultivo 1975B se adelantaron otras selecciones de líneas promiso-

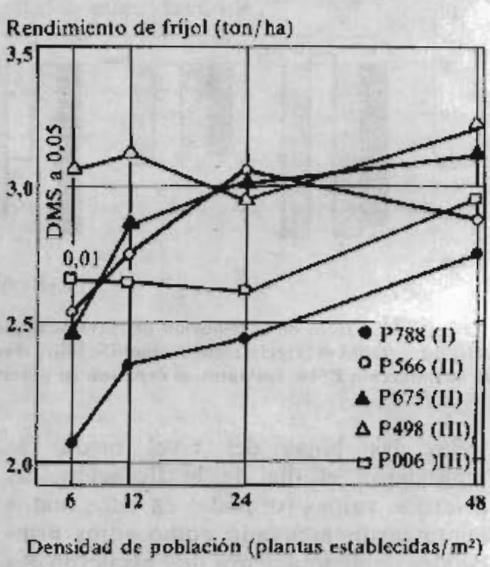


Figura 58. Respuesta del rendimiento de 5 variedades de fríjol, de hábitos de crecimiento I a III, a la densidad de población.

rias. En el segundo grupo, se incluyeron diversas líneas promisorias del Tipo IV. En el Cuadro 29 se presentan la totalidad de los resultados obtenidos hasta el momento para todos los materiales seleccionados por hábito de crecimiento y en el Cuadro 30, por días hasta la floración. En la parte superior de cada cuadro se incluye la definición de las clasificaciones por respuesta al fotoperíodo. De los 278 genotipos individuales seleccionados, el 40 por ciento son insensibles al fotoperíodo bajo las condiciones de temperatura de campo en el CIAT (promedio 23,8°C). La existencia del fríjol trepador (IV), insensible al fotoperíodo, es un descubrimiento importante, aunque parece que entre las variedades del Tipo II existe una mayor proporción de materiales incluidos en el grupo insensible que entre las variedades del Tipo IV. Es necesario adelantar otras evaluaciones entre las variedades del Tipo IV para confirmar estas observaciones preliminares. Aún se continuán los estudios de identificación de líneas insensibles al fotoperíodo y de floración tardía. Muchas de las líneas insensibles al fotoperíodo que se presentan en el Cuadro 30 y que se describen como tardías (más de 44 días para la floración, en días de 12, 20 horas), no han sido estables en esta característica, en diferentes siembras realizadas en la sede del CIAT.

Estabilidad del hábito de crecimiento

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Cornell, en colaboración con el CIAT, demostraron que la reacción del fitocromo controla directamente el grado de hábito de trepar, en las variedades de fríjol arbustivo consideradas como inestables en su hábito de crecimiento (Informe Anual del CIAT, 1974). El suministro de 15 minutos de luz roja, durante la noche, fue suficiente para

Cuadro 29. Resumen de los resultados de todos los materiales seleccionados en 1975 según su clasificación por respuesta al fotoperíodo y hábito de crecimiento*.

Hábito de crecimiento	Respuesta al fotoperíodo (días de retardo de la floración)**					
	(≤ 4)	(4-10)	(11-20)	(21-30)	(>30)	Total
I	17	4	13	6	2	42
	(40,5%)	(9,5%)	(31,0%)	(14,3%)	(4,8%)	100
II	65	18	34	7	3	127
	(51,2%)	(14,2%)	(26,8%)	(5,5%)	(2,4%)	100
III	23	12	13	11	3	62
	(37,1%)	(19,4%)	(21,0%)	(17,7%)	(4,8%)	100
IV	5	5	15	12	10	47
	(10,6%)	(10,6%)	(31,9%)	(25,5%)	(21,3%)	100
Total	110	39	75	36	18	278
	(39,6%)	(14,0%)	(17,0%)	(13,0%)	(6,5%)	100%

* Los datos del Cuadro incluyen el número de genotipos en cada grupo

** Días de retardo de la floración, en días de 18 horas, en comparación con la duración normal del día = 12.20 horas, en la sede del CIAT. (3°N).

Cuadro 30. **Resumen de los resultados de todos los materiales seleccionados en 1975, según su clasificación por respuesta al fotoperíodo y número de días hasta la floración, en días de duración normal de 12,20 horas*.**

Días hasta la floración	Respuesta al fotoperíodo (días de retardo hasta la floración)**					
	(<4)	(4-10)	(11-20)	(21-30)	(>30)	Total
25-29	-	-	1 (50,0%)	1 (50,0%)	-	2 (100%)
30-34	14 (73,7%)	1 (5,2%)	3 (15,8%)	1 (5,2%)	-	19 (100%)
35-39	43 (47,8%)	10 (11,1%)	26 (28,9%)	8 (8,9%)	3 (3,3%)	90 (100%)
40-44	44 (43,1%)	11 (10,8%)	29 (28,4%)	12 (11,8%)	6 (5,9%)	102 (100%)
45-49	7 (19,4%)	8 (22,2%)	12 (33,3%)	6 (16,7%)	3 (8,3%)	36 (100%)
50-54	3 (18,8%)	3 (18,8%)	4 (25,0%)	4 (25,0%)	2 (12,5%)	16 (100%)
55-59	2 (25,0%)	2 (25,0%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	2 (25,0%)	8 (100%)
60-64	-	1 (25,0%)	1 (25,0%)	1 (25,0%)	1 (25,0%)	4 (100%)
65-69	-	-	-	-	1 (100%)	1 (100%)
Total	113	36	77	34	18	278
Porcentaje	41,7%	13,0%	27,7%	12,2%	6,5%	100

* Los datos del Cuadro incluyen el número de genotipos de cada grupo

** Días de retardo de la floración, en días de 18 horas, en comparación con la duración normal del día = 12,20 horas, en la sede del CIAT. (3°N).

inducir el hábito trepador en algunas variedades. Los genotipos indeterminados, que muestran un hábito de crecimiento estable, no tendieron a trepar al aplicarles este tratamiento. La respuesta fue reversible con otro período de luz infrarroja. En la actualidad, se adelantan preparativos para evaluar este método como técnica de selección por estabilidad del hábito de crecimiento, bajo condiciones de campo, en la sede del CIAT.

IMPLICACIONES DEL MEJORAMIENTO GENETICO

La producción de frijol en América Latina se presenta bajo una gran diversidad de condiciones climáticas y sistemas de cultivo y con niveles variables de insumos tecnológicos. Tales diferencias deben ser determinadas y se deben recomendar tipos apropiados de plantas para las principales áreas productoras.

Con base en los experimentos descritos en secciones anteriores, se definieron y recomendaron cuatro ideotipos para el programa de mejoramiento, con metas de selección por hábito de crecimiento, arquitectura de la planta y madurez. A continuación, se presenta un breve resumen de los principales rasgos de cada ideotipo.

Ideotipo de corto período de cultivo

Se recomienda una variedad del Tipo I que madure, más o menos, a los 75 días. El material requeriría plántulas de gran vigor y que antes de la floración produzcan de 8-10 nudos, en un tallo principal erecto. La formación de ramas debe ser mínima. Se requerirían densidades de población cercanas a las 250.000 plantas/ha en virtud de que las características de compensación, a baja densidad, en los genotipos del Tipo I, son deficientes. Dada las limitaciones de la madurez, se puede esperar que el ideotipo produzca un rendimiento no mayor de 2,5 ton/ha, bajo condiciones relativamente buenas.

Ideotipo para condiciones comerciales de altos rendimientos

Este ideotipo se recomienda para mayores niveles de tecnología en los cuales las condiciones del medio ambiente (particularmente, la longitud del período de cultivo) sean buenas y las densidades de población se pueden mantener cerca de 250.000 plantas/ha. Bajo tales condiciones, parece que la mejor alternativa es una planta de floración tardía (50 días o más) del Tipo II que permita altos niveles de producción de nudos antes de la floración, tallo principal y ramas erectas y resistencia al volcamiento, especialmente para localidades donde se practique el monocultivo mecanizado. La variedad P556 tiene muchas características que pueden formar una base genética para obtener este ideotipo. Las investigaciones con esta variedad han identificado importantes factores que limitan el rendimiento y que se deben manipular genéticamente, si se desea lograr un mayor potencial.

Ideotipo para condiciones variables de crecimiento y/o niveles bajos de tecnología

Este ideotipo se requiere para condiciones variables de precipitación, tanto con respecto a la longitud del período de cultivo como a la variabilidad de la precipitación dentro del período y/o para condiciones de densidades de población muy variables y frecuentemente bajas. El ideotipo requeriría la capacidad de compensar una mala distribución de plantas, particularmente en las condiciones de producción de los pequeños agricultores. La variedad P498 (Figura 58) podría formar la base genética del ideotipo Tipo III con características de alta formación de ramas, porte relativamente bajo, período de floración largo y resistencia a la abscisión de flores por escasez de agua.

Probablemente, la necesidad de genotipos con diferente clasificación por madurez, es mayor en este ideotipo que en los otros tres mencionados. El ideotipo requeriría un rendimiento estable, bajo condiciones de crecimiento difíciles, pero que responda cuando las condiciones de crecimiento sean favorables. Sería una ventaja que el ideotipo tuviera la habilidad de mantener la carga de vainas fuera de contacto con la superficie del suelo.

Ideotipo para siembra con maíz

Las investigaciones con fríjol trepador indican que se dispone de tipos trepadores fuertes, con capacidad de producir buenos rendimientos en asociación con maíz. Se iniciaron investigaciones acerca de las limitaciones del rendimiento en fríjol trepador en asociación, con miras a lograr un tipo ideal de planta en esta categoría.

Se considera que en todos los ideotipos, los genotipos deberían tener amplios rasgos de adaptación, tales como insensibilidad al fotoperíodo, insensibilidad a la temperatura (particularmente, con respecto al comportamiento de la floración), resistencia a la sequía, resistencia al exceso de agua en el suelo y un hábito de crecimiento estable. En la actualidad, se adelantan investigaciones sobre estos rasgos de adaptación. Los primeros resultados indican que, dentro de la colección de germoplasma del CIAT, existen fuentes de variación para cada uno de estos caracteres. Muchos de estos requerimientos de adpatación se pueden evaluar a través de pruebas internacionales de los progenitores potenciales en el IBYAN y otros programas.

FITOMEJORAMIENTO

El mejoramiento genético del fríjol enfoca toda la información producida en las diferentes disciplinas del programa hacia la obtención de variabilidad genética, en busca de la recombinación de cualidades —tal como la resistencia a enfermedades e insectos importantes— con altos rendimientos y características de semilla deseables. También, busca el manejo ordenado de progenies híbridas para poner en juego toda la variabilidad genética útil de las hibridaciones.

El énfasis, a corto plazo, del programa de mejoramiento genético de fríjol se hace en la búsqueda de mayor estabilidad del rendimiento en los cuatro grupos principales que se presentan en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Caracteres claves del mejoramiento a corto plazo de 4 grupos importantes de plantas de *Phaseolus vulgaris*.

Grupo de fríjol	Rendimiento (ton/ha)		Carácter clave bajo mejoramiento
	Actual	Esperado	
Arbustivo negro	2,5-3,0	3,0 (estable)	BCMV, roya, Empoasca, maduración variable, antracnosis
Arbustivo de color	1,5-2,3	3,0 (estable)	BCMV, roya, Empoasca, indeterminado/ madurez variable, antracnosis
Trepador negro	2,0 *	2,5 (estable)	BCMV, antracnosis, roya, insensibilidad al fotoperíodo
Variedades comerciales	variable	3,0 (estable)	Factores específicos solicitados por programas nacionales

* Asociado con 40.000 plantas de maíz/ha que dan un rendimiento de 4 ton/ha.

Tal como se indica en este cuadro y en la sección sobre Agronomía(Ver página 35), muchos materiales de semilla negra tienen por lo general rendimientos de 2,5-3,0 ton/ha bajo condiciones de protección. En tanto que la estabilización de tales rendimientos, mediante la incorporación de factores de resistencia a enfermedades e insectos, es una meta razonable y ambiciosa, el aumento del potencial del rendimiento en 0,5 ton/ha en el mismo período demandaría mayor esfuerzo con beneficios mucho menores. En contraste, la diferencia entre los rendimientos existentes y potenciales para el fríjol no negro parece ser mayor, lo cual justifica el mejoramiento simultáneo del aumento del rendimiento y de su estabilidad. El programa espera obtener fríjol de semilla roja con rendimientos iguales a los del fríjol de semilla negra. Rendimientos de 2 ton/ha en fríjol trepador asociado con maíz(Ver página 41)son muy promisorios pero, dado el bajo nivel de insumos utilizados en las fincas pequeñas (en las cuales predominan estas asociaciones), estos rendimientos no serán estables sin resistencia genética. El mejoramiento genético, a corto plazo, en busca de estabilidad del rendimiento, beneficiará al pequeño agricultor a través de un aumento en el rendimiento y a los cultivadores a escala comercial a través de la reducción de los costos de producción.

El Cuadro 31 presenta también los problemas de enfermedades e insectos, a los cuales se ha dado mayor énfasis en el programa de mejoramiento genético. A pesar de que el principal factor que determinó estas prioridades fue la importancia de cada problema en la producción de fríjol en América Latina, también se tuvo que considerar la disponibilidad de fuentes adecuadas de resistencia (donadores), la existencia e importancia de razas/cepas y la facilidad o dificultad de seleccionar un gran número de progenies con una precisión experimental razonable.

A mediano y largo plazo, se espera aumentar en forma significativa el potencial fisiológico del rendimiento de las especies, mediante el desarrollo de cultivares que sean más eficientes en su arquitectura, utilización del ciclo de cultivo disponible y metabolismo de carbohidratos y nitrógeno. Ya se tiene una visión más clara de los requerimientos fisiológicos para lograr mayores rendimientos en las diferentes áreas y sistemas de producción de América Latina (Ver página 73) y en la actualidad, se pueden aumentar las actividades del mejoramiento genético para aumentar el potencial del rendimiento.

ACTIVIDADES EN HIBRIDACION

En 1976, se incrementó sustancialmente el número de nuevos progenitores y de nuevos cruzamientos (Cuadro 32); igualmente, se puso mayor énfasis en los progenitores y cruzamientos de los cuales se podrían esperar poblaciones segregantes con genes deseables para factores múltiples. Para dar apoyo a las prioridades establecidas que aparecen en el Cuadro 31, en la actualidad se está prestando más atención a los cruzamientos orientados hacia la resistencia al mosaico común, roya, antracnosis y Empoasca y también a sus progenitores.

A pesar de que aún no se han hecho cruzamientos extensivos con fríjol trepador (Cuadro 31, grupo 3), muchas de las fuentes básicas de genes de resistencia (como por ejemplo, P699 y P717 para roya) son de hábito de crecimiento del Tipo IV y segregan tipos trepadores recuperables en generaciones filiales.

Mediante la selección continua de las colecciones de germoplasma por resistencia patológica se identificaron fuentes de resistencia con mayores rendimientos que muchas de las fuentes de baja adaptabilidad utilizadas inicialmente en los cruzamientos (Cuadro 33). En forma similar, se obtuvieron fuentes de altos rendimientos a través de la evaluación

Cuadro 32. Número acumulado de progenitores y progenies híbridas, con uno o diversos factores de resistencia, durante 1974-1976 *.

	Mosaico común	Roya	Antracnosis	Empoasca	Dos factores	Cuatro factores	Total
Progenitores							
1974	5	2	1	5	5	-	10
1975	16	15	11	31	16	-	100
1976	28	20	22	47	24	-	178
Progenies							
1974	16	8	2	16	-	0	20
1975	433	279	165	461	-	21	835
1976	1501	1273	786	1841	-	192	3482

* Acumulativo, tanto para progenitores como para progenies (el número de progenitores y progenies utilizado durante 1976 incluye los estudiados en 1974 y 1975).

continua de líneas y cultivares promisorios por las diferentes disciplinas, especialmente la de agronomía. En cada grupo de color se identificaron los materiales representativos de mejor rendimiento y de mayor estabilidad; se encontró que tienen alta prioridad, en términos de la frecuencia de su inclusión en cruzamientos. Son escasos los progenitores no negros que combinen el potencial del rendimiento con más de un factor de resistencia; un punto sobre el cual se hizo mucho énfasis fue el de la recuperación de tales materiales de las progenies de cruzamientos realizados con anterioridad.

Cuadro 33. Rango y promedio del rendimiento de donadores con genes mayores o resistencia de campo a factores claves que limitan la producción, utilizados en el CIAT durante 1974-1976*.

	No. de donadores		Rendimiento potencial (ton/ha)	
Año	Total	Con datos de rendimiento	Rango	Promedio
1974	7	7	1,9-3,3	2,5
1975	29	13	1,2-3,3	2,5
1976	58	27	1,9-3,3	2,7

* Donadores con resistencia al VMCF, roya, antracnosis o Empoasca.

Dada la amplia capacidad de cruzamientos en el programa, se hicieron muchos cruces para los programas nacionales. Estos programas por lo general, buscan introducir resistencias específicas en variedades comerciales importantes. En los casos en que es posible lograr este objetivo, estos materiales se seleccionan en el CIAT bajo condiciones de inoculación en generación F_2 y posteriormente, se envían directamente al programa nacional para hacer con ellos selecciones posteriores.

PRUEBA Y SELECCION DE PROGENIE

Estudios realizados por algunos becarios del grupo de mejoramiento genético demostraron que no fue efectiva la selección de plantas individuales en la primera generación en busca de características de rendimiento. Los rendimientos de selecciones de plantas individuales en generación F_2 de cinco cruces sencillos, no fueron significativamente diferentes de los del mejor progenitor y del total no seleccionado (Cuadro 34). Los resultados de otros estudios no presen-

Cuadro 34. Rendimiento (kg/ha) de familias procedentes de selecciones individuales de plantas en generación F_2, en comparación con el mejor progenitor y el total no seleccionado de 5 cruzamientos sencillos*.

Cruzamiento	Mejor progenitor	Selecciones en F_2			Prueba ANOVA
		No.	Rendimiento promedio	Masa	
2 P6 x P459	2.300	3	2.353	2.327	NS
9 P459 x P568	2.233	7	2.287	2.300	NS
11 P8 x P459	2.233	3	2.087	2.367	NS
16 P4 x P459	2.233	6	2.120	2.540	NS
17 P4 x P566	2.820	3	2.393	1.967	*

* Promedio de 3 replicaciones: DMS a 0,05 - 593 kg; CV = 19.6.

taron ventaja alguna de los cruzamientos dobles, sobre los cruzamientos sencillos.

Ante esta dificultad, se desarrolló un plan de selección masal progresiva en el que la selección de las primeras generaciones se enfoca hacia los principales genes de alta heredabilidad con resistencia a enfermedades (BCMV y roya). El rendimiento, la tolerancia a Empoasca y resistencia a la antracnosis se evalúan en generaciones posteriores, de las que se dispone mayor cantidad de semilla y familias más homocigotas (Figura 59). Se están desarrollando procedimientos mejorados de selección para la obtención de estos últimos caracteres y se aplicarán en pruebas de progenie y selección recurrente, para obtener mayores niveles de resistencia.

Como es esencial mantener variabilidad genética para el rendimiento, arquitectura de la planta y colores de semilla en las generaciones avanzadas, las etapas iniciales de la selección masal progresiva demandan un amplio esfuerzo en términos del manejo de la semilla, técnica de inoculación y tierra de labranza. Es así como en noviembre de 1976, se inocularon manualmente 100.000 plantas F_2 con BCMV (Figura 60). La necesidad de tales selecciones masales debe disminuir rápidamente a medida que se identifiquen progenies de amplia base genética y que sean homocigotas para, por lo menos, dos factores claves de resistencia. A pesar de esto, la presencia de genes modificadores en algunos cultivares hospedantes y de variabilidad genética (cepas/razas) en el patógeno, se necesitará reevaluar algunos grupos de progenie y probar, a nivel internacional, familias en generaciones F_4/F_5. Esto no es sorprendente ni inconveniente, ya que las preferencias locales por color de la semilla y tipo de grano, demandan evaluación y selección a nivel nacional.

También se presentaron dificultades en la selección de tipos promisorios en cuanto a arquitectura de la planta, entre poblaciones segregantes de la generación F_2. Como se mencionó con anterioridad, muchas poblaciones F_2 se derivan de cruzamientos que incluyen progenitores del Tipo IV. La selección en dichas poblaciones segregantes, en densidades normales de cultivo, resulta en la eliminación de los genotipos menos competitivos, los cuales, en otras siembras de menor escala probaron ser los materiales que mejor respondieron a altas densidades y manejo intensivo. En la actualidad, se adelantan estudios acerca de los efectos diferenciales de la competencia intergenotípica en relación con la selección de progenie y se enfocan hacia el desarrollo

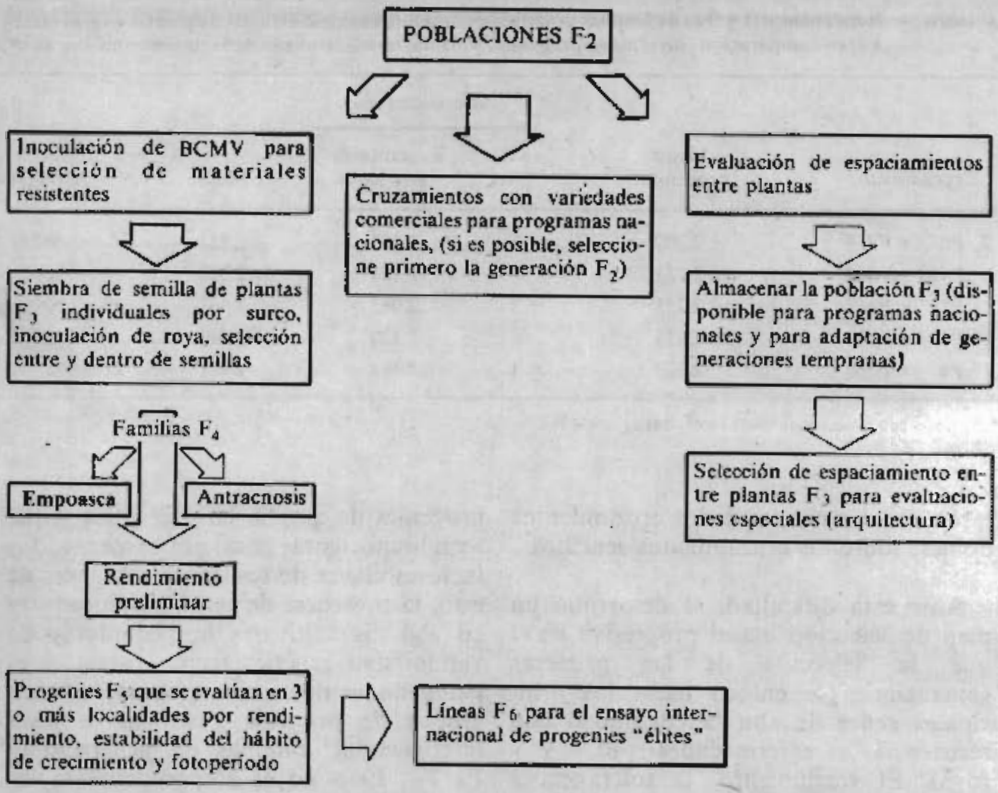


Figura 59. Esquema de la selección masal progresiva utilizada por el CIAT en el programa de mejoramiento genético de fríjol.

de un esquema de sistema de siembra y manejo genético que minimice los efectos de la competitividad fenotípica (hábito-arquitectura) x medio ambiente (espaciamiento) sobre la selección de genotipos de altos rendimientos.

Hasta que se disponga de dichos resultados, las poblaciones F_2 se siembran a ciertas distancias para que el fitomejorador, fisiólogo y patólogo las evalúen simultáneamente (Figura 60). La selección por arquitectura de planta y componentes del rendimiento ha sido extremadamente difícil, en virtud del "problema X", el cual se presenta en fríjol en el Valle del Cauca y se encuentra en estudio por los grupos de patología y de agronomía del Programa de Fríjol (Ver página 14), principalmente debido a la especificidad varietal de la condición.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACION SOBRE LOS CRUCES

En 1976, se prestó bastante atención al desarrollo de un sistema integrado de información, el cual no solamente define los orígenes de muchos cruzamientos realizados y los factores que son deseables para la selección en cada población híbrida, sino que también mantiene en forma computable y actualizada los resultados de las evaluaciones de progenie. Este sistema ayuda a las diferentes disciplinas científicas en la ejecución de sus programas de selección de progenie, permite al fitomejorador la mejor



Figura 60. La primera fase del procedimiento de selección masal es seleccionar por resistencia al virus del mosaico común (BCMV) con el fin de mantener alta variabilidad genética en los materiales uniformemente resistentes a las principales plagas y enfermedades. Las fotografías ilustran aspectos de la inoculación de campo de plantas F_2 con suspensiones del BCMV.

planeación de sus cruzamientos y asegura que se obtengan las máximas ventajas de la variabilidad genética en las progenies segregantes.

El manejo de las progenies se facilita aún más mediante la utilización de tarjetas de información que sirven como material de consulta en el trabajo de campo. Estas

tarjetas se pueden fotocopiar e incluirlas en los lotes de semilla distribuida.

EVALUACION DE PROGENIES EN DIVERSAS LOCALIDADES

Diversos factores demandan que, si el suministro de semilla lo permite, las nuevas progenies sean transferidas rápidamente a un sistema de evaluación en diversas localidades. Estos factores incluyen: a) la importancia del tamaño y color de la semilla para los intereses de los programas nacionales; b) el comportamiento atípico de diversas fuentes de resistencia al BCMV al someterlas a prueba en Palmira; c) la existencia de diferencias significativas entre razas de enfermedades, como la roya, en las diferentes áreas de América Latina; d) distintos requerimientos en lo que respecta a época de maduración; e) la necesidad de que los programas nacionales mantengan un interés y participación activa y f) la ausencia de ciertas enfermedades y plagas insectiles importantes en Colombia.

Para mediados de 1977, el programa de mejoramiento genético de fríjol estará en capacidad de producir 2.000-3.000 familias en generaciones F_4-F_5 por semestre. Se está haciendo la planeación para implementar dos sistemas de evaluación en diversas localidades:

1. Un ensayo de progenie en tres localidades, dentro o cerca de Colombia, bajo el control del Programa, con el fin de seleccionar un número considerable de progenies.

2. Viveros internacionales "élites" para distribuirlos con base en las preferencias de los programas nacionales y coordinados por el grupo de agronomía del Programa de Fríjol.

Estas evaluaciones multilocales alcanzarán mucha importancia en 1977, cuando el programa de fitomejoramiento inicie los cruzamientos entre progenies con resistencia homogénea a diversas enfermedades claves.

ECONOMIA AGRICOLA

El objetivo principal del grupo de economía de Fríjol ha sido identificar las limitaciones más importantes para lograr el aumento de la producción y la productividad del fríjol. Uno de los enfoques ha sido la identificación de los factores que inciden sobre los rendimientos del fríjol a nivel de finca. Para lograr este objetivo y comprender mejor los sistemas de producción de fríjol, durante 1974-1975 se hicieron entrevistas de campo, en forma intensiva, en cuatro regiones de Colombia. En el Cuadro 35 se resume la localización de estas regiones y el número de observaciones en cada una de ellas. En el Informe Anual del CIAT, 1975 se presentaron algunos de estos resultados sobre incidencia de enfermedades e insectos, utilización de insumos y factores que afectan la productividad del fríjol en el Valle del Cauca. El presente informe se concentrará en las regiones de Huila y Nariño.

En primer lugar, es muy útil revisar las características de producción en las cuatro

Cuadro 35. Número de fincas entrevistadas en los 4 departamentos de Colombia incluidas en el estudio sobre economía de fríjol (1974-1975).

Región	No.
Valle	31
Huila	105
Nariño	19
Antioquia	22
Total	177

regiones (Cuadro 36). El Valle se caracteriza por fincas de gran extensión, en las cuales se utilizan altos niveles de insumos y se produce fríjol negro de grano pequeño, en condiciones de monocultivo, principalmente para exportación. Las otras tres regiones se caracterizan por fincas de menor tamaño, en las cuales se utilizan menos insumos y se produce fríjol rojo, de grano grande, en combinación con otros cultivos, con rendimientos ligeramente menores en términos equivalentes de fríjol* Un sistema de cultivo de fríjol, practicado en Antioquia produjo rendimientos sustancialmente superiores a los demás; sin embargo, el ciclo de cultivo tuvo una duración de 14 meses en comparación con sólo 4 meses en el Valle. La utilización de insumos en Antioquia también fue muy alta.

Los rendimientos variaron sustancialmente entre fincas de cada zona. En el Cuadro 37 se presentan los rendimientos promedio de una muestra pequeña de cinco fincas, representativas de cada extremo de la distribución del rendimiento. En las cuatro regiones, pequeños grupos de agricultores obtuvieron mayores rendimientos que los esperados*, debido a la utilización de un paquete tecnológico de

* Los equivalentes de fríjol convierten a los otros productos en fríjol mediante la multiplicación de sus rendimientos por los precios relativos. Véase el pie del Cuadro 36.

* Estos estimativos subjetivos de rendimiento potencial con dos tipos de tecnologías se obtuvieron a partir de estimativos obtenidos por científicos del Programa de Fríjol e incluyeron un descuento del 30 por ciento entre los rendimientos en la estación experimental y rendimientos a nivel de finca. Para mayores detalles véanse los pie 4 y 5 del Cuadro 37.

Cuadro 36. **Características de fincas productoras de fríjol, en 4 departamentos de Colombia.**

Características de las fincas (promedio)	Regiones			
	Valle	Huila	Nariño	Antioquia
Superficie total (ha)[1]	91,7	29,5	9,2	4,4
Superficie de cultivo (ha)	40,5	6,8	3,1	1,7
Superficie con fríjol (ha)	22,6	4,1	1,8	1,5
Sistemas de producción de fríjol[2]	monocultivo	30% monocultivo (principalmente en tierras planas) 70 % fríjol/maíz (principalmente en tierras pendientes)	fríjol/maíz	54% fríjol/maíz 46% fríjol/maíz/papa fríjol/maíz/arracacha otros
Tipo de fríjol	arbustivo negro	arbustivo rojo	arbustivo rojo	trepador rojo
Rendimiento de fríjol en monocultivo (kg/ha)	906	805	–	
Rendimientos equivalentes en fríjol (kg/ha)[3]	[4]	834	732	723[5] 2.754[6]

1 Superficie total disponible para el agricultor
2 Con más de un sistema de producción de fríjol; los porcentajes se refieren al número de agricultores en cada categoría
3 Los equivalentes de fríjol se calculan con los precios de los otros productores en relación con el fríjol, en la siguiente forma:

$$(\text{Rendimiento fríjol}) + \frac{\text{Precio maíz}}{\text{Precio fríjol}} (\text{Rendimiento maíz}) = \text{rendimiento equivalente en fríjol}$$

4 El fríjol en el Valle del Cauca se puede cosechar a los 3,5 meses y seguir con otro cultivo.
5 Se refiere a la primera combinación intercalada de fríjol/maíz
6 Se refiere a las segundas combinaciones intercaladas de fríjol/maíz/papa; fríjol/maíz/arracacha y otros.

Cuadro 37. **Mayores y menores rendimientos de una muestra de estudio, en 4 departamentos de Colombia y rendimientos potenciales en monocultivo, con tecnologías de bajo y alto costo.**

	Regiones			
Rendimientos	Valle	Huila	Nariño	Antioquia
Mejores rendimientos[1]	1.773	1.563	1.193	3.379
Diferencias entre el mejor agricultor y el promedio (%)	96%	87%[2]	63%	23%[3]
Rendimientos más bajos[1]	245	239	368	184
Rendimientos esperados a nivel de finca con variedades mejoradas y mejores prácticas culturales, en monocultivo[4]	1.500	1.000	1.000	1.000
Rendimientos esperados a nivel de finca con variedades mejoradas, mejores prácticas culturales y alto nivel de insumos, en monocultivo[5]	2.200	1.600	1.600	1.600

1 Para cada región se calculó el promedio de los 5 mejores y peores rendimientos; rendimientos de monocultivo en el Valle del Cauca y de asociación en las otras regiones. No se presentaron valores extremos
2 Comparados con los rendimientos equivalentes en fríjol
3 Comparado con los rendimientos promedio de las asociaciones más rentables de fríjol/maíz/papa; fríjol/maíz/arracacha y otras
4 Estimativos subjetivos de rendimiento promedio para variedades mejoradas con densidad de siembra recomendada, época de siembra y utilización de semilla limpia. A los rendimientos experimentales se les hizo una reducción del 30% para hacer los ajustes necesarios por diferencia en la calidad del suelo y habilidad administrativa
5 Además de las variedades nuevas y mejores prácticas culturales, la utilización de un alto nivel de insumos implica altos niveles de fertilización y otros productos químicos agrícolas. Sin embargo, no se incluyó el valor de las operaciones de riego

bajo costo para fríjol en monocultivo. En varias ocasiones, este grupo de agricultores logró mayores rendimientos que los estimados como posibles con la utilización de un paquete tecnológico de alto costo. Una implicación de este hecho, que podría ayudar a orientar las estrategias del Programa de Fríjol, es la necesidad de comprender mejor el por qué algunos agricultores obtienen mayores rendimientos que otros.

Se supone que los rendimientos sean una función de los insumos utilizados, prácticas culturales, fertilidad natural del suelo, clima e incidencia de insectos y enfermedades. La siguiente regresión explicó casi las dos terceras partes de la variación de los rendimientos de fríjol, entre fincas, en las regiones del Huila y Nariño (Cuadro 38).

Se asumió que la muestra anterior en la regresión es representativa del área del Huila y Nariño. Mediante el uso de un área estimada de cultivo de fríjol asociado con maíz de 23.000 hectáreas, se hicieron algunos estimativos para las dos regiones de los efectos totales que ejercen los diversos factores sobre los rendimientos (Cuadro 39).

El factor más importante que determina los rendimientos del fríjol, es el sistema de cultivo. A mayor densidad de siembra de maíz, menores serán los rendimientos del fríjol. La asociación de cultivos a largo plazo resulta en menores beneficios y menores riesgos, por lo que los agricultores que están en capacidad de asumir mayores riesgos, gradualmente cambian a la producción de fríjol en monocultivo, a la mayor utilización de insumos y mayores

Cuadro 38. Resultado de regresión del análisis de rendimiento de fríjol para los departamentos de Huila y Nariño, Colombia.

Factor	Coeficiente de regresión	Unidad	Valor promedio de la variable	Nivel de confiabilidad
Población de plantas de maíz	-11,3	Ha (miles)	17,9	0,99
Topografía del lote	82,5	Sustituto**	0,62	0,94
Trips	-1,9	Lote (%)	25	0,98
Empoasca	-0,1	Ha (miles)	383	0,99
Contenido de potasio en el suelo	92,3	Sustituto**	0,28	0,96
Rastrojo antes del cultivo de fríjol	-63,7	Sustituto**	0,39	0,90
Virus	-104,6	Sustituto**	0,76	0,99
Antracnosis	-4,8	Vainas (%)	4,7	0,98
Mildeu	-6,4	Area foliar (%)	3,4	0,99
Pudrición del tallo	-8,7	Lote (%)	2,3	0,99
Mancha angular de la hoja	-45,9	Area foliar (%)	0,43	0,99
Condiciones de precipitación	58,1	Sustituto**	0,32	0,84
Contenido de materia orgánica en el suelo	63,2	Sustituto**	0,27	0,83
Población de plantas de fríjol	3,1	Ha (miles)	-	0,83
(Población de plantas de fríjol)**	-0,008	Ha (miles)**	-	0,74
Costos variables*	0,067	Col $/ha	1.900	0,99
Contenido de fósforo en el suelo	0,013	ppm	53	0,05

$R^2 = 0.64$
Y = 599 kg/ha de fríjol
No. de observaciones = 88

* Sólo se incluyen los datos de producción de fríjol y sirve como sustituto para todos los insumos. La mano de obra familiar se valoró con base en la tasa de salarios.

** Las definiciones de las variables sustitutas fueron las siguientes:

- Topografía del lote - 0 pendiente; 1 plano
- Contenido de potasio en el suelo - 0 deficiente; 1 adecuado
- En rastrojo antes del cultivo de fríjol - 0 en cultivos el año anterior; 1 en rastrojo el año anterior
- Virus - 0 sin enfermedad; 1 existencia de la enfermedad
- Condiciones de precipitación - 0 consideradas por el agricultor como excesivas o deficientes; 1 consideradas adecuadas
- Contenido de materia orgánica - 0 deficiente; 1 adecuado

Nótese que sólo fue sorpresivo el anterior patrón de cultivo. Se esperaba que el suelo sería más fértil si no se hubiera cultivado el año anterior. La interpretación que se dio a este hecho es que una mala preparación del suelo, después de un período en rastrojo, resultó en rendimientos más bajos.

períodos de almacenamiento para evitar el descenso estacional de los precios*.

* Camilo Alvarez P. "Análisis Económico Comparativo de Dos Sistemas de Producción de Fríjol: Zona Sur del Huila-Colombia", M.S. Tesis. Universidad Católica. Santiago, Chile, 1976. En la muestra anual, el cultivo asociado produjo beneficios ligeramente superiores; sin embargo, si se considera la totalidad de la distribución de los beneficios para los dos sistemas de producción, la producción de fríjol en monocultivo dió mayores beneficios a mayores niveles de riesgo. Véase la página 47.

Además de la reducción del riesgo, los cultivos asociados pueden reducir la lixiviación y erosión, especialmente en terrenos pendientes, y estimula un aumento en la fijación de nitrógeno (Ver página 30). Para la topografía, segundo factor en importancia, es poco lo que puede hacer el agricultor además de cultivar en otros terrenos, de tal manera que esta variable tiene poca importancia.

Los trips y Empoasca se pueden con-

Cuadro 39. **Pérdidas estimadas en producción de fríjol en asociación con maíz, debidas a distintos factores, en las regiones de Huila y Nariño, Colombia, 1975.**

Factor	Pérdida estimada en un lote totalmente afectado		Rendimiento promedio estimado y pérdidas totales en producción		
	(kg/ha)	(%)*	(kg/ha)	(%)*	Pérdida total en producción (ton)**
Presencia de maíz	202	25,2	202	25,2	4.650
Topografía pendiente	83	12,1	51	7,9	1.176
Trips	187	23,8	47	7,2	1.078
Empoasca	n.a.	n.a.	46	7,1	1.054
Virus	539***	90,0***	105	17,4	761
Bajo contenido de potasio en el suelo	92	13,3	25	4,1	584
Rastrojo antes del cultivo de fríjol	64	9,6	25	4,0	572
Antracnosis	484	44,7	23	3,6	521
Mildeu	total	100,0	22	3,5	500
Pudrición del tallo	total	100,0	20	3,2	463
Mancha angular de la hoja	total	100,0	20	3,2	454
Baja precipitación	58	8,2	18	3,0	421
Bajo contenido de materia orgánica en el suelo	63	9,5	17	2,7	387
Densidad no óptima de fríjol	14	2,3	14	2,3	327

* Porcentaje estimado con base en la pérdida estimada debida al factor en particular, dividida por el rendimiento promedio

** Con base en un área total de 23.000 ha, sembrada con asociaciones de fríjol/maíz en las 2 regiones

*** No fue posible, al utilizar la regresión, estimar las pérdidas en lotes totalmente afectados. El estimativo de 90% se basó en datos experimentales obtenidos de inoculación de las variedades, durante la misma semana, en la cual se observó el ataque del virus (Ver página C-46 del Informe Anual del CIAT, 1975).

trolar con aspersiones de insecticidas sistémicos, después de identificar las plagas en el campo. En el CIAT también se adelantan investigaciones sobre resistencia genética a **Empoasca** (Ver páginas 17 y 74). Las cuatro enfermedades, sin incluir al mildeu, condujeron a una pérdida total de producción de 2.199 toneladas en las dos regiones (reducción del rendimiento 168 kg/ha). Se podrán controlar estas cuatro enfermedades con semilla limpia y tratada? Esta sería una tecnología de bajo costo y bajo riesgo que aumentaría el promedio de los rendimientos en casi 28 por ciento, bajo el supuesto de que la enfermedad no se presente en el campo después de erradicarla de las semillas. El incremento en el rendimiento es bajo; sin embargo, los rendimientos promedio también son bajos y la distribución de la semilla limpia y mejorada sólo incluiría un pequeño gasto por parte del agricultor.

Es posible aumentar, en un determinado país, los rendimientos agregados mediante: a) la ayuda o colaboración de todos los agricultores con el objetivo de lograr mejores rendimientos, b) la introducción de variedades adaptadas, con mayores potenciales de rendimiento que las que

utilizan normalmente los mejores agricultores, y c) una combinación de estas dos estrategias. Dada la importancia del riesgo debido a las enfermedades, insectos y fluctuaciones del precio, los métodos de bajo costo para reducir el riesgo de factores estocásticos, tales como las enfermedades e insectos, pueden tener un impacto mayor sobre los rendimientos agregados, a través del tiempo, que los métodos de alto costo para maximizar el potencial fisiológico del rendimiento.

Los resultados de las investigaciones en Huila y Nariño recomiendan la estrategia potencial de mejorar variedades de fríjol por resistencia o tolerancia a una serie de enfermedades, insectos y bajas condiciones de fertilidad del suelo, de tal manera que se pueda desarrollar un paquete de insumos de bajo costo que podría adoptar un agricultor pequeño que evita los riesgos. Con esta estrategia, el sector público (CIAT y los gobiernos nacionales) hace las inversiones, en lugar de que el agricultor pequeño se vea obligado a utilizar insumos (fertilizantes, insecticidas y fungicidas) en altos niveles y en consecuencia, exponerse a un mayor riesgo y a la necesidad de obtener suficiente crédito para financiar la compra de insumos, lo cual representa un gasto considerable.

ACTIVIDADES DE COOPERACION INTERNACIONAL

En 1975, el Programa de Fríjol asumió la responsabilidad, ante el Grupo Consultivo para Investigaciones Agrícolas Internacionales (GCIAI), de desarrollar y coordinar una red latinoamericana de investigadores de fríjol. Los científicos del Programa consideraron que cada programa nacional de fríjol debería presentar una situación única a la cual se haría frente, en forma diferente y de acuerdo con el grado de desarrollo, necesidades y prioridades locales e interés en colaborar con el CIAT. En consecuencia, se acordó dividir la tarea de mantener contacto con los programas nacionales; cada científico aceptó la responsabilidad de cooperar hasta con tres países asignados (Figura 61).

Con el fin de que los científicos de los programas nacionales tuvieran una visión más amplia de las actividades del CIAT, el personal del Programa de Fríjol visitó los respectivos países asignados e invitaron a visitar el CIAT a los líderes de los programas de investigación y a aquellos científicos que tuvieran gran experiencia en relación con el cultivo de fríjol. En 1976, se incrementaron los servicios de adiestramiento y documentacion, los cuales en la actualidad, son actividades básicas del Programa. En consecuencia, 38 científicos graduados fueron adiestrados en las distintas disciplinas del programa, (Ver Programa de Adiestramiento y Conferencias), en tanto que se enviaron tarjetas de documentación a 417 científicos de 43 países. Hasta el momento se han identificado y procesado más de 1.500 artículos sobre fríjol.

En términos más concretos, el CIAT estuvo en capacidad de proporcionar germoplasma y asistencia técnica a los programas interesados. En una sección anterior se incluyó información sobre el primer Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN) (Ver página 39). En la Figura 62 se presentan otras actividades básicas, incluso el segundo Vivero de Resistencia a la Roya (Ver página 8). Estas actividades incluyeron:

1. En diversas localidades de Guatemala, El Salvador y Brasil se sometieron a selección, para encontrar tolerancia al virus del mosaico dorado, 3.000 introducciones del



Figura 61. Países de América Latina con los cuales han adquirido responsabilidades los miembros del Programa de Fríjol del CIAT, durante 1976.

germoplasma. En Colombia, la incidencia del VMDF es limitada, pero es una enfermedad de importancia mayor en muchas regiones de América Central y en Brasil.

2. En Nicaragua, El Salvador y Honduras se reevaluaron 19 introducciones que al revisar la literatura sobre este tema aparecían citadas como resistentes a *Apion godmani*. Se confirmó la resistencia de las introducciones Negro 151 y Puebla 152 y se inició un programa de cruzamientos para incorporar esta resistencia en variedades comerciales de América Central.

   En Perú, también se sometieron a selección 180 cultivares por resistencia a *Epinotia aporema;* la introducción G 04421 fue resitente a **Epinotia** y a **Empoasca**.

3. El Programa adelantó análisis de suelos y recomendaciones de fer-



Figura 62. Localidades y tipos de actividades colaborativas, adelantadas por el Programa de Frijol del CIAT, durante 1976.

tilización para la región de El Paraiso, en Honduras. Como todos los suelos resultaron deficientes en nitrógeno, se prepararon experimentos colaborativos de inoculación y fertilización en siete localidades de la región. También, se adelantan experimentos similares en República Dominicana, Venezuela y Colombia.

4. Tomando en consideración el tiempo que se requiere, la experiencia necesaria y las facilidades físicas que se deben tener para hacer cruzamientos orientados hacia objetivos específicos, varios programas nacionales solicitaron colaboración al Programa de Fríjol del CIAT. Algunos de esos objetivos específicos fueron: alto rendimiento y resistencia a enfermedades de los nuevos cruces. En consecuencia, de los 155 progenitores del programa de cruzamientos, se incluyeron más de 20 a solicitud de los programas nacionales; los materiales segregantes se han enviado a numerosos países. Además, el CIAT se ha encargado de la multiplicación de materiales de primera generación provenientes de

Chile, Guatemala y Honduras en épocas de cultivo fuera de lo normal.

5. En Perú, con la colaboración de la Universidad de Cornell, se continuaron los estudios de tolerancia a la sequía.

APENDICE

Referencia de los cruzamientos de las introducciones promisorias del CIAT mencionadas en este informe: números de registro en Banco de Germoplasma, identificación y país del cual provienen.

Variedad promisoria del CIAT (no.)	No. de registro Banco de Germoplasma, CIAT	Identificación	Fuente de la semilla
P004	02115	PI 310-878	Estados Unidos
P006	02005	PI 310-739	Estados Unidos
P008	02056	PI 310-814	Estados Unidos
P009	02959	Pecho Amarillo	Guyana
P011	03729	Argentina 2	Venezuela
P014	02146	PI 310-909	Estados Unidos
P017	03719	México 12-1	Venezuela
P039	00093	PI 150-948 Canario	Estados Unidos
P074	00184	PI 166-066 Shimi	Estados Unidos
P092	00310	PI 169-855	Estados Unidos
P199	01220	PI 196-927 Criollo	Estados Unidos
P209	01259	PI 201-333	Estados Unidos
P225	04433	PI 207-130 Panameno	Estados Unidos
P226	01308	PI 207-198 CCGB 44	Estados Unidos
P235	01362	PI 209-488	Estados Unidos
P252	01070	PI 281-980	Estados Unidos
P259	01093	PI 282-063	Estados Unidos
P261	01101	PI 282-086 Rocha	Estados Unidos
P278	01679	PI 306-149 Caraota	Estados Unidos
P302	01820	PI 309-804	Estados Unidos
P320	01967	PI 310-686	Estados Unidos
P322	01995	PI 310-724	Estados Unidos
P325	01999	PI 310-732	Estados Unidos
P326	02006	PI 310-740	Estados Unidos
P334	02034	PI 310-784	Estados Unidos
P337	02045	PI 310-797	Estados Unidos
P347	02164	PI 311-780	Estados Unidos
P349	02281	PI 311-930	Estados Unidos
P352	02326	PI 311-991	Estados Unidos
P358	02382	PI 312-064	Estados Unidos
P364	02540	PI 313-653	Estados Unidos
P381	02935	PI 343-734	Estados Unidos
P392	04498	Sanilac	Estados Unidos
P393	03736	I 1012 Alabama I	Venezuela
P401	03065	Blanco 137	Guyana

Continuación

Variedad promisoria del CIAT (no.)	No. de registro Banco de Germoplasma, CIAT	Identificación	Fuente de la semilla
P402	03807	Brasil 2 Bico de Ouro	Venezuela
P417	03696	Colección 12D I-964	Venezuela
P420	03607	CCGB44 I-462 CR12	Venezuela
P432	03153	Fríjol de Parra 350	Guyana
P437	03128	Negro 321	Guyana
P443	03223	Negro Cahabon 453	Guyana
P449	03451	Guanajuato 116	México
P458	04454	ICA-Tui	Colombia
P459	03645	Jamapa I-810	Venezuela
P464	04354	México 114	México
P466	03852	Miranda 5	Venezuela
P481	04206	N 257 Sal Rico de M Gera	Costa Rica
P488	04142	Porrillo 70 N-579	Costa Rica
P498	03353	Puebla 152	México
P502	03366	Puebla 240 A	México
P503	03371	Puebla 298	México
P509	04487	San Pedro Pinula 72	Guyana
P511	03627	S 182 N I-714	Venezuela
P512	04122	S 166 A N N-555	Costa Rica
P514	03879	Sucre 5	Venezuela
P517	03843	Seminole I-1158	Venezuela
P520	04116	S 387 N N-563	Costa Rica
P522	03937	B 26 S-204-B1	Costa Rica
P524	04421	C 63 S-630-B	Costa Rica
P525	03871	Trujillo 2	Venezuela
P526	03872	Trujillo 3	Venezuela
P527	03874	Trujillo 7	Venezuela
P540	03784	Venezuela 29 I-1071	Venezuela
P559	03733	50600 I-1009	Venezuela
P560	03834	51051 I-1138	Venezuela
P566	04495	Porrillo Sintético	Honduras
P567	05478	Tara	Estados Unidos
P568	05479	PR S 70 15 RST B K	Costa Rica
P569	05481	Cacahuate 72	México
P579	02703	PI 313-868	Estados Unidos
P588	04455	ICA-Huasanó	Colombia
P589	02525	PI 313-624	Estados Unidos
P590	05702	Cargamanto	Colombia
P591	00197	PI 167-201 Aysekadin	Estados Unidos
P597	01222	PI 196-932 *P. acutifolius*	Estados Unidos
P598	01239	PI 199-041 I Iangaza	Estados Unidos
P634	05683	ICA-Duva	Colombia

Referencia de los cruzamientos de las introducciones promisorias del CIAT mencionadas en este informe: número de registro en Banco de Germoplasma, identificación y país del cual provienen.

Variedad promisoria del CIAT (no.)	No. de registro Banco de Germoplasma, CIAT	Identificación	Fuente de la semilla
P635	04452	ICA-Gualí	Colombia
P637	04523	Línea 17	Colombia
P643	04459	NEP 2	Costa Rica
P646	00881	PI 203-958 N 203	Estados Unidos
P662	02472	PI 313-343	Estados Unidos
P667	04191	Colección 166 N	Costa Rica
P668	04190	Colección 168 N	Costa Rica
P675	04525	Línea 32 ICA-Pijao	Colombia
P684	01320	PI 207-262	Estados Unidos
P685	05694	Cornell 49 242	Estados Unidos
P692	04494	Diacol – Calima	Colombia
P693	05653	Ecuador 299	El Salvador
P694	05477	Great Northern #1 SEL 27	Estados Unidos
P698	05476	Jules	Estados Unidos
P699	05652	México 309	El Salvador
P700	05706	Jalpatagua 72	Guyana
P704	04795	Porrillo 1	El Salvador
P709	04485	Turrialba 1	Guyana
P712	04792	51052	Nicaragua
P714	04505	Top Crop	Estados Unidos
P716	03738	Baurr D. Paulinat	Venezuela
P717	05711	Comp Chimaltenango 2	Guatemala
P737	04456	Jamapa	Costa Rica
P756	04445	ExRico 23	Colombia
P757	04461	Porrillo 1	Costa Rica
P758	04446	Puebla 152	México
P760	06334	Vidrosco	Holanda
P770	02689	PI 313-853	Estados Unidos

Lista de números de referencia del Banco de Germoplasma del CIAT que se incluyen en este informe, su identificación y país del cual proviene la semilla.

No. de registro Banco de Germoplasma CIAT	Identificación	Fuente de la semilla
G 00805	PI 197-034	Estados Unidos
G 01212	PI 196-299	Estados Unidos
G 01213	PI 196-462	Estados Unidos
G 01224	PI 196-936	Estados Unidos

Continuación

No. de registro Banco de Germoplasma CIAT	Identificación	Fuenta de la semilla
G 01540	PI 284-703	Estados Unidos
G 02704	PI 313-869	Estados Unidos
G 04165	Preto 2449 (N-487)	Costa Rica
G 04834	Puebla 56-C (Negro)	México
G 04835	Puebla 56-C (Blanco)	México
G 05086	1886-48 (Brasil 555)	Brasil

PUBLICACIONES*

ANDERSEN, P.P., RUIZ DE LONDONO, NORA and INFANTE, M. A suggested procedure for estimating yield and production losses in crops. PANS 22:359-365 1976.

ELLIS, M.A. GALVEZ, G.E. and SINCLAIR, J.B. Control of dry bean seed infection by *Colletotrichum lindemuthianum* with foliar fungicides. Amer. Phytopaht. Soc. Fungicide Nematicide Tests 32:1976.

GALVEZ, G.E. and CASTANO, J.M. Purifications of the whitefly-transmitted bean folden mosaic virus. Turrialba 26(2):205-207 1976.

GRAHAM, P.H. Identification and classification of root nodule bacteria. *In* Nutmati, ed. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge University Press 1976. pp.99-112.

GRAHAM, P.H. Recent developments in the bean improvement program at CIAT. BIC Annual Report 19. 39-41. 1976.

GRAHAM, P.G. and HALLIDAY, J. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. *In* Vincent, J.M. ed. Esploiting the legume *Rhizobium* symbiosis in tropical agriculture. Maui, University of Hawaii, 1976.

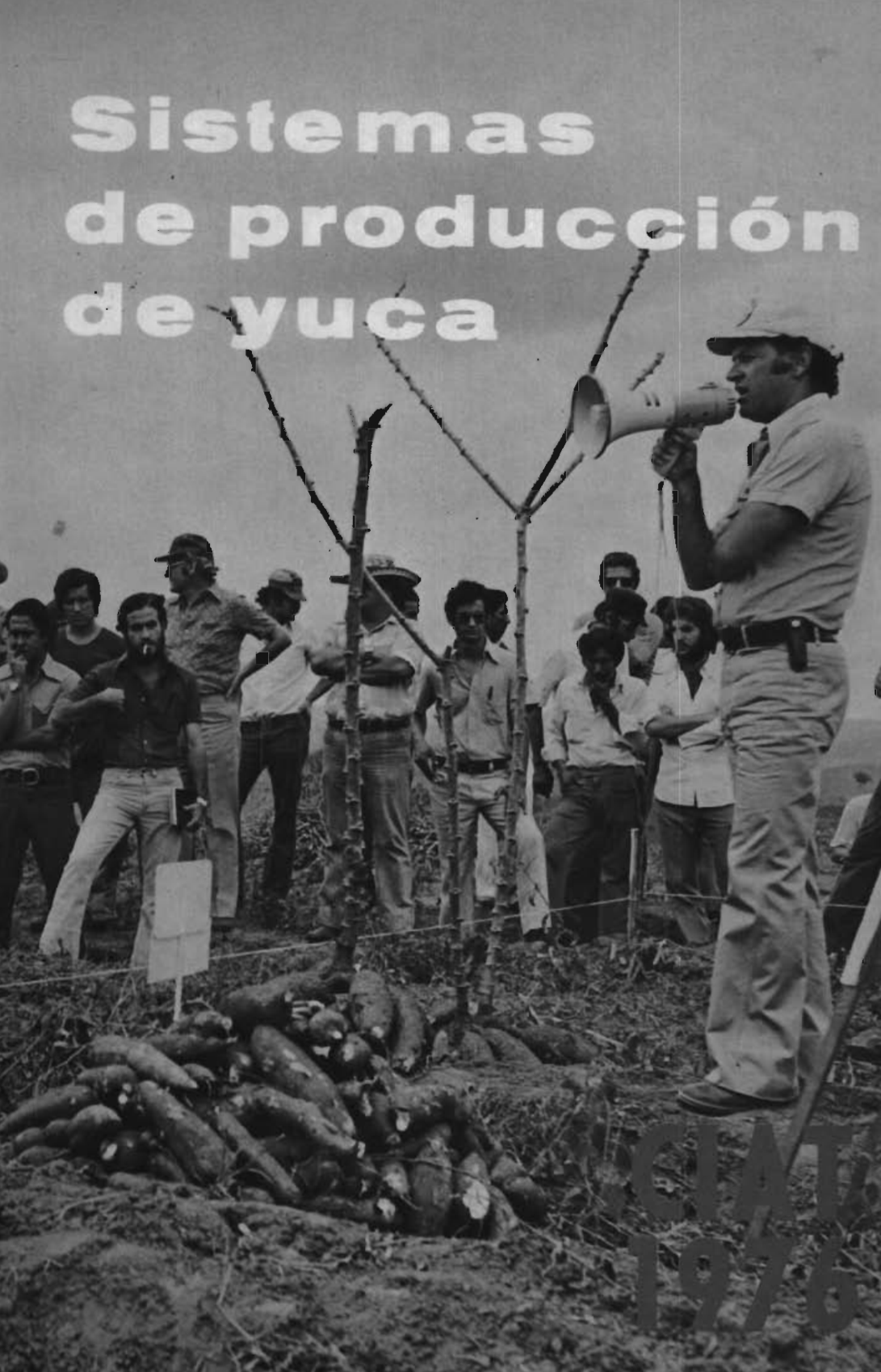
HERNANDEZ-BRAVO, G. and GALVEZ, G.E. Inheritance of disease resistance of dry beans, *Phaseolus vulgaris*, in the tropics. I. Rust, common bean mosaic virus and common bacterial blight. BIC Annual Report 19:47-48 1976.

WILDE, G. and SCHOONHOVEN, A.V. Mechanisms of resistance to *Empoasca kraemeri* in *Phaseolus vulgaris*. Environ. Entom. 5:251-255 1976.

WILDE, G., SCHOONHOVEN, A.V. and GOMEZ LAVERDE, L. The biology of *Empoasca kraemeri* on *Phaseolus vulgaris*. Ann. Entom. Soc. Amer. 69:442-444 1976.

* Esta lista incluye únicamente artículos que no han sido publicados dentro de las series del CIAT.

Sistemas de producción de yuca



CIAT
1978

Sistemas de producción de yuca

PROGRESOS LOGRADOS EN 1976

El desarrollo de algunos aspectos de la tecnología de producción de la yuca alcanzó la etapa en la cual los agricultores pueden utilizarla con ligeros cambios para adaptarla a las condiciones regionales. A pesar de que se continúa dando énfasis en el desarrollo de nuevas tecnologías, este año se dió una mayor atención, en comparación con los años anteriores, al adiestramiento y la cooperación con instituciones de otros países.

Parece que el fenotipo ideal de planta para lograr una buena producción de yuca es similar en zonas con diferentes temperaturas; sin embargo, cuando la temperatura promedio es inferior a aproximadamente 22°C, se requieren genotipos especiales.

Los ácaros que atacan la yuca pueden ocasionar pérdidas severas en regiones con largos períodos de sequía. Se identificaron materiales con niveles moderados de resistencia, dependiendo de la especie del ácaro. En fincas de agricultores se adelantan investigaciones sobre el control biológico del gusano cachón; este método de control parece ser muy efectivo.

Se demostró que la enfermedad de la yuca denominada "cuero de sapo" reduce los rendimientos considerablemente; sin embargo, se puede controlar fácilmente mediante la selección de material de propagación sano. El superalargamiento ocasiona pérdidas considerables en el rendimiento cuando los ataques se presentan en las primeras etapas del ciclo de crecimiento. Sin embargo,el material de siembra se puede desinfectar mediante el tratamiento de las estacas con fungicidas, lo cual erradica el patógeno y retarda la iniciación de la enfermedad. Este tratamiento, junto con la utilización de variedades tolerantes, debe reducir en gran proporción las pérdidas que pueda ocasionar esta enfermedad.

Con el fin de combinar la alta capacidad de rendimiento con caracteres deseables, tales como resistencia a enfermedades y plagas, facilidad de cosecha, alto contenido de almidón y durabilidad de las raíces, se hicieron miles de cruzamientos y se evaluaron los híbridos obtenidos. La variedad M Col 1684 tiene una estabilidad excepcional, con rendimientos de más de 50, 44 y 36 ton/ha, en condiciones del CIAT, Caribia y Carimagua, respectivamente. Estas zonas tienen un pH que oscila entre 4,5 y 7,8; temperaturas promedio de 24 a 28°C y una fertilidad del suelo que varía de muy baja a muy fértil. En consecuencia, es factible obtener cultivares de yuca con amplia adaptación y altos rendimientos.

El rendimiento logrado en Carimagua de 36 ton/ha, aplicando bajos niveles de fertilizantes, confirma la habilidad de la yuca para crecer en suelos ácidos pobres que

están subutilizados actualmente. En estos suelos se obtuvieron buenos rendimientos (más de 20 ton/ha) con niveles moderados de fertilizantes.

En otras regiones, algunos cultivares seleccionados sobrepasaron consistentemente a los cultivares locales en un 75 por ciento, usando niveles de insumos muy bajos. Los cultivares locales rindieron 16 ton/ha (casi el doble del promedio nacional), debido a una mejor selección del material de siembra y a buenas prácticas culturales; esto indica que los rendimientos promedio se pueden aumentar optimizando la densidad de población y el nivel de insumos, y suministrando un buen control de malezas.

Un estudio agroeconómico mostró que la yuca se produce frecuentemente en sistemas de cultivos asociados, los cuales pueden reducir el promedio de los rendimientos en un 30 por ciento aproximadamente. Con el fin de diseñar asociaciones más eficientes, se adelantan estudios para determinar la respuesta de la yuca bajo condiciones de competencia con fríjol.

El desarrollo de nuevas tecnologías de producción requiere además mejorar el sistema de manejo del mayor volumen de producción. Se están desarrollando métodos de secamiento natural que mejoren la eficiencia en comparación con los métodos tradicionales; este método consiste en utilizar una picadura modificada tipo Malasia, la cual corta la yuca en tajadas para secarla posteriormente en bandejas inclinadas.

La transferencia de nuevas tecnologías a otros países se basa en la colaboración con instituciones nacionales mediante el adiestramiento, la asistencia técnica, el intercambio de germoplasma y las conferencias. En 1976, el Programa de Yuca cubrió todos estos aspectos.

En la sede del CIAT se dictó un curso intensivo sobre producción de yuca para 32 agrónomos procedentes de nueve países latinoamericanos. Más del 60 por ciento del curso se dedicó a los aspectos prácticos de la producción e incluyó evaluaciones a nivel de finca sobre los métodos de producción utilizados por agricultores de diferentes zonas de Colombia.

Además, se proporciona adiestramiento en investigación a largo plazo, a becarios de América Latina, Africa y Asia. Se invitan grupos de becarios de diferentes países para que reciban adiestramiento, de tal manera que al retornar a sus países formen un equipo integrado de investigación. Ocho mejicanos y tres tailandeses están formando actualmente equipos multidisciplinarios de investigación en sus respectivos países. Con becarios de Brasil y Malasia se adelantan planes similares de adiestramiento. Siete de los ocho profesionales que trabajan en el Centro de Yuca de Brasil, recientemente formado, recibieron adiestramiento general en el CIAT.

Los programas de investigación y desarrollo de yuca de México y Brasil solicitaron asistencia técnica sobre las estrategias de investigación y producción, solicitud que fue atendida por el CIAT. En forma similar, los programas de India y Malasia mantienen contacto permanente con el CIAT; en 1976, los directores de esos programas visitaron el CIAT durante períodos cortos.

La mayoría de los programas nacionales no han tenido el suficiente tiempo para desarrollar materiales genéticamente superiores y programas de mejoramiento genético. En consecuencia, este año el CIAT envió semillas y material de propagación a 28 países. En Guyana, México, Brasil, Venezuela y Ecuador, se están estableciendo pruebas regionales usando cultivares locales y algunos seleccionados en el CIAT. Los resultados del único ensayo que se cosechó demostraron que el material que produjo los mayores rendimientos, tanto de raíces frescas como de almidón, fue un cultivar del CIAT.

La transferencia de germoplasma y la tecnología de los ensayos de rendimiento internacionales se determinaron en una reunión especial de discusión, la cual tuvo lugar en 1975. En agosto de este año, se reunieron en el CIAT investigadores de yuca de todo el mundo para discutir problemas comunes en el IV Simposio sobre Raíces Comestibles Tropicales, organizado por la Sociedad Internacional de Cultivos y Tubérculos Tropicales.

FISIOLOGIA

En el Informe Anual del CIAT, 1975 se mencionaron los factores que controlan el desarrollo y mantenimiento del área foliar en un tipo ideal de planta, y se señaló un óptimo índice de área foliar (IAF) de aproximadamente 3. Estos resultados se confirmaron en 1976 y fueron utilizados para "construir" un ideotipo de planta. Además, se estudiaron con mayor profundidad las relaciones existentes entre los sitios de producción y sitios de acumulación en la planta.

En años anteriores, los resultados que se presentaron correspondían, básicamente, a los obtenidos bajo las condiciones del CIAT; en este año, las respuestas de diferentes clones se observaron bajo varias condiciones de temperatura, con el fin de conocer mejor el mecanismo de adaptación a la temperatura. También, se investigaron los efectos de diferentes fotoperíodos. Igualmente, se iniciaron trabajos sobre diferencias varietales en lo que respecta a la tasa fotosintética, con el fin de determinar si se pueden lograr, eventualmente, nuevos niveles de rendimiento.

Como el comportamiento de la yuca, en codiciones de monocultivo, es bien conocido, se dió más énfasis en 1976 al diseño de sistemas eficientes de cultivos asociados, los cuales constituyen una parte esencial de la producción de yuca en el mundo.

DESARROLLO DEL AREA FOLIAR

En 1975 se demostró en tres variedades, que la hoja alcanza su tamaño máximo aproximadamente a los cuatro meses de la siembra y posteriormente disminuye. Esto se confirmó en 10 variedades que mostraron la misma tendencia, sin tener en cuenta el hábito de ramificación. El año pasado también se indicó que la tasa de formación de hojas por ápice tiene poca variabilidad genética. Sin embargo, en este año, una variedad (M Col 1120) presentó una tasa de formación de hojas consistentemente mayor que otras nueve variedades. En la Figura 1 se presentan los patrones de formación de hojas de cuatro de estas variedades.

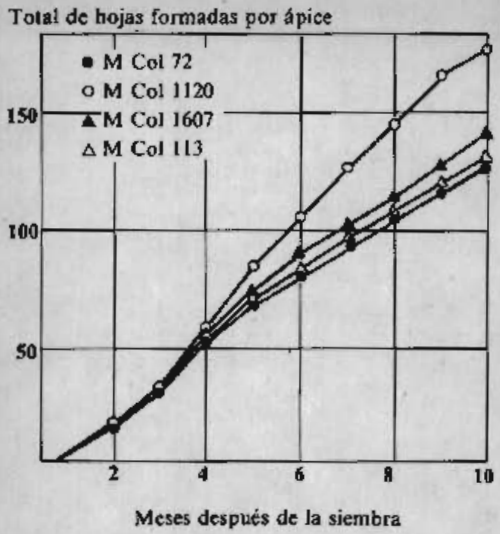


Figura 1. Formación de hojas por ápice en 4 variedades.

También se midió la longevidad foliar en 10 variedades, observándose que existen grandes diferencias varietales; la Figura 2 presenta la longevidad foliar de tres variedades. Es interesante anotar que estas características varietales se mantuvieron durante una temporada de sequía prolongada y que la longevidad foliar máxima registrada fue de 18 semanas en M Col 72. El período de longevidad foliar más largo y más corto se presentó en M Col 72 y M Col 1120, respectivamente; ninguna de estas dos variedades produce ramas, lo que indica que la longevidad foliar es independiente del hábito de ramificación.

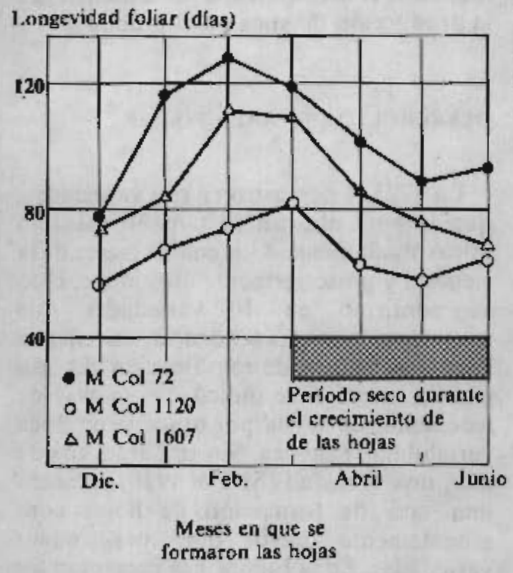


Figura 2. Longevidad foliar de 3 variedades seleccionadas de yuca.

La longevidad foliar es una característica varietal; aún bajo condiciones de sequía las diferencias se mantienen. La tasa de formación de hojas por ápice muestra poca variabilidad genética, pero se identificó una variedad con una tasa considerablemente mayor que el encontrado antes. En todas las variedades, la tasa de formación foliar disminuye a medida que las plantas envejecen.

RELACION EXISTENTE ENTRE EL IAF Y EL RENDIMIENTO

El IAF de M Col 113 aumentó rápidamente después de la siembra y alcanzó un valor de más de 5 a los seis meses; después disminuyó hasta la cosecha (a los 15 meses). Los cultivares CMC 84 y M Mex 11, alcanzaron su máximo IAF a los cuatro meses, con valores de 4 y 2,9, respectivamente, y posteriormente disminuyó (Figura 3). La variedad M Col 113

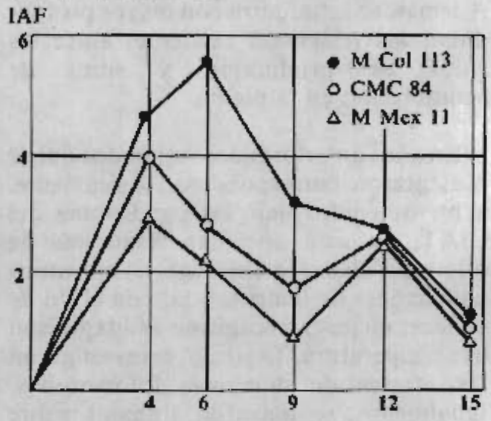


Figura 3. Desarrollo del IAF en 3 variedades de yuca.

alcanzó su máxima tasa de crecimiento de raíces (7,6 g/m²/día de materia seca) entre los 9 y 12 meses, mientras que el IAF mostró poco cambio y fue aproximadamente 3 (Figuras 3 y 4). Durante este mismo período, aumentó el IAF de las variedades CMC 84 y M Mex 11; a pesar de que el peso de materia seca total se incrementó (Figura 5), el de las raíces aumentó muy poco. Esta tendencia es particularmente notable en la variedad M Mex 11 en la cual el peso seco total aumentó en 515 g/m², en tanto que el peso de las raíces sólo aumentó en 125 g/m² pero, el IAF aumentó de 0,9 a 2,7. Cuando se mantiene un alto IAF, como en M Col 113, entre los cuatro y los nueve meses después de la siembra, el aumento en el peso de las raíces es pequeño ya que la mayoría de los carbohidratos disponibles se utilizan en la formación de hojas y tallo. Igualmente, cuando el IAF aumenta rápidamente entre los 9 y 12 meses, como en la variedad M Mex 11, es poco el aumento en el peso de las raíces. Estos datos demuestran el equilibrio existente entre la producción de raíces y el crecimiento del tallo.

Con base en los resultados obtenidos en 1975 se determinó que el IAF óptimo para

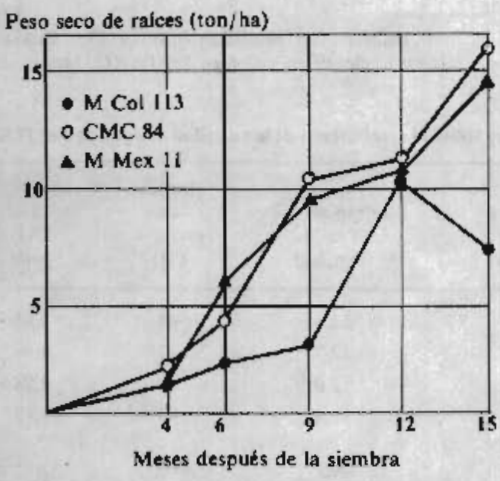


Figura 4. Cambios en el rendimiento de raíces secas, de 3 variedades de yuca.

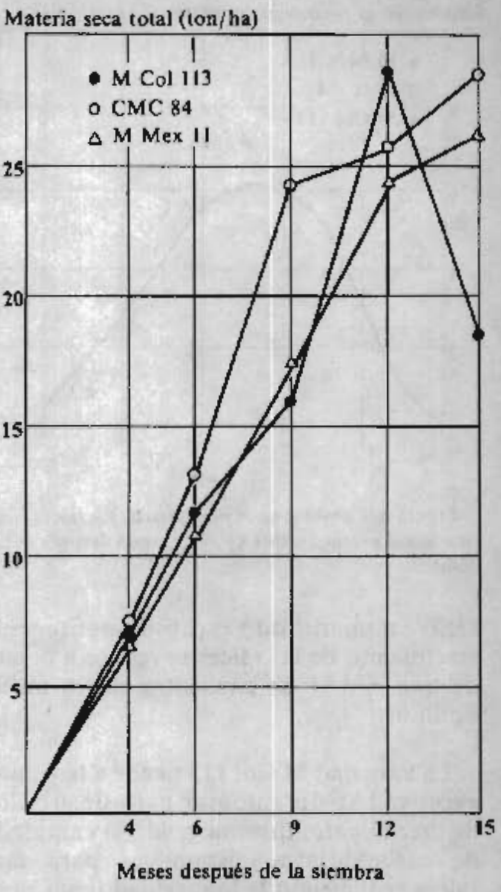


Figura 5. Cambios en el peso total de materia seca, de 3 variedades de yuca.

el crecimiento de raíces de M Col 113 es de 3 a 3,5. Los datos colectados este año en tres variedades, muestran la misma tendencia de un IAF óptimo de aproximadamente 3 entre los 4 y los 9 meses después de la siembra (Figura 6). Los resultados correspondientes al período de 9 a 15 meses mostraron la misma tendencia, con un error experimental relativamente grande, debido a una disminución en el peso de raíces de M Col 113 entre los 12 y los 15 meses, que aún no se ha explicado. Estos hechos confirman que el IAF óptimo para la yuca es de aproximadamente 3 y que cuando se mantine este nivel, los rendimientos son máximos. Cuando el IAF

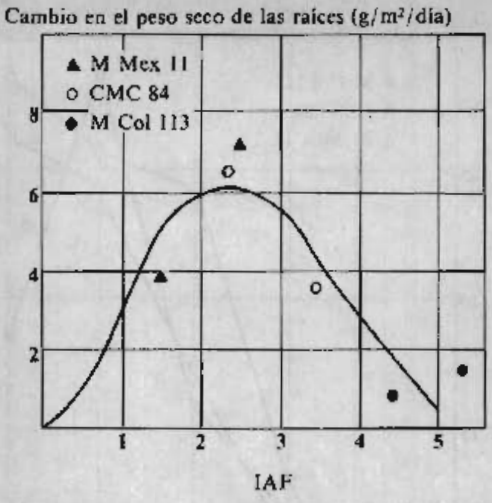


Figura 6. Cambios en el peso seco de las raíces con relación al promedio de IAF, 4 a 9 meses después de la siembra.

está aumentando rápidamente el crecimiento de las raíces se reduce a pesar de que el IAF se encuentra en un nivel óptimo.

La variedad M Col 113 tiende a tener un excesivo IAF durante gran parte de su ciclo de crecimiento, disminuyendo la cantidad de carbohidratos disponibles para las raíces reduciendo la longevidad foliar por sombrío. Cuando las plantas tenían cinco meses de edad, se cortaron los ápices de las ramas con el fin de reducir la producción de hojas. Este tratamiento se hizo en tal forma que el número total de ápices activos se redujo en 0, 25, 50 y 75 por ciento. Cuando el número de ápices activos se redujo en un 75 por ciento, el rendimiento aumentó significativamente de 33 ton/ha a los 10 meses de la siembra, hasta 41 ton/ha.

El IAF final no se redujo como consecuencia de este tratamiento ya que la longevidad foliar aumentó; tampoco redujo en forma significativa la producción de materia seca total, pero el índice de cosecha aumentó considerablemente (Cuadro 1). Por lo tanto, parece que el control del hábito de ramificación es útil para controlar el IAF y que los rendimientos se pueden aumentar mediante selección del patrón de ramificación ideal.

EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA YUCA*

Se sembraron cuatro variedades de vigor bajo, medio alto y muy alto (M Col 22, M Col 113, M Mex 59 y Popayán, respectivamente) en tres localidades: un sitio a corta distancia del CIAT (el cual se llamará Km 27), el CIAT y Caribia; estas localidades tienen temperaturas promedio de 20, 24 y 28°C, respectivamente. A todas las parcelas se les aplicó 300 kg/ha de NPK, para obtener un alto nivel de

* Este trabajo fue realizado por el Dr. Yokio Hirikura, científico visitante del TARC, Japón.

Cuadro 1. Efecto de la reducción del número de ápices sobre el crecimiento de la variedad de yuca M Col 113.

Reducción del número de ápices (%)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Rendimiento de raíces secas (ton/ha)	Peso seco de tallos (ton/ha)	Indice de cosecha (%)	IAF final
0	33,6	11,3	12,5	44	4,86
25	38,5	13,3	12,7	47	4,44
50	39,7	13,6	12,0	49	4,28
75	40,3	14,0	11,8	49	4,92
Diferencias significativas	**	**	NS	**	NS

** Diferencia significativa al nivel de 0.01

fertilidad. Como la mancha de anillos circulares ocasionada por Phoma sp. es un problema severo en regiones con temperaturas bajas, en el Km 27 se hicieron aplicaciones con fungicidas para controlar esta enfermedad.

En Caribia, en donde la temperatura es alta, la variedad M Col 22 dió los mayores rendimientos, seguida por M Mex 59 y M Col 113; la variedad Popayán fue la que rindió menos (Figura 7). Sin embargo, en el Km 27, localidad con baja temperatura, la variedad Popayán dió el mayor rendimiento y M Col 22, el menor. Los resultados obtenidos en el CIAT fueron intermedios entre las dos localidades extremas, pero fueron más similares a los resultados de Caribia que a los del Km 27. Estos resultados indican que existe una clara interacción entre el genotipo y la temperatura.

Las plantas se desarrollaron más lentamente a 20°C que a temperaturas mayores; la tasa de formación de hojas por ápice aumentó a medida que la temperatura se hizo mayor (Figura 8). La tasa real de formación de hojas presentó

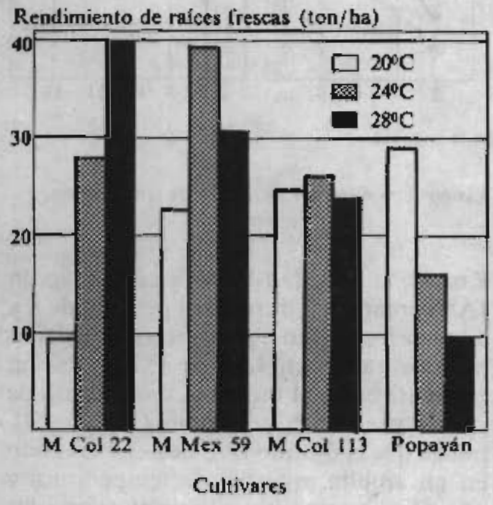


Figura 7. Rendimiento de 4 cultivares de yuca, a los 12 meses de la siembra, en 3 localidades con diferente promedio de temperatura.

poca variación varietal a 28 y 24°C, pero a 20°C las diferencias fueron relativamente grandes.

En las variedades usadas, el tamaño de la hoja tendió a aumentar hasta un nivel máximo y luego, a disminuir en todas las variedades y las diferentes temperaturas. Se observó poca diferencia entre 24 y 28°C, pero a 20°C, el tiempo para alcanzar el máximo tamaño de hoja fue mayor y el tamaño máximo fue menor (Figura 9).

A pesar de que el tamaño de hoja y la tasa de formación de hojas fueron inferiores a temperaturas menores, la longevidad foliar aumentó marcadamente en todas las variedades (Figura 10) a 20°C se registraron longevidades foliares hasta de 200 días, en tanto que a 24 y 28°C se observó una longevidad foliar máxima de 115 y 90 días, respectivamente.

El número de ramas funcionales por planta no mostró una tendencia consistente con la temperatura. Las variedades M Col 22 y M Col 113 produjeron el mismo número de ramas a 28 y 24°C y menor número a 20°C, mientras que las variedades Popayán y M Mex 59 alcanzaron una producción máxima a 24°C; esto indica que la máxima formación de ramas se presenta aproximadamente a los 24°C (Figura 11).

En resumen, la tasa de formación de hojas por ápice y el tamaño máximo de hoja aumenta a medida que la temperatura asciende, en tanto que, a temperaturas más bajas, el tamaño máximo de hoja se logra más tarde en el ciclo de crecimiento; la longevidad foliar aumenta a medida que la temperatura decrece y la mayor producción de ramas se presenta aproximadamente a los 24°C. En la Figura 12 se muestra el efecto combinado de estos factores sobre el IAF. A medida que la temperatura aumente, el IAF aumenta, excepto en el caso de la variedad M Mex 59, en la cual el IAF se redujo debido a una menor producción de ramas y a que la

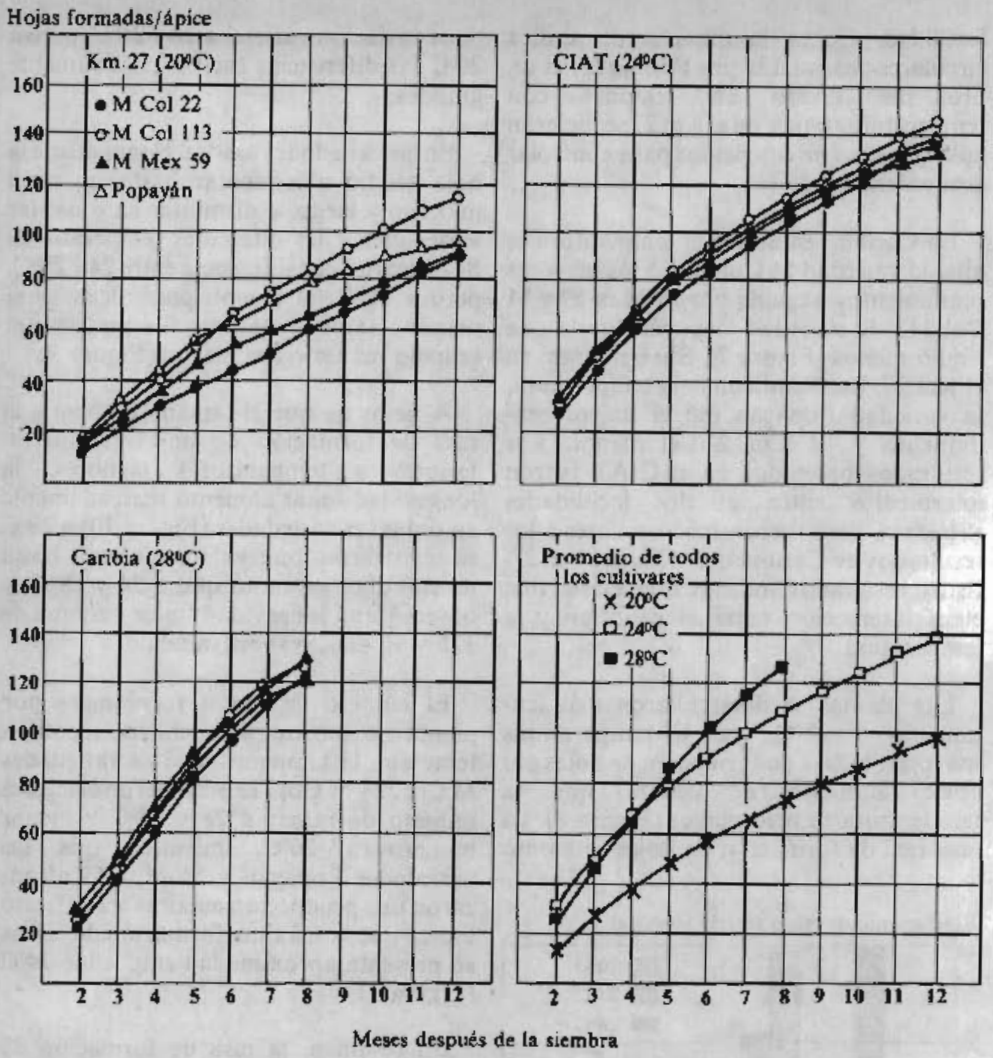


Figura 8. Total de hojas formadas por ápice, en 3 zonas con diferente promedio de temperatura.

longevidad foliar se reduce a altas temperaturas.

Al medir el IAF durante el período más crucial de engrosamiento de raíces (8 a 12 meses), se determinó que en Caribia, la variedad M Col 22 presentó el IAF más cercano al óptimo de 3 previamente determinado, en tanto que todas las otras variedades presentaron IAF muy superiores a este nivel (Figura 12). En el Km 27, la variedad Popayán mantuvo un IAF cercano a 3 durante el período de 8 a 12 meses, en tanto que las otras variedades no alcanzaron un IAF de 3. La relación existente entre el índice de crecimiento de raíces y el IAF promedio (Figura 13), indica que el óptimo IAF de 3-3,5 es válido en un amplio espectro de temperatura y que la interacción varietal con las diferentes temperaturas se demuestra fundamentalmente por medio de los

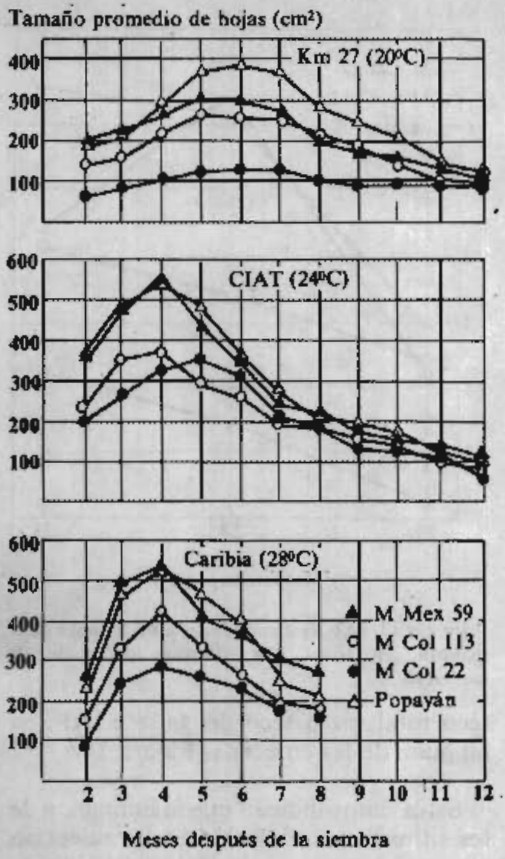


Figura 9. **Tamaño de hojas de 4 variedades, durante diferentes épocas después de la siembra, en 3 zonas con diferente promedio de temperatura.**

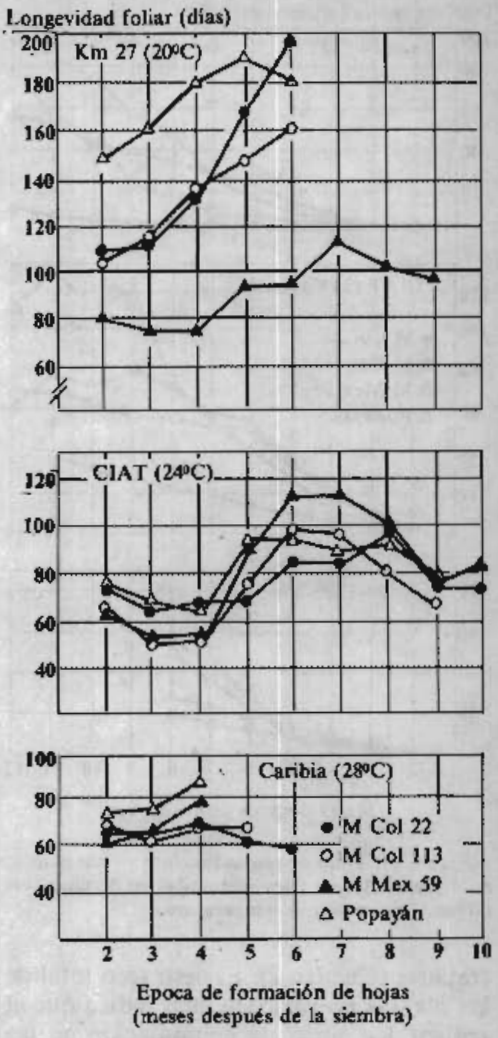


Figura 10. **Longevidad foliar de 4 variedades, en función del tiempo después de la siembra, en 3 zonas con diferente promedio de temperatura.**

efectos de las diferentes temperaturas sobre la formación del área foliar.

RELACIONES ENTRE EL SITIO DE PRODUCCION Y EL SITIO DE ACUMULACION

Los resultados obtenidos en años anteriores sobre los efectos de la capacidad de acumulación de las raíces sobre el rendimiento y producción de materia seca total, eran algo ambiguos (Informe Anual del CIAT, 1974). Este año se hicieron cortes anulares a los cinco meses de la siembra, en dos variedades (M Col 22 y CMC 84) y se cosecharon a los tres meses y medio. No se observaron interacciones variedad x tratamiento; los resultados se presentan como promedio de las dos variedades. No hubo aumento significativo en el peso de raíces de las plantas tratadas, como se esperaba, pero en las testigo sí aumentó (Cuadro 2). El corte anular no afectó el IAF ni el área por hoja. Sin embargo, el tratamiento afectó marcadamente el peso del tallo, el cual aumentó desde 0,4 kg/planta, en las plantas testigo, hasta 0,7 kg/planta, en las

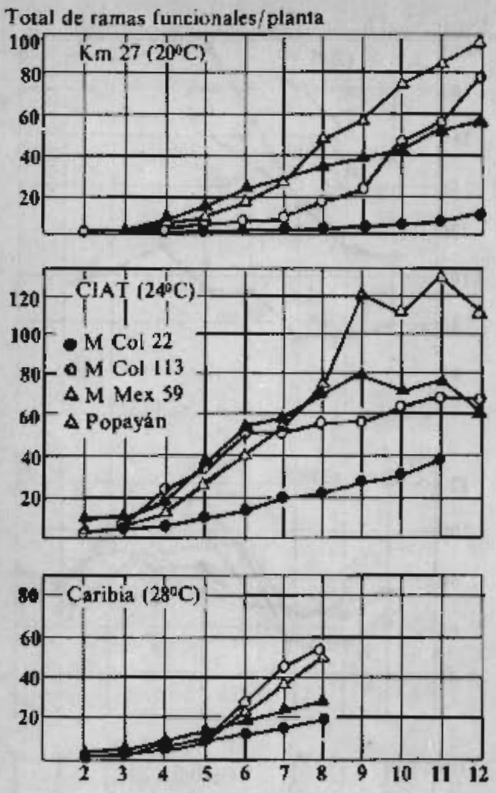


Figura 11. Total de ramas funcionales por planta, en 4 variedades de yuca sembradas en 3 zonas con diferente promedio de temperatura.

tratadas (Cuadro 2). El peso seco total de las plantas no varió, lo cual indica que al reducir los sitios de acumulación en las raíces no se afecta la eficiencia de los sitios de producción ni de su tamaño. Sin embargo, la eliminación del sitio de acumulación de las raíces favorece el almacenamiento de mayor cantidad de carbohidratos en el tallo.

A la variedad M Col 22 se le cortaron seis raíces por planta a los tres meses de la siembra. La cosecha se hizo a los 3, 6, 9 y 12 meses después de la siembra. El número total de raíces gruesas por planta se redujo de 12,5 a 9,1 (promedio de las últimas dos cosechas). Sin embargo, el tratamiento no afectó el rendimiento de raíces secas, peso

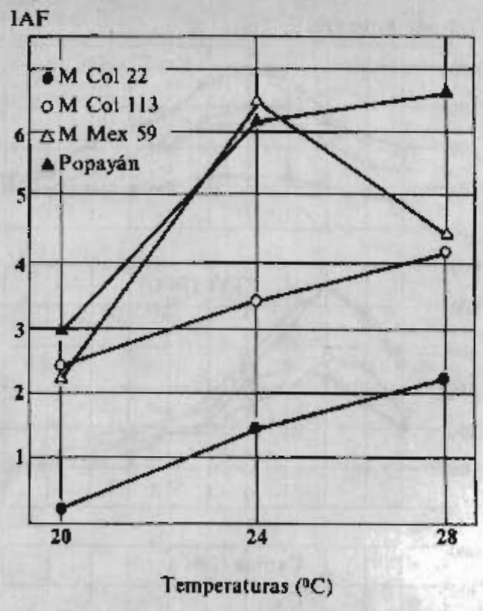


Figura 12. IAF de 4 variedades a los 8 meses de la siembra, en zonas con diferente promedio de temperatura.

seco total, peso seco del tallo e IAF, en ninguna de las cosechas (Figura 14).

Estos datos indican que la limitación de los sitios de acumulación en las raíces no altera el tamaño o eficiencia del sitio de producción y que cuando se reduce el número de raíces a nueve por planta, su capacidad para engrosar es mayor que la

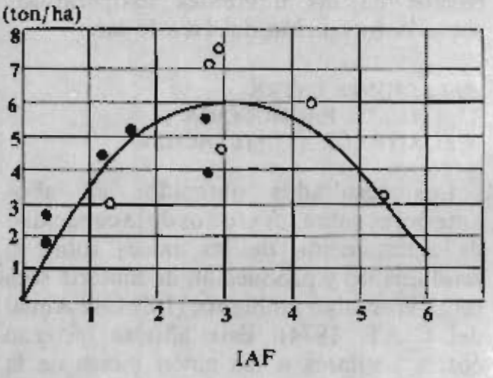


Figura 13. Cambios en el índice de crecimiento de raíces con relación al IAF promedio en diferentes localidades.

Cuadro 2. Efecto de un corte anular en la base del tallo, sobre el crecimiento de la yuca (promedio de 2 variedades).

	Aumento en el rendimiento de raíces (g/m² de materia seca)	Aumento en el peso del tallo (g/m² de materia seca)	Aumento total en el peso seco sin incluír las hojas (g/m² de materia seca)
Testigo	456	162	618
Tratada	60	580	640

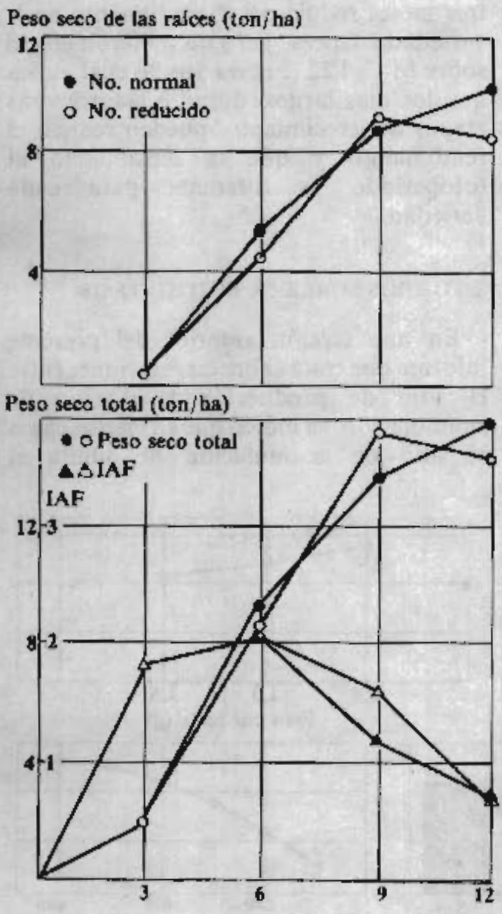


Figura 14. Cambio en el rendimiento de raíces, índice de área foliar y materia seca total, en la variedad M Col 22, con un número normal y reducido de raíces gruesas.

cantidad de carbohidratos disponibles; pero cuando el sitio de acumulación en la raíz se aisla del sitio de producción, el tallo acepta los carbohidratos excedentes.

UN IDEOTIPO DE PLANTA DE YUCA

Los resultados de este año y del anterior indican que la planta ideal de yuca, con máximo rendimiento, alcanza rápidamente un IAF de aproximadamente 3 y posteriormente mantiene este nivel. Se desarrolló un modelo en la computadora para definir la mejor manera de lograr este tipo de planta bajo las condiciones del CIAT. Se utilizaron ecuaciones para describir las relaciones existentes entre tasa de crecimiento del cultivo: IAF; tamaño relativo de la hoja comparado con su tamaño máximo: tiempo; índice de formación de hojas por ápice: tiempo; reducción de la longevidad foliar debido al sombrío y peso seco foliar/unidad de área. En todos los casos se utilizaron las mismas ecuaciones ya que estos factores parecen ser iguales para todas las variedades, con la excepción posible del índice de formación de hojas por ápice (Figura 1). En primer lugar, se estudió el hábito de ramificación con base en una longevidad foliar de 10 semanas, peso por nudo de 1 gramo y tamaño máximo de hoja de 300 a 500 cm² a densidades de población de 10.000 y 20.000 plantas/ha.

Los rendimientos simulados más altos se obtuvieron con ramificación a las 30 semanas, a una densidad de población de

20.000 plantas/ha y un tamaño máximo de hoja de 500 cm². Cuando este tipo de planta se compara con otros, es evidente que la época del inicio de la ramificación es de suma importancia (Figura 15), debido a que los tipos con ramificación temprana producen rendimientos muy pobres. Mediante el aumento de la longevidad foliar a más de 15 semanas y la reducción del peso por nudo a 0,5 gramos, se obtienen pequeños aumentos en el rendimiento (Figura 15); para el fitomejorador puede ser difícil, en la práctica, lograr ésto ya que en el campo raramente se puede encontrar una longevidad foliar máxima de 20 semanas (140 días), y la de 15 semanas (105 días), es común. Es probable que una planta con peso/nudo de 0,5 gramos no tenga hojas grandes; sin embargo, esto es difícil de lograr. Un tamaño de hoja superior a 500 cm² se considera poco ventajoso (Figura 15).

Estos datos simulados indican que se pueden obtener altos rendimientos con variedades que ramifiquen aproximadamente a los seis meses de la siembra, que tengan hojas grandes y una vida foliar prolongada.

EFECTOS DEL FOTOPERIODO

Se sembraron dos variedades (M Col 22 y Llanera), en surcos a diferentes distancias de fuentes de luz incandescente. Las fuentes de luz se utilizaron para aumentar el fotoperíodo a 18 horas, entre la siembra y los 3 meses, de 3 a 6 meses y de 6 a 9 meses. No se observaron efectos sobre el rendimiento por planta, cuando se aplicaron los tratamientos de luz a plantas mayores de tres meses. Sin embargo, los tratamientos de luz durante los primeros tres meses redujeron el rendimiento de la variedad Llanera, pero no tuvieron efecto sobre M Col 22 (Figura 16), lo cual indica que los días largos, durante las primeras etapas del crecimiento, pueden reducir el rendimiento y que la sensibilidad al fotoperíodo es diferente para cada variedad.

ESTUDIOS SOBRE LA FOTOSINTESIS

En una sección anterior del presente informe que trata sobre las relaciones entre el sitio de producción y el sitio de acumulación, se indicó que en ciertos casos el sitio de acumulación no limita el

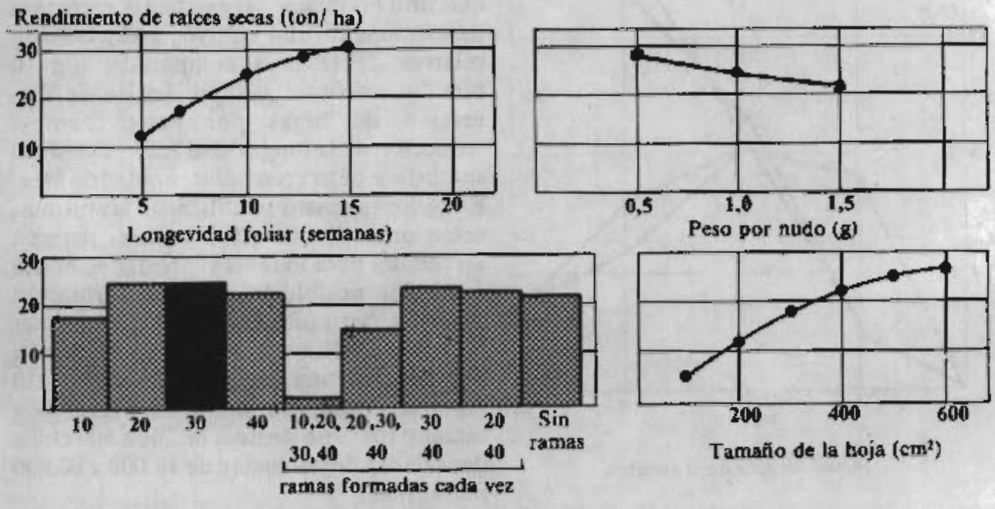


Figura 15. Efectos simulados de la variación de un caracter sobre el rendimiento, en una variedad de yuca con ramificación (30 semanas), longevidad foliar (10 semanas), densidad de población (2 plantas m²) y tamaño máximo de hoja (500 cm²).

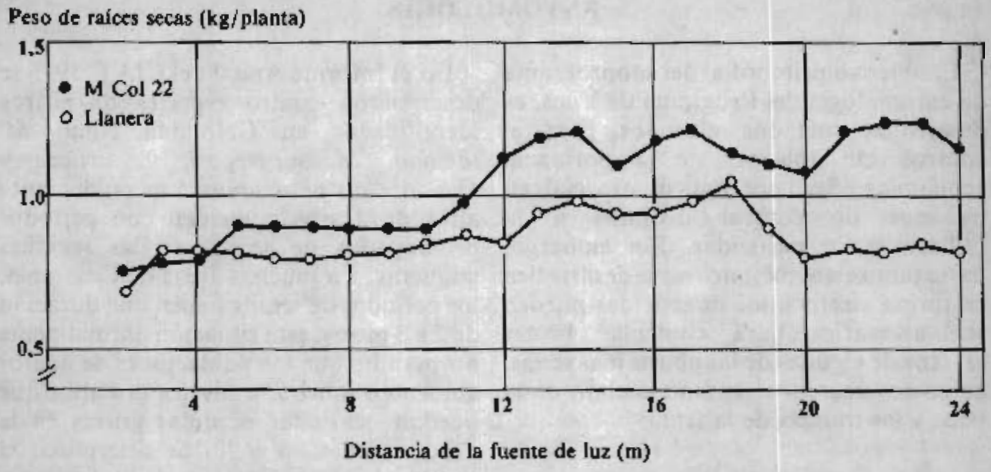


Figura 16. Efecto de los días largos durante los primeros 3 meses de siembra, sobre el rendimiento de 2 variedades de yuca.

rendimiento o el crecimiento total de la planta. Además, el incremento de la capacidad del sitio de producción mediante el aumento de su tamaño es contraproducente, ya que la producción excedente es compensada con un IAF superior a 3, por los carbohidratos requeridos para producirlo y mantenerlo. En consecuencia, el único medio recomendable para incrementar la capacidad del sitio de producción parece ser el aumento de la eficiencia individual de las hojas.

Se compararon las tasas fotosintéticas de diferentes clones mediante mediciones hechas en la primera hoja totalmente abierta, con el fin de determinar si se presentan diferencias varietales. La variedad M Col 72 presentó la tasa fotosintética más alta a todas las intensidades de luz; la tasa fotosintética en esta variedad excedió a la de la variedad M Mex 11 en 63 por ciento a 1.600 microeinsteins/m^2/segundo y en 57 por ciento a 700 microeinsteins/m^2/segundo (Figura 17). Se muestran los valores relativos, debido a los problemas presentados en la calibración; sin embargo, recientemente se han obtenido tasas de más de 40 mg/dm/hora de CO_2 con la variedad M Col 72 con aire de 350 ppm. Estas diferencias son grandes e indican que es posible seleccionar materiales en base a su mayor eficiencia fotosintética.

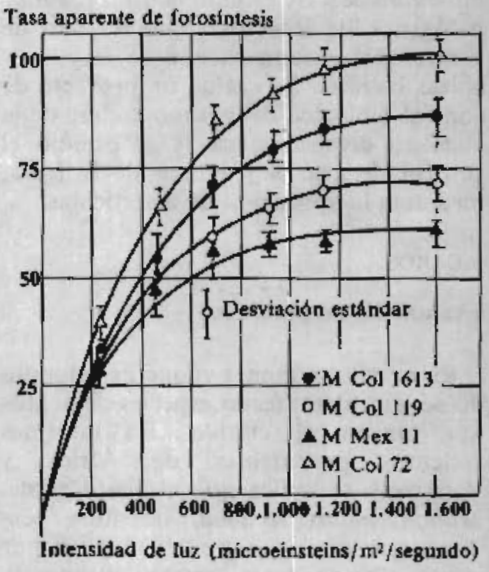


Figura 17. Tasas fotosintéticas de 4 clones diferentes de yuca.

ENTOMOLOGIA

El objetivo primordial del subprograma de entomología del Programa de Yuca, es desarrollar métodos efectivos para el control de plagas de importancia económica. Se hace énfasis especial en métodos de control distintos a la utilización de pesticidas. Sin embargo, hasta tanto estos métodos no se desarrollen en forma efectiva, los insecticidas pueden ser necesarios para controlar brotes severos de algunas de las plagas más serias, como los ácaros, el gusano cachón de la yuca y las moscas de la fruta.

Se determinaron las pérdidas de rendimiento ocasionadas por los ácaros y las moscas del cogollo; también, se estudió la biología de *Tetranychus urticae* y *Mononychellus tanajoa*. Durante el año, se continuó con un programa extensivo de identificación de las fuentes de resistencia a las dos especies mencionadas de ácaros, y se adelantaron estudios de resistencia a la mosca blanca. Se estudió la utilización de patógenos de insectos como método de control del gusano cachón de la yuca y chizas blancas. Se evaluó un proyecto de control biológico del gusano cachón de la yuca en diversas fincas y se estudió el control de ácaros y mosca de la fruta, mediante la aplicación de insecticidas.

ACAROS

Evaluación de pérdidas

En muchas regiones yuqueras del mundo se han identificado especies de ácaros que atacan al cultivo. En informes recientes procedentes de Africa y Venezuela se indica que el ácaro verde, *Mononychellus tanajoa*, ocasiona pérdidas que oscilan entre el 30 y 40 por ciento. Desde hace mucho tiempo se considera que los ácaros pueden ocasionar graves pérdidas, pero hasta hace poco se disponía de escaza información experimental para sustentar esa teoría.

En el Informe Anual del CIAT, 1975 se describieron cuatro especies de ácaros identificados en Colombia como *M. tanajoa, M. mcgregori, T. urticae* y *Oligonychus peruvianus*. Las poblaciones altas de ácaros coinciden con períodos prolongados de sequía en las regiones yuqueras. En muchas áreas de Colombia, los períodos de sequía tienen una duración de 2 a 3 meses; esta situación normalmente no permite que las poblaciones de ácaros aumenten mucho, a niveles tan altos que puedan ocasionar pérdidas graves en la producción. Con el fin de determinar el potencial de pérdidas en el rendimiento, debido a los ácaros, se infestaron artificialmente, en el CIAT al inicio de un corto período de sequía, plantas de yuca con *T. urticae*, de una colonia mantenida en invernadero. En las parcelas experimentales se presentaron infestaciones naturales de **Mononychellus** spp. y *O. peruvianus*. Sin embargo, la infestación artificial permitió el aumento rápido de la población de ácaros.

Las pérdidas en rendimiento debidas al ataque de ácaros oscilaron entre 20 y 53 por ciento, dependiendo de la edad de las plantas atacadas y de la duración del ataque (Cuadro 3).

La biología de *T. urticae* y *M. tanajoa* se estudió bajo condiciones ambientales controladas, en una cámara de crecimiento (Cuadros 4 y 5). La hembra de *T. urticae* pasa del estado de larva al estado adulto en nueve días aproximadamente y la hembra de *M. tanajoa* en ocho días. Los machos completan esta fase en un período de tiempo ligeramente menor. La oviposición de *T. urticae* se inicia durante el segundo día del estado adulto y cada hembra es capaz de ovipositar un promedio de 40 huevos durante los 20 días que dura este estado. De este total, cerca de 29 huevos (72 por ciento) los ovipositan en siete días (entre el tercero y noveno día de iniciada la oviposición). (Figura 18).

Cuadro 3. **Efecto del ataque de ácaros (Mononychellus spp., *Oligonychus peruvianus* y *Tetranychus urticae*) sobre los rendimientos de yuca (var. M Col 22), con infestaciones artificiales de *T. urticae* y aplicaciones quincenales de monocrotofos para el control de ácaros en las parcelas tratadas.**

Número de siembra	No. de infestaciones artificiales	Edad de las plantas (meses)	Duración del ataque (meses)	Acaros por hojas		Producción (ton/ha)		Pérdida en rendimiento (%)
				Tratada	Sin tratamiento	Tratada	Sin tratamiento	
I	1	6	3	110	425	21,8	17,3	21
II	2	4 y 10	4	77	349	16,4	12,3	25
III	2	2 y 8	6	60	263	27,9	13,1	53

Se estudió bajo condiciones controladas, la viabilidad de los huevos y la relación de sexos en *M. tanajoa*. Los estudios sobre sexo se hicieron con 1.186 adultos, encontrándose un 62 por ciento de hembras y un 38 por ciento de machos. La viabilidad de los huevos, entre un total de 289, fue de 92 por ciento. Este resultado y el hecho de que los ácaros se reproducen partenogénicamente, indica que el aumento de la población de éstos puede ser muy rápido cuando las condiciones ambientales les son favorables.

Durante el año se identificaron dos predatores de ácaros en el CIAT: *Typhlodramales peregrinus* Muma (Phytoseiidae) y el coleóptero Stethorus sp. (Coccinellidae).

Cuadro 4. **Ciclo de vida de *Tetranychus urticae* en hojas cortadas de yuca (var. M Col 420), bajo condiciones controladas en una cámara de crecimiento*.**

Estadio en el desarrollo	No. de observaciones	Rango en días	$\bar{X}$ (días)
Hembra**			
Huevo	44	3,0- 4,0	3,09
Larva	27	2,0- 5,0	2,85
Protoninfa	23	1,0- 2,0	1,65
Deutoninfa	22	1,0- 3,0	2,04
Huevo hasta adulto	22	7,0-11,0	9,27
Longevidad del adulto	20	8,0-22,0	15,05
Huevo hasta muerte del adulto	20	17,0-32,0	24,35
Macho			
Huevo	6	3,0- 4,0	3,18
Larva	6	2,0- 4,0	2,66
Protoninfa	6	1,0- 2,0	1,33
Deutoninfa	6	1,0- 3,0	1,66
Huevo hasta adulto	6	7,0-10,0	8,83

* Temperatura: 28ºC de día (12 horas); 25ºC de noche (12 horas); HR = 60-70%

** Número promedio de huevos ovipositados por hembra = 40.

Cuadro 5. Ciclo de vida de *Mononychellus tanajoa* en hojas cortadas de yuca (var. M Col 17), bajo condiciones controladas en una cámara de crecimiento*.

Estadio en el desarrollo	No. de observaciones	Rango en días	$\bar{X}$ (días)
Hembra**			
Huevo	35	4,0- 5,0	4,14
Larva***	35	1,0- 2,0	1,22
Protoninfa	35	1,0- 2,0	1,17
Deutoninfa	35	1,0- 2,0	1,60
Huevo hasta adulto	35	7,0-10,0	8,14
Macho**			
Huevo	21	3,0-5,0	4,19
Larva***	21	1,0-2,0	1,14
Protoninfa	21	1,0	1,00
Deutoninfa	21	1,0-2,0	1,33
Huevo hasta adulto	21	6,0-9,0	7,66

* Temperatura: 30°C de día (12 horas); 27°C de noche (12 horas); HR = 60-70%

** Relación de sexos: hembras (62%); machos (38%)

*** Viabilidad de los huevos: 92%.

Estudios de resistencia

Se continuó la evaluación de variedades de yuca para encontrar resistencia a **Tetranychus** y **Mononychellus** en cámaras cubiertas con malla bajo condiciones controladas de invernadero. (Informe Anual del CIAT, 1975). El objetivo primordial de esta fase inicial de evaluación es el de seleccionar aproximadamente, un 10-15 por ciento del germoplasma para someterlo a evaluaciones posteriores. De las 1.973 variedades evaluadas por su resistencia a **Tetranychus**, sólo se encontraron materiales con bajos niveles de resistencia (Cuadro 6). Tal resultado no es inesperado, pues este ácaro se alimenta en una gran diversidad de hospedantes (más de 400 plantas hospedantes). A pesar de que la mayoría de las variedades se clasificaron como susceptibles, se seleccionaron 270 por presentar algún grado de resistencia. Se reevaluaron 118 de estas variedades y se seleccionaron 12 como promisorias por resistencia a *T. urticae*. Estas variedades son M Col 310, 288, 289, 230, 395, 282, 256, 560, 371, 674, 624 y CMC 39.

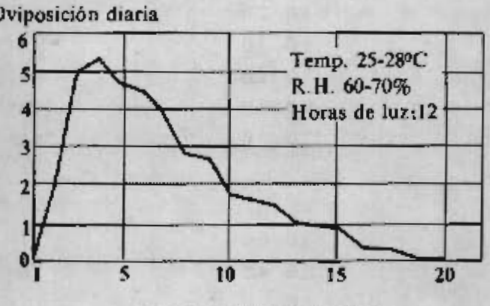


Figura 18. Oviposición diaria de 20 hembras del ácaro *Tetranychus urticae* en hojas de yuca (var. M Col 420) excisadas, bajo condiciones de cámara de crecimiento.

Entre 1.349 variedades de yuca evaluadas con base a su resistencia a *M. Tanajoa*, se encontraron algunas con resistencia moderada o intermedia pero no se identificó ninguna con alta resistencia o inmunidad al ácaro. De estas variedades evaluadas se seleccionaron 40 con resisten-

Cuadro 6. Evaluación del germoplasma de yuca por resistencia a *Tetranychus urticae* y *Mononychellus tanajoa.*

Acaro	Variedades evaluadas (no.)	Escala de severidad de ataque*	Variedades en cada clase de resistencia		Variedades seleccionadas como promisorias
			Escala = no.	%	
Tetranychus urticae	1.973**	0 a 5	5,0 = 1.711	86,72	270
			4,5 = 214	10,85	
			4,0 = 40	2,03	
			3,5 = 7	0,35	
			3,0 = 1	0,05	
Mononychellus tanajoa	1.349***	0 a 5	5,0 = 104	7,71	210
			4,5 = 501	37,14	
			4,0 = 555	41,14	
			3,5 = 149	11,05	
			3,0 = 36	2,67	
			2,5 = 4	0,30	

* Escala se severidad de ataque: 0-1 = resistente; 2-3 = resistencia intermedia; 4-5 = susceptible

** Infestadas artificialmente en cámara cubierta con malla metálica fina

*** Infestadas artificialmente en invernadero.

cia intermedia y 210 para futuras pruebas de resistencia.

En base a una escala sobre severidad de ataque de 0 a 5, sólo un 0,4 por ciento de las variedades evaluadas por su resistencia a *T. urticae* y un 14 por ciento de las evaluadas por su resistencia a *M. tanajoa,* alcanzaron un puntaje de 3,5 o menos. Además, el 86,7 por ciento de las variedades evaluadas por su resistencia a *T. urticae* y el 7,7 de las variedades evaluadas por su resistencia a *M. tanajoa,* alcanzaron un puntaje de 5,0. Esto indica que en el banco de germoplasma de yuca existen más fuentes de resistencia a *M. tanajoa* que a *T. urticae* y que existe poca resistencia cruzada para las dos especies de ácaros.

Además de estos estudios realizados en la sede del CIAT, en Maracay, Venezuela, se seleccionaron al azar, bajo condiciones de campo, 101 variedades de yuca por resistencia a los ácaros (Figura 19). Se presentaron altos niveles de población de ácaros cuando las plantas tuvieron mas o menos seis meses de edad, los cuales se mantuvieron durante cinco meses aproximadamente. A pesar de que las dos especies del ácaro **Mononychellus** estaban presentes en las plantas, la especie que predominó fue *M. tanajoa.* En muchas variedades se presentó defoliación total y muerte de las yemas terminales y laterales; sin embargo, algunas variedades presentaron niveles de resistencia intermedia.

Control químico

Para controlar los ácaros del género **Tetranychus,** se estudiaron seis acaricidas en cámara cubierta con malla metálica fina y bajo condiciones de campo. Las plantas jóvenes de yuca se trataron en la cámara con seis acaricidas y cuatro dosis de aplicación 0,5N, normal, 2N y 4N) con el fin de medir la mortalidad de ácaros y el efecto tóxico sobre el crecimiento de las plantas. Varios acaricidas fueron tóxicos, incluso en las dosis normales o comercialmente recomendadas (Cuadro 7). El



Figura 19. Observando los daños causados en una plantación de yuca por el ácaro Mononychellus, en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela, aparecen los doctores Carlos Arias, de CENIAP (izquierda), y Ernesto Doreste, de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de diversos acaricidas utilizados para el control de *Tetranychus urticae* sobre la toxicidad de la yuca (var. Llanera), en cámara cubierta con malla metálica fina.

Acaricida	Grado promedio de toxicidad* para cada dosis de aplicación			
	0,5N**	N	2N	4N
clorodimeform	0,1	0,5	1,3	2,3
dicofol	1,3	1,6	2,1	2,4
monocrotofos	0,0	0,1	0,5	0,8
binapacril	2,5	3,0	3,0	3,0
RH218	0,8	1,5	2,4	2,8
Pirimifos-metil	0,0	1,1	1,3	2,1

*Grados de toxicidad: 0 = ausencia de daño foliar. 1 = hojas superiores con daños ligeros y hojas inferiores sin daño; 2 = hojas superiores con bastante daño y hojas inferiores con algo de daño; 3 = plantas totalmente dañadas (muerte de hojas y/o plantas).

** N = Dosis normalmente utilizada o comercialmente recomendada.

monocrotofos y clorodimeform fueron los acaricidas menos tóxicos en las dosis normales de aplicación; el monocrotofos solo ocasionó ligera toxicidad, incluso en la dosis 4N. Ambos acaricidas fueron efectivos en el control de los ácaros; en la Figura 20 se presentan los efectos de los tratamientos con monocrotofos.

Estos seis acaricidas se ensayaron también en el campo para determinar su efectividad en el control de ácaros. Las especies de ácaros presentes en el campo fueron *T. urticae*, Mononychellus spp. y *O. peruvianus*. El monocrotofos, clorodimeform y RH 218 controlaron los ácaros en forma efectiva hasta los ocho días después de la aplicación (Cuadro 8). En un segundo ensayo, realizado en la Estación Experimental del ICA, Palmira, se evaluaron seis acaricidas por su efec-

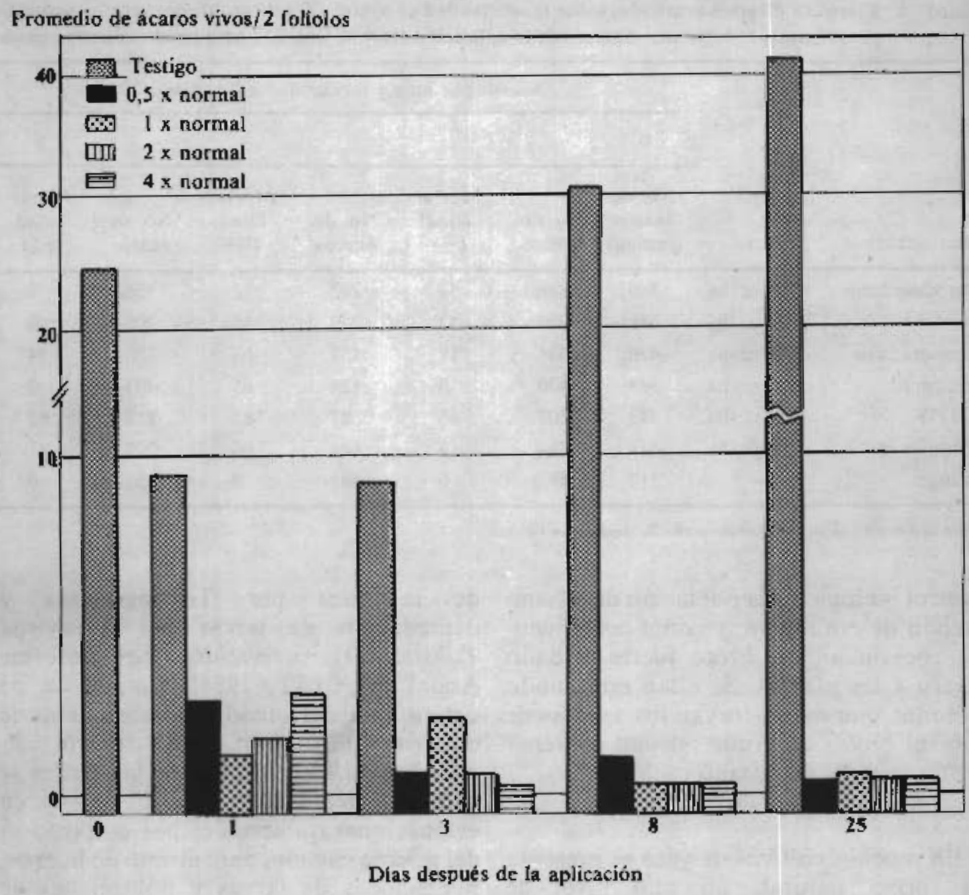


Figura 20. Promedio de población del ácaro *Tetranychus urticae* después del tratamiento con 4 niveles de monocrotofos, en 4 épocas después del tramiento.

tividad en el control de poblaciones naturales del ácaro *M. mcgregori.* Nuevamente, el monocrotofos, clorodimeform y RH 218 fueron los más efectivos. Con monocrotofos se logró un buen control aún 24 días después del tratamiento. Sin embargo, debido a que las poblaciones de ácaros no fueron altas, las aplicaciones no aumentaron el rendimiento significativamente.

EL GUSANO CACHON DE LA YUCA

Los resultados de observaciones hechas durante este año en fincas yuqueras que presentaron brotes severos de gusano cachón (*Erinnyis ello*), con poblaciones hasta de 90 larvas por planta, indican que las larvas no solamente consumirán el 100 por ciento del follaje sino que también se alimentarán de las partes tiernas del tallo, (20 a 30 centímetros superiores del tejido del tallo), y consumirán completamente las yemas laterales. En la Figura 21 se ilustra una larva de gusano cachón y un cultivo de yuca que presenta daños severos debido a su ataque.

El adulto del gusano cachón (mariposa nocturna) es capaz de hacer vuelos a gran distancia, por lo cual poblaciones altas de adultos pueden migrar hacia una región y ovipositar numerosos huevos, alterando el equilibrio existente entre los agentes de

Cuadro 8. Efecto de diversos acaricidas sobre la mortalidad de ácaros (*T. urticae*, Mononychellus spp. y *O. peruvianus*), 1, 3, y 8 días después de la aplicación (var. M Col. 22), bajo condiciones de campo.

		Acaros por hoja y mortalidad a los (días):						
		0	1		3		8	
Acaricidas	Dosis	No. de ácaros (testigo)	No. de ácaros	Mortalidad* (%)	No. de ácaros	Mortalidad (%)	No. de ácaros	Mortalidad (%)
clorodimeform	800 cc/ha	780	346	53	207	72	156	79
dicofol	1000 cc/ha	648	354	43	279	55	306	50
monocrotofos	1000 cc/ha	430	336	18	152	63	106	74
binapacril	250 cc/ha	369	420	0	124	65	453	0
RH218	250 cc/ha	593	207	63	87	85	210	63
Pirimifos-metil	250 cc/ha	448	384	9	144	66	225	47
Testigo	—	517	487	0	481	0	453	0

* Porcentaje de mortalidad calculado por el método Henderson y Tildon.

control biológico y la población de gusano cachón de esa región, y como consecuencia, ocasionar un brote fuerte y daño severo a las plantas. Se están estudiando métodos que no destruyan los agentes de control biológico y que puedan contener brotes severos de gusano cachón.

En muchos cultivos de yuca se presenta en forma natural, un alto nivel de parasitismo de huevos del gusano cachón de la yuca por Trichogramma y depredación de larvas por la avispa *Polistes erytrocephalus* (Ver Informe Anual del CIAT, 1974). Con el fin de determinar la efectividad de este sistema de control biológico, se liberó *P. erytrocephalus* en fincas en las cuales se cultiva yuca; actualmente, se hacen evaluaciones quincenales por oviposición del gusano cachón, parasitismo de huevos, poblaciones de larvas y poblaciones de avispas.



Figura 21. Larvas del gusano cachón (*Erinnyis ello*) y un campo de yuca totalmente defoliado por las larvas de esta especie.

Se estudió la utilización de *Bacillus thuringiensis,* enfermedad bacterial que padecen muchas larvas de lepidópteros y que se consigue comercialmente, para el control del gusano cachón de la yuca. En un cultivo de yuca con un fuerte ataque de gusano cachón, se asperjaron parcelas de 50 plantas con una suspensión de *B. thuringiensis;* la población de larvas se midió antes y tres días después de la aplicación. Los resultados mostraron que la población de larvas se redujo en un 68 por ciento (Cuadro 9); *B. thuringiensis* fue más efectivo para el control de los primeros tres estadios larvales y menos efectivo contra el cuarto y quinto estadio.

La mitad de un campo de cinco hectáreas se asperjó con *B. thuringiensis;* antes de la aplicación y tres y seis días después, se seleccionaron al azar 50 plantas. La población de larvas en el campo tratado se redujo desde más de seis larvas/planta hasta una, en tanto que en el campo sin tratamiento la población aumentó hasta más de 13 larvas/planta (Cuadro 10).

Se liberó **Trichogramma** (parásito de huevos) en los campos tratados y no tratados antes de la aplicación de *B. thuringiensis;* el nivel de parasitismo de huevos se midió a los 7 y 10 días después de la liberación, con el fin de determinar el efecto de la aplicación del **Bacillus** sobre el parasitismo. El nivel de parasitismo de huevos permaneció igualmente alto en los campos tratados y sin tratamiento (Cuadro 11), lo cual indica que la aplicación de la bacteria no afecta adversamente el parasitismo de huevos por **Trichogramma** sp.

Una queja común de muchos cultivadores de yuca, es que *B. thuringien-*

Cuadro 9. **Número de larvas de gusacho cachón *(Erinnyis ello)* de la yuca antes y 3 días después de la aplicación de *Bacillus thuringiensis,* en plantas de yuca (var. Chiroza) de 2 meses de edad.**

Etapa del desarrollo (estado larval)	No. de larvas*	
	Antes de la aplicación	3 días después de la aplicación
I	1.520	114
II	4.449	982
III	3.375	1.207
IV	1.192	850
V	320	298
Total	10.856	3.451
Reducción (%)	68,20	

* Ocho parcelas de 50 plantas; las muestras se tomaron de 15 plantas del centro de cada parcela (120 plantas muestreadas).

Cuadro 10. **Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* sobre una población de gusano cachón (*Erinnyis ello*) de la yuca, a los 0, 3 y 6 días.**

	Días después de la aplicación	No. de larvas*						
		Estado larval					Total de larvas	Larvas/ planta
		I	II	III	IV	V		
Con *B. thuringiensis*	0	159	97	56	–	–	312	6,24
	3	84	80	39	1	–	204	4,08
	6	7	19	21	3	4	54	1,08
Sin *B. thuringiensis*	0	311	160	63	–	–	534	10,68
	3	141	287	100	1	0	529	10,58
	6	127	254	227	51	20	679	13,58

* Con base en una muestra al azar tomada de 50 plantas.

Cuadro 11. Porcentaje de huevos de gusano cachón *(Erinnyis ello)* de la yuca parasitados por Trichogramma sp.* a los 7 y 10 días de la aplicación de *Bacillus thuringiensis*.

Tratamiento	Parasitismo** (%) a los:		
	0	7	10
	días después de la aplicación		
Con *B. thuringiensis*	76	98	100
Sin *B. thuringiensis*	76	93	97

* En cada parcela de 2,5 ha se liberaron aproximadamente 98.000 adultos de Trichogramma.

** Muestras de 100 huevos

sis no mata rápidamente al gusano cachón, y éste continúa consumiendo el follaje durante varios días después de la aplicación. En consecuencia, se diseñó un estudio de laboratorio para medir la cantidad de follaje consumido después de la aspersión de las hojas con *B. thuringiensis*. A las larvas también se les permitió alimentarse en hojas no tratadas, con el fin de comparar el consumo de área foliar entre las larvas infestadas con *Bacillus* y las larvas sanas. Los resultados indicaron que las larvas pueden sobrevivir de 1 a 4 días después de que comienzan a consumir el follaje tratado con Bacillus. Sin embargo, el tejido foliar que la larva es capaz de consumir durante este período se reduce considerablemente (Cuadro 12).

LA MOSCA DE LA FRUTA

En Colombia se han identificado dos especies de mosca de la fruta que atacan la yuca. La mosca de la fruta de la especie *Anastrepha pickeli* se colectó en la sede del CIAT (1.000 msnm), en tanto que la especie *A. manihoti* se colectó en las regiones cafeteras de Colombia (1.200 msnm) en las cuales también se cultiva yuca extensamente. En diversas regiones de Colombia, en donde se cultiva yuca, se han observado daños de tallo y fruto ocasionados por la mosca de la fruta y la enfermedad bacterial asociada con este insecto (Ver Informe Anual del CIAT, 1975). Estas regiones se encuentran localizadas desde el área costanera, en donde la precipitación es mínima y esporádica, hasta las áreas montañosas, en donde la precipitación se distribuye uniformemente durante el año.

La hembra de **Anastrepha** oviposita en el fruto de plantas maduras o en el tallo tierno debajo de los puntos de crecimiento de las plantas más jóvenes. Las larvas pueden barrenar el tallo en dirección ascendente o descendente, lo cual forma extensas galerías. Este comportamiento de la larva permite la entrada de un patógeno bacterial (Ver sección Fitopatología) el cual puede ocasionar pudrición severa del tallo. El tallo podrido no es un medio favorable para la larva y puede ocasionar

Cuadro 12. Promedio de superficie foliar (cm^2) consumida por el gusano cachón (*Erinnyis ello*) de la yuca, el cual se alimentó con hojas tratadas con *Bacillus thuringiensis*, bajo condiciones de laboratorio.

Etapa del desarrollo (estado larval)	Consumo promedio de hojas no tratadas/larva* (cm^2)	Tratadas con *B. thuringiensis*		
		Consumo promedio de hojas/larva (cm^2)	Reducción en comparación con el testigo (%)	Duración de las larvas (días)
III	347,2	48,0	86,10	2.7
IV	273,8	19,2	93,0	2.3
V	345,3	7,11	97,96	2.11

* Muestra de 10 larvas tomada en cada tratamiento

su mortalidad (tratamiento testigo). El principal aumento de la población de mosca de la fruta puede ocurrir en el fruto (raíz) de la yuca o en otro hospedante. Se examinaron los frutos de otras especies de plantas que se encuentran comúnmente en regiones de altas poblaciones de mosca de la fruta, pero aún no se han identificado otros hospedantes de estas dos especies. Aparentemente, las plantas de yuca se pueden recuperar rápidamente del daño ocasionado por la mosca de la fruta bajo condiciones adecuadas de precipitación. Durante un período de seis meses se compararon plantas que fueron severamente afectadas a los tres meses de edad (en las cuales se presentó muerte o pudrición de los puntos de crecimiento) con plantas sanas. Las mediciones de altura de planta mostraron que, después de cinco meses, las plantas atacadas se recuperaron y alcanzaron la misma altura que las plantas sin daño (Figura 22).

Daño ocasionado al material de propagación

Los cangres seleccionados, a partir de material de propagación que ha sido dañado por la mosca de la fruta e invadido por la pudrición bacterial, presentan pudrición del área de la médula. En consecuencia, la germinación de los cangres dañados se reduce en un 5 por ciento y se puede retardar varias semanas (Cuadro 13).

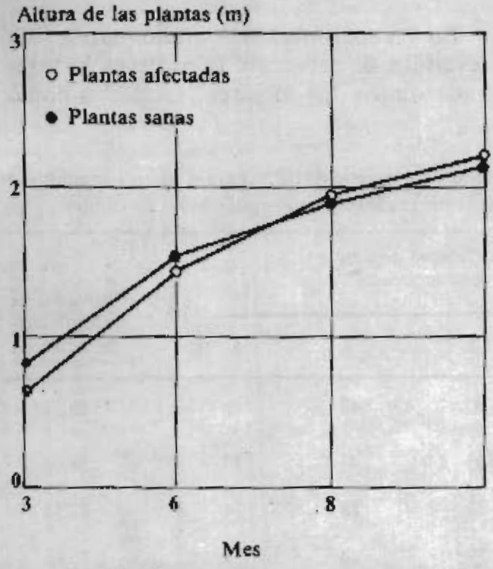


Figura 22. Recuperación de plantas de yuca severamente afectadas por la mosca de la fruta (Anastrepha sp.) y pudrición bacterial (Erwinia sp.)

Control químico

Se estudiaron métodos de control químico del estado larval y adulto de la mosca de la fruta. Para el control de las larvas se aplicó carbofuran al suelo, alrededor de cada planta, en tres dosis diferentes; también, se aplicó al follaje, fenthion en solución en tres dosis diferentes. El porcentaje de mortalidad de larvas ocasionada por cada insecticida sistémico se registró a los 3, 8 y 16 días después de la aplicación. Los resultados demostraron que el fenthion logró un buen control tres días después de la aplicación y a los ocho días, un control de larvas del 100 por ciento con las tres dosis (Cuadro 14). Después de los 16 días, el control aún tuvo una efectividad de 90 a 100 por ciento dependiendo de la dosis de aplicación. La efectividad del carbofuran fue mucho menor y sólo logró un 69 por ciento de control a los 16 días. Por otra parte, la mortalidad de larvas en las plantas testigo fue del 40 por ciento, lo cual sustenta la observación de que el tallo podrido no es un medio favorable para el desarrollo de las larvas.

Cuadro 13. Influencia del daño ocasionado por la mosca de la fruta (Anastrepha sp.) sobre la germinación de material de propagación de yuca (var. Chiroza Gallinaza).

Tratamiento	No. de cangres	Germinación (%) a los: 14 días	28 días
Cangres infestados	100	76,8	94
Cangres no infestados	100	84,4	99

Cuadro 14. Efecto de la aplicación de carbofuran y fenthion sobre el control de larvas de la mosca de la fruta (Anastrepha sp.) en tallos de yuca (var. M Mex 23).

Tratamiento	Dosis	Aplicación	Mortalidad de larvas (%) a los: 3 días	8 días	16 días
carbofuran	10 g/planta	Suelo	9,7	45,0	69,0
carbofuran	20 g/planta	Suelo	23,0	64,0	50,0
carbofuran	30 g/planta	Suelo	24,0	53,0	20,0
fenthion	1,5 cc/litro H_2O	Follaje	76,0	100,0	95,0
fenthion	2,0 cc/litro H_2O	Follaje	97,0	100,0	91,0
fenthion	2,5 cc/litro H_2O	Follaje	77,0	100,0	100,0
Testigo			22,0	24,0	40,0

Sustancias atrayentes

El adulto de la mosca de la fruta es difícil de controlar por su movilidad. Sin embargo, la utilización de trampas con un cebo o atrayente apropiado, podría ser un medio efectivo de control o de medición de las poblaciones de adultos de mosca de la fruta con el fin de determinar el monento adecuado para emplear las medidas de control. Se realizó un ensayo para estudiar los cebos o atrayentes que aumentarían la efectividad de la aplicación de insecticidas. Se utilizó el insecticida EPN debido a su efecto fulminante, que es necesario para lograr con precisión el recuento de mortalidad. Se estudiaron tres cebos distintos: levadura, melaza y levadura más melaza. Se observó que la levadura sola es el cebo más efectivo y ocasiona más del doble de la mortalidad de adultos que el insecticida aplicado solo (Cuadro 15). La melaza no tuvo efecto alguno sobre la mortalidad, y cuando la melaza y la levadura se combinaron, la mortalidad se redujo significativamente.

En experimentos preliminares, la levadura de cerveza y la proteína hidrolizada dieron los mejores resultados como

Cuadro 15. Evaluación de la levadura y melaza como cebos y del insecticida EPN, para el control de adultos de la mosca de la fruta (Anastrepha sp.) en ensayos realizados bajo condiciones de campo.

Tratamiento y dosis	Mortalidad de adultos por replicación 1	2	3	4	Promedio de mortalidad de adultos
EPN (12 cc/12 litros H_2O)	25	42	43	3	28,3a*
EPN (12 cc/12 litros H_2O) +levadura (0,5 kg)	71	103	41	17	58,0b
EPN (12 cc/12 litros H_2O) +melaza (0,5 litros)	49	49	18	14	32,5a
EPN (12 cc/12 litros H_2O) +levadura (0,5 kg) +melaza (0,5 litros)	34	79	24	3	35,0a

* Los promedios seguidos por letras distintas son significativamente diferentes a un nivel de 0.5.

atrayentes para capturar mosca de la fruta. Estos atrayentes se compararon con levadura, maíz y soya hidrolizados, con la utilizacion de la trampa de McPhail. El número de adultos de mosca de la fruta capturado con maíz hidrolizado fue casi tres veces mayor que con cualquiera de los otros atrayentes (Cuadro 16).

Control biológico

El parásito Opius sp. (Hymenoptera, Brackonidae) ataca las larvas de este insecto en frutos de yuca. En un estudio realizado en la sede del CIAT, se determinó un nivel de parasitismo de 4,9 por ciento, en tanto que en la región cafetera de Colombia, en donde las poblaciones de mosca de la fruta son altas y el daño que ocasionan es severo, los niveles de parasitismo fueron de 16 por ciento. No se ha observado parasitismo de las larvas en los tallos de yuca.

LA MOSCA DEL COGOLLO

El adulto azul metálico de la mosca del cogollo oviposita sus huevos entre las hojas no abiertas de los puntos de crecimiento o en una pequeña cavidad en el tejido, hecha por el ovipositor. Después de la eclosión, las larvas jóvenes barrenan el tejido tierno y eventualmente, matan el punto de crecimiento.

En un campo de yuca en el cual fueron atacadas numerosas plantas por la mosca del cogollo, se registró el rendimiento con base en plantas individuales. En las plantas atacadas a los 4,5 meses de edad, la reducción del rendimiento fue de 15,5 por ciento; cuando el ataque se presentó a los 5,5 y 6,5 meses, ocasionó reducciones en el rendimiento de 16,7 y 34,1 por ciento, respectivamente. Las plantas testigo (muestreadas al azar), dieron un rendimiento promedio de 4,19 kg/planta, en comparación con los rendimientos de plantas dañadas de 3,54, 3,49 y 2,76 kg/planta, respectivamente. Las plantas afectadas también fueron de menor altura y posiblemente debido al sombrío que ejercieron las plantas vecinas sanas estas pérdidas de rendimiento se sobreestimaron.

CHIZAS BLANCAS

Las chizas blancas (**Phyllophaga sp.**) pueden ocasionar daños considerables al material de propagación y raíces de plantas jóvenes. La germinación de los cangres se puede reducir en más de un 90 por ciento bajo condiciones de un ataque severo de chizas. En experimentos anteriores, se había determinado que el control más efectivo se logra con aldrin (2,5% a razón de 60 kg/ha) y carbofuran (3 g/m^2) aplicados al suelo debajo del cangre.

Cuadro 16. **Comparación de 5 sustancias atrayentes con relación a su eficiencia en la captura (con trampas de McPhail) de adultos de la mosca de la fruta (*Anastrepha manihoti*) de la yuca.**

Atrayente	Dosis	Promedio de adultos capturados/semana
Levadura de cerveza	40 g de levedura de cerveza, 6 g de azúcar, 1 g borax, 400 cc H_2O	23,1
Proteína hidrolizada	50 cc/1.000 cc H_2O	17,1
Maíz hidrolizado	20 cc/1.000 cc H_2O	60,7
Levadura hidrolizada	20 g/1.000 cc H_2O	21,9
Soya hidrolizada	20 g/1.000 cc H_2O	18,4

El hongo *Metarrhizium anisopliae* ocasiona una enfermedad (muscardina) en las chizas; los experimentos preliminares de laboratorio indican que éste puede ser un método efectivo de control. Se ha encontrado que este hongo ataca a las chizas en su estado natural en cultivos de yuca en Colombia.

PIOJO HARINOSO

Las plantas de yuca infestadas con piojos harinosos presentan colonias de insectos de aspecto algodonoso sobre el tallo y las hojas (Figura 23). Se ha determinado que la especie *Phenococcus gossypii* ataca la yuca. No se dispone de información en relación con el grado de daño ocasionado por estos insectos, pero se tiene conocimiento de que estos piojos ocasionan graves pérdidas en otros cultivos y podrían constituir una plaga importante en la yuca. Algunos informes procedentes de Brasil y Africa indican que, en estas regiones, los piojos harinosos causan defoliación severa a la yuca. En la sede del CIAT se observaron en 1976 mayores niveles de infestación de este insecto que ocasionó la defoliación y el secamiento del tejido del tallo.

MOSCAS BLANCAS (Aleurotrachelus sp.)

En la Estación Experimental del ICA, en Nataima (Espinal, departamento del Tolima), se observaron infestaciones severas de moscas blancas (**Aleurotrachelus** sp.). Un fuerte ataque de mosca blanca en las hojas de variedades susceptibles, causó un moteado o encrespamiento severo. Estas hojas presentaron un efecto similar al mosaico, con manchas de tejido foliar verde claro sobre las hojas de color verde oscuro. También se

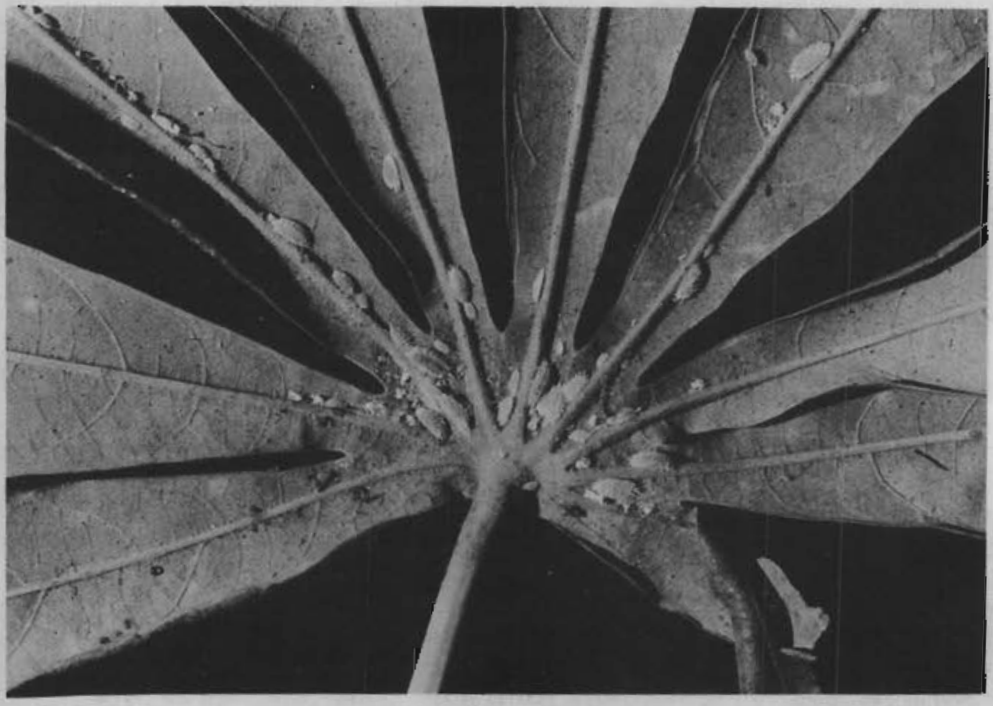


Figura 23. Infestación con piojos harinosos *(Phenococcus gossypii)* en yuca.

observó la presencia de un moho similar al hollín sobre las hojas inferiores de las plantas con infestación severa. Las pupas negras, que generalmente aparecen cubiertas con una excreción cerosa blanca, se encuentran con facilidad en el envés de las hojas; se observó que este lado foliar estaba casi completamente cubierto de pupas. La infestación se presentó en casi todas las hojas (superiores e inferiores), pero el moteado y encrespamiento se observó principalmente en las hojas superiores.

Se hizo una evaluación preliminar de 12 variedades para determinar su resistencia o susceptibilidad a la mosca blanca. En las tres repeticiones, la variedad CMC 57 presentó buena resistencia. Las variedades CMC 72 y M Mex 52 fueron moderadamente resistentes, en tanto que las variedades CMC 40, M Col 22, M Col 673, CMC 86 y CMC 84, fueron altamente susceptibles (Cuadro 17).

Cuadro 17. Evaluación de 12 variedades de yuca para determinar su resistencia a la mosca blanca Aleurotrachelus sp.

Variedad	Replicación			Grado de resistencia* (promedio)
	1	2	3	
CMC 40	3	3	3	3,0
CMC 72	1	1	2	1,3
M Col 673	3	3	3	3,0
M Mex 52	1	2	2	1,7
CMC 86	3	3	3	3,0
M Ven 119	2	3	2	2,3
CMC 84	3	3	3	3,0
CMC 137	2	3	2	2,3
M Ecu 159	1	3	2	2,0
CMC 57	1	1	1	1,0
M Mex 59	2	2	3	2,3
M Col 22	3	3	3	3,00

* Grados de resistencia:
1: Pocas o cero pupas en las hojas (estas últimas presentan moteado)
2: Aproximadamente, la mitad de las hojas con numerosas pupas y presentan algún moteado en el follaje, pero no encrespamiento
3: La mayoría de las hojas presenta pupas y además, un severo moteado y encrespamiento.

FITOPATOLOGIA

Durante 1976, se dió especial énfasis a las investigaciones relacionadas con la selección y protección del material vegetativo de propagación. También se determinaron las pérdidas ocasionadas por algunas de las principales enfermedades y se desarrollaron nuevos métodos para lograr una evaluación más precisa de la resistencia a ciertas enfermedades. Los materiales promisorios producidos por el equipo de fitomejoramiento, se sometieron a evaluaciones rutinarias de resistencia al añublo bacterial de la yuca (ABY), mancha de anillos circulares (Phoma sp.), manchas foliares inducidas por Cercospora spp. y superalargamiento. Además, se continuó la investigación encaminada a identificar el agente causal de algunos síndromes observados en diversas plantaciones comerciales.

ENFERMEDADES BACTERIALES

Hasta el momento, se han identificado tres enfermedades bacteriales con base en la sintomatología y las características culturales y taxonómicas de los agentes causales. Estas enfermedades son: el añublo bacterial (*Xanthomonas manihotis*), la pudrición bacterial del tallo (*Erwinia cassavae*) y la mancha foliar angular (*Xanthomonas cassavae*). Sin embargo, los estudios etiológicos y epidemiológicos de *X. cassavae* y la enfermedad que ocasiona, se encuentran aún en su fase preliminar.

Añublo bacterial de la yuca (ABY)

Las investigaciones sobre esta enfermedad se concentraron en los

siguientes puntos: a) determinar los factores que pueden inducir variabilidad en la reacción de cultivares de yuca inoculados mediante el método de corte, para evaluar la resistencia al ABY (Ver Informe Anual del CIAT, 1975); b) determinar la variabilidad patogénica del agente causal; c) evaluar la resistencia de híbridos F_1 obtenidos por polinización controlada; y d) determinar las pérdidas ocasionadas por la enfermedad en plantaciones infectadas mensualmente después de la germinación, bajo las condiciones del Valle del Cauca en Colombia.

Método de inoculación

Se adelantaron diversos ensayos para establecer un procedimiento de inoculación óptimo, para evaluar la resistencia al ABY. El procedimiento se puede resumir de la siguiente manera. Las plantas se deben cultivar en macetas de 11 centímetros de diámetro y 10 de altura; las macetas de mayor tamaño no permiten que los síntomas se manifiesten tan marcadamente como en las más pequeñas. Cuando las plantas tienen una edad de 45 a 70 días, se inoculan seis hojas jóvenes, distribuidas alrededor del tallo, con un mínimo de 10^8 células/ml de agua destilada. La inoculación es más efectiva cuando se hace en los días nublados o al atardecer. La humedad relativa debería ser superior al 70 por ciento y el suelo de las macetas se debe mantener a capacidad de campo. Esto puede requerir la aplicación de dos riegos diarios, cuando las temperaturas excedan los 25°C, por cuanto las temperaturas altas aceleran la expresión de los síntomas. La evaluación final se puede hacer visualmente en cinco plantas a los 45 días de la inoculación.

Variabilidad patogénica

Se determinó la virulencia de 52 cepas de *X. manihotis* colectadas durante los últimos cuatro años, en plantaciones localizadas en Africa, Asia y América. Los cultivares M Col 113, Llanera y M Col 647, que con anterioridad se habían clasificado como susceptible, tolerante y resistente, respectivamente, a ciertas cepas colombianas del patógeno, se inocularon por el método de corte con cada una de estas cepas. Las 52 cepas se clasificaron en cuatro grupos de acuerdo a su virulencia, como se presenta en el Cuadro 18.

Estos resultados sugieren la existencia de grupos del patógeno que difieren en virulencia. Un punto de especial importancia, dentro de la estrategia del mejoramiento genético que sigue el CIAT, es determinar si estos grupos interactúan en forma diferente con diversos genotipos de yuca. Si esto resulta cierto, el sistema de evaluación debe incluir la mayor diversidad posible de grupos de patógenos; por otra parte, si los grupos no interactúan, la evaluación más eficiente se lograría mediante la utilización de las cepas más virulentas, aun cuando sean más comunes las cepas de menor virulencia (Grupos 1, 2 y 3).

Cuadro 18. **Evaluación de la virulencia de 52 cepas de ABY, provenientes de Africa, Asia y América, inoculadas por el método de corte.**

Origen de las cepas	Cepas evaluadas	Virulencia* grupo 1	2	3	4
Africa	13	2	8	2	1
América	35	8	12	10	5
Asia	4	2	1	1	–
Total	52	12(23%)	21(41%)	13(25%)	6(11%)

* Grados de virulencia: Grupo 1: baja virulencia; indujo solamente lesiones en las hojas inoculadas de los 3 cultivares. Grupo 2: indujo muerte descendente y/o muerte del cultivar susceptible. Los cultivares tolerante y resistente sólo presentaron lesiones en las hojas inoculadas. Grupo 3: indujo la muerte descendente o muerte de los cultivares susceptible y tolerante. El cultivar resistente sólo presentó lesiones foliares. Grupo 4: indujo la muerte de los cultivares susceptible y tolerante y muerte descendente (80%) y/o muerte (20%) del cultivar resistente.

Relación entre las pérdidas y la edad del cultivo

La evaluación de las pérdidas ocasionadas por el ABY, en plantaciones infectadas en diferentes edades, se llevó a cabo mediante siembras mensuales de los cultivares Llanera (tolerante), M Col 113 y M Mex 23 (susceptibles). Los rendimientos no se redujeron cuando las parcelas adquirieron la infección entre el séptimo y décimo mes del crecimiento del cultivo (Figura 24), pero en las parcelas infectadas entre el primero y sexto mes, el rendimiento se redujo significativamente en los dos cultivares susceptibles. El rendimiento del cultivar tolerante sólo se redujo cuando la infección de ABY se presentó entre el primero y tercer mes del crecimiento. Durante este experimento no se encontró correlación alguna entre el rendimiento y los períodos lluviosos o secos.

Estos resultados indican que las pérdidas ocasionadas por ABY, se pueden reducir mediante la utilización de material

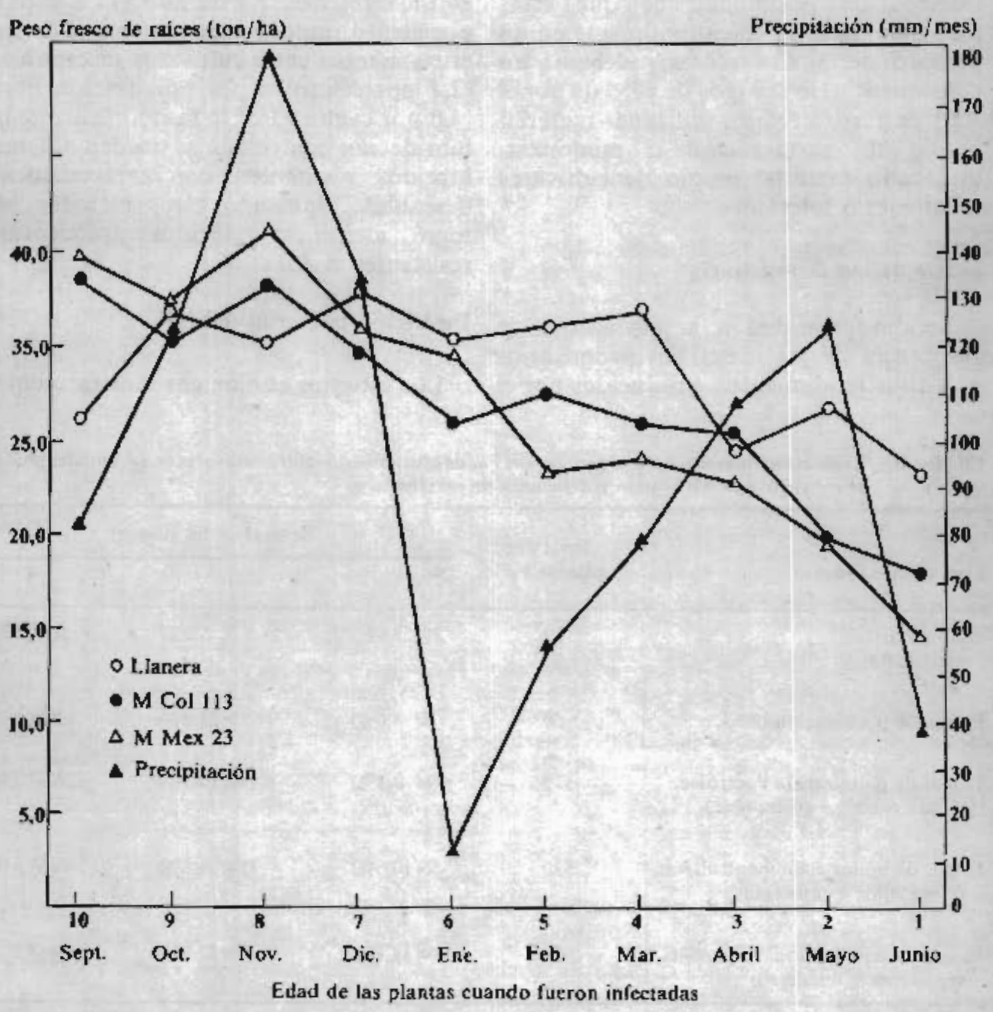


Figura 24. Efectos de la infección de ABY, en diferentes etapas del crecimiento, sobre el rendimiento de raíces frescas de la yuca.

de propagación libre de enfermedades en áreas en las cuales esta enfermedad es endémica. Cuando se siembra semilla "limpia" (producida en tal forma que no contenga organismos de *X. manihotis*), en una región afectada, inicialmente las plantaciones no presentarán síntomas de la enfermedad, si el terreno no se ha cultivado anteriormente con yuca o rotado durante un período de seis meses (Ver Informe Anual del CIAT, 1973). El hecho de que la diseminación del ABY, a cortas distancias, por lo general está relacionada con las condiciones ambientales y poblaciones de insectos, la posibilidad de que estas plantaciones se infecten totalmente en un período de 3 a 4 meses, es baja. En consecuencia, los riesgos de pérdida por el ABY se pueden reducir utilizando material limpio de propagación o minimizar, utilizando material limpio de cultivares resistentes o tolerantes.

Evaluación de resistencia

Se dió prioridad a la evaluación de resistencia de los materiales promisorios con altos rendimientos, producidos por el equipo de mejoramiento genético. También se incluyeron otros cultivares no promisorios con el fin de obtener más información acerca del control genético de esta enfermedad. Los resultados (Cuadro 19) fueron similares a los obtenidos anteriormente (Ver Informe Anual del CIAT, 1975). La autopolinización de cultivares resistentes produjo una proporción alta de tipos resistentes (52,2 por ciento). Igualmente, con las polinizaciones controladas de cruces resistente x resistente o susceptible x resistente, el porcentaje de híbridos resistentes fue considerablemente más alto (14,8 y 10,6 por ciento respectivamente) que el de los cruzamientos entre cultivares susceptibles (2,1 por ciento) o por polinización libre (4,0 por ciento). Por lo tanto, mediante la hibridación controlada se pueden obtener híbridos resistentes, con características deseables. Siguiendo estos métodos, se logró identificar híbridos promisorios resistentes al ABY.

Pudrición bacterial del tallo

Los estudios etiológicos mostraron que

Cuadro 19. **Evaluación de resistencia en generación F_1, de cruzamientos entre cultivares con diferentes grados de resistencia al ABY, bajo condiciones de invernadero.**

Tipo de cruzamiento	Total de plantas F_1	Severidad del ataque*		
		1	2	3
Autopolinizado (resistente)	19	10(52,6%)**	3(15,8%)	6(31,5%)
Lineas de polinización libre	50	2(4,0%)	6(12,0%)	42(84,0%)
Líneas de polinización controlada (susceptible x susceptible)	375	8(2,1%)	40(10,7%)	327(87,2%)
Líneas de polinización controlada (susceptible x resistente)	530	56(10,6%)	194(36,6%)	280(52,8%)
Líneas de polinización controlada (resistente x resistente)	27	4(14,8%)	10(37,0%)	13(48,2%)

* Escala de severidad del ataque: 1 = resistente; 2 = tolerante y 3 = susceptible

** Porcentaje del número total de líneas evaluadas por tipo de cruzamiento.

el agente de esta enfermedad pertenece al grupo carotovora del género Erwinia. Este patógeno también parece pertenecer a la variedad carotovora. En consecuencia, este organismo se denomina taxonómicamente *Erwinia carotovora* var. *carotovora*. En el Manual de Bacteriología Determinativa de Bergey (Octava edición) Erwinia [*E. cassavae* (Hansford) Burkholder, 1948] se incluye en el grupo herbícola. Se sugiere que el epíteto se mantenga pero que la especie se cambie al grupo de carotovora var. carotovora. Es imposible hacer estudios comparativos por que no se dispone del cultivo tipo de esta especie; sin embargo, los síntomas inducidos por *E. cassavae* son similares a los inducidos por el patógeno del grupo carotovora.

El patógeno penetra al hospedante a través de heridas en la planta, las cuales, generalmente son ocasionadas por moscas de la fruta Anastrepha spp. (Ver sección Entomología). El patógeno se aisló en pequeñas cantidades (1 por ciento) en los adultos y en gran cantidad (90 por ciento) sobre/dentro de larvas colectadas en tallos infectados; el patógeno se halló solamente en la superficie del cuerpo de los adultos, en tanto que se encontró dentro de las larvas, cuando existía la relación bacteria/insecto en el tallo. El patógeno fue capaz de sobrevivir epifíticamente durante 132 horas, cuando la humedad relativa fue casi del 100 por ciento y su concentración aumentó en más de 100 veces. Las moscas adultas, por lo general, viven y se alimentan en desechos orgánicos en descomposición los cuales son comunes en las regiones productoras de yuca, en donde los vectores y la enfermedad son endémicos. Por consiguiente, es posible que en estas localidades, las moscas adultas se infesten y posteriormente, diseminen el patógeno sobre la superficie de la planta, cuando ovipositan en el tallo. Cuando la larva emerge, barrena el tallo y ocasiona una herida por la cual el patógeno, que ha sobrevivido epifíticamente sobre la superficie de la planta, penetra en los tejidos del tallo del hospedante. Este hecho se corrobora por la presencia de plantas atacadas por el insecto sólo durante los períodos lluviosos y por el hecho de que la asociación insecto/bacteria, durante períodos secos, es nula, aun cuando frecuentemente se observan la presencia del insecto y los daños ocasionados por los insectos vectores.

En las plantas que han sido inoculadas artificialmente la severidad de la enfermedad es mayor, cuando la humedad relativa es del 100 por ciento, que cuando es del 70 por ciento durante el período de incubación (Figura 25). En condiciones de campo, la incidencia (plantas infectadas/número total de plantas) y severidad de la enfermedad son altas durante la estación lluviosa. Durante la estación de sequía, los síntomas externos (pudrición total del tallo, desaparecen, pero el patógeno continúa la invasión de los tejidos de la médula de las plantas infectadas. No se encontraron diferencias significativas en el grado de pudrición del tallo entre cultivares inoculados artificialmente, por lo tanto, la enfermedad se controla más eficazmente mediante la identificación de cultivares resistentes al insecto o el control directo de los insectos.

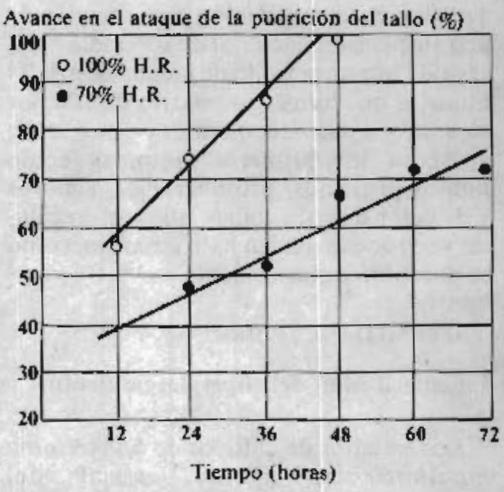


Figura 25. Progreso de la pudrición bacterial del tallo en 2 niveles de humedad.

Mancha angular de la hoja

Esta enfermedad se describió en Africa (Uganda) en 1956, pero aún no se ha publicado otro informe acerca de ella. En Carimagua (Llanos Orientales, Colombia), se encontraron en este año algunos cultivares afectados por la enfermedad, durante la estación lluviosa. La enfermedad, ocasionada por *X. cassavae* (patógeno que invade el parénquima), sólo se observa en el sistema foliar de la yuca en forma de lesiones acuosas angulares, muy similares a las inducidas por el ABY. Sin embargo, las manchas angulares son de menor tamaño y presentan una exudación de color amarillo pálido en el centro de las lesiones, en el envés de las hojas. Las manchas están rodeadas por un halo difuso de color amarillo pálido, el cual eventualmente se extiende a toda la lámina de la hoja y ocasiona la abscisión foliar 20 días después de la infección.

El patógeno se desarrolla bien pero lentamente en un medio azucarado, y produce colonias de color amarillo; estas dos características (crecimiento lento y colonias amarillas) lo distinguen de *X. manihotis*, el cual en un medio azucarado se desarrolla rápidamente y produce colonias mucoides de color blanco. De los 8 a 9 días de la inoculación por aspersión de una suspensión bacterial de 10^9 células/ml, seguida por un período de incubación de 24 horas, a una humedad relativa de 100 por ciento y a una temperatura de 25°C, aparecen los primeros síntomas como puntos pequeños, protuberantes, acuosos y de color marrón rojizo, que van creciendo y se rodean por un halo amarillo, como se describió anteriormente.

ENFERMEDADES FUNGOSAS

La enfermedad del superalargamiento

Los estudios de cultivos de *Sphaceloma manihoticola*, agente causal del superalargamiento, y de *S. poinsettiae* (Ver Informe Anual del CIAT, 1975), mostraron que estos dos organismos pueden mutar en forma relativamente fácil, en medios artificiales, produciendo colonias fenotípicamente diferentes a los cultivos originales. A menudo, aparecen colonias mucoides de color negro que pueden esporular más intensamente que las originales y permanecer estables, después de inocular y aislar varias veces un cultivo susceptible de yuca. Se observó que dichos mutantes son más virulentos que los cultivos originales en el mismo cultivar. Este hecho señala la posible existencia de razas fisiológicas en la naturaleza y/o la posibilidad de formar nuevos biotipos o razas en períodos relativamente cortos. En consecuencia, es muy importante para un programa de mejoramiento genético controlar esta enfermedad.

En general, se han observado tres tipos de resistencia de campo: a) inmunidad total, caracterizada por la ausencia de lesiones de la enfermedad en ciertos cultivares; b) ocurrencia de la enfermedad con lesiones foliares en un ciclo de 12 meses, pero sin alargamiento y/o deformación foliar; y c) inmunidad total durante los primeros cuatro meses del crecimiento de las plantas y posteriormente tolerancia, la cual se demuestra por la presencia de lesiones en las hojas, pecíolos y tallo verde, y alargamiento sólo en las partes muy jóvenes de la rama.

La severidad de esta enfermedad depende de la ocurrencia de períodos de lluvia prolongados, pero la reducción del rendimiento es casi nula cuando las plantaciones adquieren la infección a los cinco meses de iniciado el período de crecimiento (Ver Informe Anual del CIAT, 1975). En vista de que es factible que existan razas fisiológicas que interactúen con diferentes genotipos de yuca, especialmente cuando se presenta inmunidad total (a), los estudios posteriores se deben concentrar primordialmente en los otros tipos de resistencia (b y c).

Las evaluaciones de resistencia a la enfermedad se hacen mediante la utilización de parcelas rodeadas por cultivares susceptibles que presenten un fuerte ataque. Con base en los resultados de estas evaluaciones se determinó que en el banco de germoplasma del CIAT existen muy buenas fuentes de resistencia a esta enfermedad (Cuadro 20). Los cultivares resistentes han mantenido su resistencia durante un año bajo condiciones de exposición continua a un alto potencial de inóculo.

Cuadro 20. **Evaluación de campo de 488 cultivares y cruzamientos en generación F_1 por su resistencia al *Sphaceloma manihoticola* (superalargamiento de la yuca).**

Cultivares o híbridos evaluados	Severidad del ataque*		
	1	2	3
418 cultivares	7,2**	24,9	67,9
70 híbridos	10,0	18,6	71,4
Promedio	7,6	24,0	68,0

* Escala de severidad de ataque: 1 = resistente; 2 = tolerante y 3 = susceptible

** Porcentaje del número total evaluado.

Diseminación

Se sembraron estacas (cv M Col 310) provenientes de plantaciones limpias e infectadas con el objeto de determinar el efecto del agente causal de esta enfermedad sobre la germinación de estacas y su diseminación debido a la utilización de material de propagación infectado. El porcentaje de germinación de las estacas provenientes de plantaciones infectadas fue del 50 por ciento, y todos los retoños presentaron la infección.

La enfermedad se erradicó mediante el tratamiento de las estacas infectadas con captafol (80 por ciento) a una concentración de 8.000 ppm. Este fungicida no tuvo efectos inhibidores o tóxicos sobre las estacas tratadas. Los tratamientos de los cangres también lograron reducir notablemante las pérdidas en rendimiento durante las primeras etapas del crecimiento.

Manchas de anillos circulares (Phoma sp.)

Al concluir la evaluación de 1.139 cultivares de la colección del CIAT, se encontró que el 1,7 por ciento presenta resistencia, el 85,4 por ciento es susceptible y el 12,9 por ciento presenta alguna tolerancia.

La comparación de los rendimientos obtenidos a los 15 meses de la siembra, indica que los cultivares resistentes dieron el 190 por ciento del rendimiento promedio regional y los cultivares susceptibles, un 60 por ciento menos (Cuadro 21). Estos datos muestran que, en las regiones en donde esta enfermedad es endémica (bajas

Cuadro 21. **Rendimiento promedio (a los 15 meses) de 1.139 cultivares de yuca agrupados con base en su reacción a la mancha de anillos circulares (Phoma sp.)**

Reacción a la enfermedad	Rendimiento promedio (kg/planta)	Rendimiento con relación al rendimiento regional (%)
Rendimiento regional	1,2	100a*
Resistente	2,3	190b
Tolerante	1,0	80a
Susceptible	0,5	40b

* Los números seguidos por la misma letra no fueron significativamente diferentes al nivel de 0,01 (prueba F).

temperaturas y alta humedad relativa), los cultivadores de yuca han seleccionado, sin proponérselo, cultivares resistentes a la enfermedad y a las condiciones ambientales. Si se logra aumentar esta resistencia, los rendimientos que se podrían lograr en estas regiones se duplicarían (Cuadro 21). Sin embargo, la evaluación de la resistencia de los primeros 200 híbridos mostró que la frecuencia de la resistencia a esta enfermedad es bastante baja (Cuadro 22).

Manchas foliares inducidas por Cercospora spp.

Bajo las condiciones ambientales del CIAT, se determinó el efecto de la mancha parda ocasionada por *Cercospora henningsii* y del añublo pardo fungoso, ocasionado por *C. vicosae,* sobre la longevidad foliar y el rendimiento del cultivar susceptible Llanera, mediante la aplicación de fungicidas y adherentes durante periodos de 1, 2 y 3 semanas en un diseño de parcelas divididas.

La longevidad de las hojas sanas fue de 85 días y la de hojas infectadas, sin tratar con fungicidas, de 68 días (Cuadro 23). Los tratamientos con fungicidas redujeron el número de hojas infectadas en un 60 por ciento, pero sólo aumentaron la longevidad de las hojas infectadas en dos días. Los fungicidas aplicados semanalmente, redujeron el nivel de infestación y aumentaron la longevidad foliar. Con este tratamiento el rendimiento aumentó en un 14 por ciento (Cuadro 24). Es interesante anotar que el aumento de la longevidad foliar parece incrementar el rendimiento (Ver sección Fisiología). En este caso, el mayor rendimiento, aparentemente está relacionado con una mayor longevidad foliar.

Cuadro 23. Longevidad de hojas de yuca (var. Llanera), sanas e infectadas con *Cercospora henningsii* y/o *C. vicosae.*

Condición de sanidad	Longevidad (días)	No. de hojas
Hojas infectadas, sin tratamiento con fungicidas	68	367
Hojas infectadas y tratadas con fungicidas	70	4.732
Hojas sanas y tratadas cada semana	85	2.062

Cuadro 22 Evaluación de resistencia en generación F_1, de cruzamientos entre cultivares con diferentes grados de resistencia a Phoma sp.

Sistema de polinización	Total de cruzamientos (F_1)	Severidad del ataque*		
		1	2	3
Autopolinizado (resistente)	26	1(3,8%)**	15(57,7%)	10(38,5%)
Polinización libre	52	0(0,0%)	6(11,5%)	46(88,5%)
Polinización controlada:				
(susceptible x susceptible)	81	0(0,0%)	2(2,5%)	79(87,5%)
(resistente x resistente)	41	2(4,9%)	31(75,6%)	8(19,5%)

* Escala de severidad del ataque: 1 = resistente; 2 = tolerante y 3 = susceptible

** Porcentaje del número total de líneas evaluadas por tipo de cruzamiento.

Cuadro 24. Rendimiento de la planta de yuca (var. Llanera), con base en la frecuencia de aplicación individual de Dithane (M-45, Vitigran, Benlate y Macuprax, más un adherente (Triton o Tween 20).

Frecuencia de la aplicación	Rendimiento (ton/ha)
Todas las semanas	33,10a*
Quincenalmente	28,08b
Cada tres semanas	29,15b
Testigo	28,48b

* Los números seguidos por letras distintas, fueron significativamente diferentes a un nivel de 0,05.

Las evaluaciones de campo por resistencia a *C. henningsii*, *C. vicosae* y *C. caribaea* (Cuadro 25) mostraron resultados similares a los descritos anteriormente (Ver Informe Anual del CIAT, 1975). Un alto porcentaje de líneas F_1 presentaron resistencia a *C. henningsii* y *C. caribaea*, pero la resistencia a *C. vicosae* fue muy baja; la resistencia conjunta a *C. henningsii* y *C. vicosae* fue aún menor (Figura 26). Se encontró que la resistencia a cada especie de Cercospora es independiente y no está correlacionada

Roya de la yuca

El CIAT continuó los estudios sobre roya de la yuca, en colaboración con el

Cuadro 25. Evaluación de resistencia en generación F_1, de cruzamientos entre cultivares con diferente grado de resistencia a *Cercospora henningsii* (mancha parda) y *C. vicosae* (añublo pardo fungoso), bajo condiciones de campo.

	Severidad del ataque*		
Cercospora spp.	1	2	3
C. henningsii	616(46%)**	210(15%)	518(38%)
C. vicosae	53(4%)	208(15%)	1.083(81%)
C. caribaea	141 (34%)	154(37%)	118(29%)

* Escala de severidad del ataque: 1 = resistente; 2 = tolerante; 3 = susceptible
** Porcentaje del número total de líneas evaluadas en generación F_1 por tipo de cruzamiento.

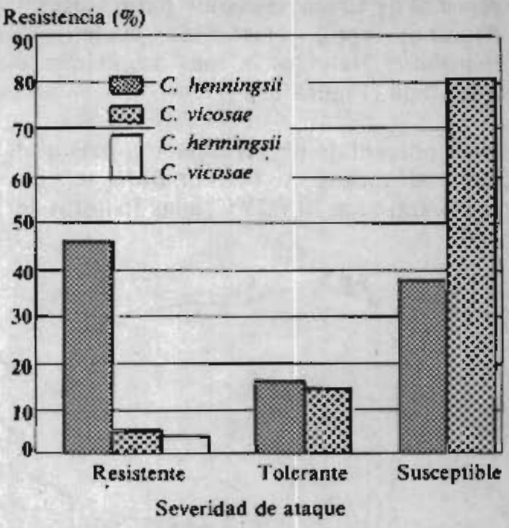


Figura 26. Evaluaciones de campo por resistencia a *Cercospora henningsii* y *C. vicosae* en generación F_1 de cruzamientos entre cultivares con diferentes grados de resistencia.

ICA y la Universidad Nacional (Ver Informe Anual del CIAT, 1975). Se hizo un análisis taxonómico de especies de Uromyces patogénicas a Manihot spp. Se analizó un total de 72 muestras provenientes de los siguientes herbarios y/o museos botánicos europeos y americanos: Royal Botanic Garden, C.M.I. Kew; Naturhistoriska Riksmuseet, Estocolmo; Botanischer Garten und Botanisches Museum, Berlin-Dahlem; Bureau of Plant Industry, USDA; Instituto Agronómico, Campinas; Micoteca Nacional, ICA, Bogotá.

Como resultado de los análisis, se reclasificaron 42 muestras y se caracterizaron mediante la comparación de cada una de ellas con la especie tipo o isotipo. La identificación de las especies de roya incluyó estudios sobre ornamentación y espesor de la pared celular, color, tamaño y formas de las teliósporas y uredósporas, características del pedicelo y número y posición de poros germinativos en las uredósporas.

En América Latina se han registrado seis

especies de Uromyces como patogénicas a Manihot spp., entre las cuales *U. manihotis* Henn. es la más ampliamente difundida (Figura 27).

El porcentaje de germinación más alto de uredósporas de *U. manihotis* se presentó entre los 20 y 25°C, a las 36 horas de su incubación en agar. Las uredósporas no germinaron a temperaturas de 1 y 35°C y su germinación se retardó cuando la intensidad de la luz fue mayor que 12.917 lux (1.200 bujías-pie). Cuando la humedad relativa fue inferior a 81 por ciento, las uredósporas no germinaron, pero cuando fue de 95 y 100 por ciento, la germinación



Figura 27. Distribución geográfica de Uromyces spp. en especies de Manihot spp.

fue de 18 y 68 por ciento, respectivamente. Se lograron infecciones satisfactorias cuando las plantas se inocularon por aspersión y se incubaron durante 12 horas a una humedad relativa del 100 por ciento. La concentración óptima del inóculo fue de 25 mg de uredósporas/40 ml de agua mas Tween 20 al 0,1 por ciento. Los primeros síntomas aparecieron de los 12 a 15 días de la inoculación. El mayor grado de severidad de la enfermedad se registró en plantas de cuatro semanas de edad. El patógeno penetra en el hospedante a través de las cavidades de los estomas, 4 a 5 horas después de la inoculación.

Bajo condiciones de campo (Mondomo, departamento del Cauca, Colombia), *U. manihotis* sólo produjo uredósporas. Después de evaluar 72 cultivares, únicamente el 8 por ciento mostró susceptibilidad, aclarando que la incidencia de la enfermedad fue moderada. Sin embargo, los cultivares M Col 113 y M Col 146 (los cuales presentaron alta tolerancia bajo condiciones de campo) se clasificaron como susceptibles, después de inocularlos bajo condiciones de invernadero. Parece que la alta incidencia del microparásito *Darluca filum* (Biv.) Cast. en pústulas de *U. manihotis* en las plantaciones de Mondomo, restringe la diseminación e incidencia de esta especie de roya de la yuca y limita la producción de uredósporas debido a que invade la totalidad de la estructura de fructificación de la roya.

Mediante la evaluación de la patogenicidad de *D. filum*, bajo condiciones controladas, se determinó que el parásito invade las lesiones de la roya después de 10 a 12 días de incubación, a una humedad relativa del 70 por ciento y temperatura de 25°C. El parasitismo de soros maduros por *D. filum* restringe la esporulación de *U. manihotis* en forma casi total. El hecho de que se hayan encontrado plantaciones de yuca infectadas por *U. manihotis* a diferentes alturas (Nariño, 1.700 m; CIAT, 1.006 m), hace pensar que posiblemente existan razas ecológicas del patógeno.

ENFERMEDADES OCASIONADAS POR AGENTES DESCONOCIDOS

Cuero de sapo

Esta enfermedad se describió por primera vez en 1974 (Ver Informe Anual del CIAT, 1975). Cuando se presenta, ocasiona pérdidas de gran magnitud (Ver sección Economía) y se han hecho intentos para determinar la causa de la enfermedad, identificar el agente causal y las formas de transmisión. Mediante los estudios nutricionales realizados (adición de elementos mayores y menores al suelo, en plantaciones muy afectadas) se determinó que esta enfermedad no se debe a una deficiencia nutricional o toxicidad ocasionada por un elemento. Igualmente, se hicieron experimentos con suelo esterilizado químicamente y con calor y se encontró que la enfermedad no es ocasionada por un patógeno presente en el suelo. Las investigaciones posteriores demostraron que el síndrome se debe a un agente infeccioso que se transmite por medio de estacas infectadas provenientes de plantaciones infectadas. El 87 por ciento de las estacas provenientes de plantaciones infectadas produjo plantas enfermas, pero ninguna de las plantas obtenidas de estacas sanas provenientes de plantaciones sanas, produjeron plantas enfermas en la misma localidad (Cuadro 26). Las estacas enfermas no presentaron necrosis o síntomas inducidos por organismos fungosos o bacteriales y los intentos por aislar hongos o bacterias de las estacas infectadas fueron negativos. Aún se desconoce el agente causal de esta enfermedad.

Los rendimientos de plantas afectadas por esta enfermedad pueden disminuir en un 50 por ciento; el índice de cosecha de las plantas enfermas es sumamente bajo debido a que producen pocas raíces gruesas y el desarrollo de la parte aérea es más vigoroso que el de las plantas sanas.

Cuadro 26. Efecto de la diseminación del cuero de sapo sobre el rendimiento y el índice de cosecha, mediante la utilización de material de propagación infectado proveniente de plantaciones enfermas y sanas*.

Origen de las estacas (cangres)	Plantas sanas	Plantas enfermas
Estacas provenientes de plantaciones infectadas		
Plantas cosechadas (no.)	50(13%)**	326(87%)**
Rendimiento (kg/planta)	1,40	0,70
Indice de cosecha	0,63	0,33
Estacas provenientes de plantaciones sanas		
Plantas cosechadas (no.)	360(100%)	0,0(0,0%)
Rendimiento (kg/planta)	1,0	-
Indice de cosecha	0,84	-

* Las estacas se sembraron en un campo en el cual el cultivo anterior presentó un 92% de infección
** Porcentaje del número total de plantas cosechadas.

La enfermedad se puede erradicar y los rendimientos se pueden aumentar hasta más de tres veces el promedio del rendimiento esperado bajo condiciones de incidencia de la enfermedad, mediante la utilización de material de propagación sano proveniente de plantaciones enfermas o sanas.

Antracnosis

Se había informado que esta enfermedad era ocasionada por *Colletotrichum manihotis* Henn; sin embargo, se encontró que otras especies de Colletotrichum y Gloeosporium pueden también ocasionar la antracnosis en la yuca. Se identificaron las siguientes especies como agentes causales de la antracnosis: *C. manihotis, C. dematium, C. gloeosporioides* y Gloeosporium sp.

Los síntomas inducidos por estos patógenos son similares a los del añublo foliar, pudrición de las yemas, muerte descendente y chancros en el tallo. Sin embargo, aún no se han identificado los síntomas específicos ocasionados por cada uno de estos patógenos. Generalmente, la incidencia de estos patógenos es mayor durante períodos lluviosos prolongados.

Manchas foliares inducidas por Periconia

En algunas plantaciones de yuca se han observado manchas necróticas en las hojas, distintas a las inducidas por *Cercospora caribaea* y otros patógenos foliares conocidos. Las manchas son de tamaño variable, color marrón claro, con márgenes bien definidas; por lo general, son coalescentes, o sea que forman lesiones necróticas, irregulares y grandes, las cuales frecuentemente se observan a finales de la estación lluviosa. Las lesiones son inducidas por un hongo del género Periconia. Los estudios taxónomicos indican que el hongo puede pertenecer a la especie *P. shyamala* debido a que los conidióforos son similares a los de *P. byssoides*, pero sus conidios sólo tienen un diámetro de 17,5 µ (16 a 20 µ). Hasta el presente, la enfermedad no tiene importancia debido a su baja severidad e incidencia.

SELECCION Y TRATAMIENTO DEL MATERIAL DE PROPAGACION

Durante el establecimiento de las estacas casi siempre ocurrieron pérdidas debido al ataque de patógenos presentes en el suelo (Ver Informes Anuales del CIAT, 1972 y 1973). Estas pérdidas se redujeron

sumergiendo las estacas en algunas soluciones fungicidas durante cinco minutos.

Se sometieron a prueba 35 fungicidas y sus mezclas (Cuadro 27); se lograron las siguientes conclusiones: a) algunos fungicidas protegen las estacas contra la mayoría de los patógenos de la yuca presentes en el suelo y su efecto puede durar hasta 60 días; b) mediante el tratamiento de las estacas con ciertos fungicidas, la germinación de las yemas es más rápida y mayor que la de los testigos sin tratamiento; y c) algunos fungicidas inducen un enraizamiento y crecimiento más rápido de los retoños que del testigo.

A pesar de que no se ha determinado el efecto del tratamiento de las estacas con fungicidas sobre el rendimiento, los resultados promisorios y el bajo costo de los tratamientos indican que es razonable tratar las estacas con fungicidas antes de la siembra. Además, se debe prestar especial atención a la selección y cuidados durante la preparación, manejo y siembra de las estacas, para asegurar un buen establecimiento del cultivo y para evitar futuros problemas con enfermedades.

También se demostró que mediante la selección de estacas sanas provenientes de plantaciones libres de agentes causales sistémicos (agentes causales del añublo bacterial, pudrición bacterial del tallo, del superalargamiento, del cuero de sapo, virus y micoplasmas) y chancros, pudriciones y/o cualquier necrosis vascular o epidérmica, es posible evitar la diseminación de enfermedades y asegurar un alto porcentaje de germinación y desarrollo del cultivo.

Cuadro 27. Efecto de 5 fungicidas o mezlas más promisorias sobre el material de propagación de yuca, mediante la inmersión de estacas en una suspensión del fungicida, durante 5 minutos.

		Ensayo en el invernadero*		Ensayo en el campo*	
Tratamiento	Concentración (ppm)	Altura de los retoños** (cm)	Yemas germinadas (%)	Altura de los retoños** (cm)	Peso/ planta (g)
clorotalonil	2.000	14,4	44,4	12,7	250,6
	4.000	12,4	57,1	12,7	215,0
	8.000	11,6	44,4	12,2	213,0
maneb	2.000	11,7	61,7	12,6	242,0
	4.000	12,1	56,6	12,2	224,6
	8.000	14,3	62,2	12,0	212,3
captan	1.000	11,7	56,2	12,3	232,0
+ BCM	2.000	14,8	58,5	13,8	260,6
	4.000	14,5	67,6	12,7	245,6
	8.000	12,2	54,0	12,8	231,3
clorotalonil	4.000	14,4	40,0	11,9	210,6
+ maneb	8.000	12,0	68,4	12,1	207,0
clorotalonil	4.000	12,9	47,8	12,2	210,3
+ captafol	8.000	12,5	65,7	12,6	215,0
Testigo		7,8	40,6	10,6	159,6

* Promedio de los datos obtenidos de 3 replicaciones, con 9 estacas cada una.
** Diferencia significativa a un nivel de 0,01 entre los tratamientos y el testigo.

FITOMEJORAMIENTO

Durante 1976, las líneas del CIAT (tanto los materiales del germoplasma como los híbridos seleccionados), sobrepasaron en rendimiento a los cultivares locales en ensayos realizados en la sede del CIAT y en otras localidades. Los resultados indican que mediante hibridaciones y selecciones se pueden producir, relativamente fácil, genotipos de altos rendimientos. Se hicieron miles de hibridaciones y se evaluaron en ensayos de observación del rendimiento y en pruebas replicadas de rendimiento, tanto en el CIAT como en otras localidades. Se distribuyeron miles de híbridos y semillas obtenidas de polinización libre a los fitomejoradores de América Latina, Asia y Africa. Se seleccionaron varias líneas para su multiplicación e inclusión en pruebas regionales (Cuadro 28).

Se determinó que el contenido de almidón de la raíz y la durabilidad de la misma, después de la cosecha, son características de alta heredabilidad, cuyos valores genéticos relativos son estables en una gran diversidad de condiciones ambientales. Se identificaron nuevos grupos

Cuadro 28. **Número de genotipos producidos, evaluados y seleccionados durante 1976.**

Parámetros	CIAT	Carimagua	Caribia	Popayán
Colección de germoplasma	2.269			
Semillas híbridas producidas (sin incluir las semills de polinización libre)	30.007			
Semillas híbridas sembradas	22.482			
Plantas híbridas cosechadas (sembradas en 1975)	16.196			
Plantas híbridas seleccionadas	1.558			
Líneas sembradas en ensayos de observación de rendimiento	2.057	490	463	230
Líneas cosechadas en un ensayo de observación de rendimiento (establecido en 1975)	1.268	300	370	388
Líneas sembradas en una prueba replicada de rendimiento	483	78	90	
Líneas cosechadas en una prueba replicada de rendimiento	63	20	36	
Líneas seleccionadas para su multiplicación	30			
Semillas híbridas distribuidas a otros programas	6.628 (+ aproximadamente 30.000 semillas obtenidas por polinización libre)			

de genotipos, valiosos por su resistencia al ABY, superalargamiento y mancha de anillos circulares (**Phoma** sp.). También se encontró que se pueden obtener altos rendimientos de yuca, incluso en suelos infértiles muy ácidos, como los de los Llanos Orientales de Colombia. Finalmente, con el mismo genotipo de alto rendimiento se puede obtener una buena producción bajo condiciones ambientales variables como un rango de pH del suelo de 4,5 a 7,8 y de temperatura anual promedio de 24 a 28°C.

ENSAYOS DE RENDIMIENTO

En 1973 se desarrollaron varios miles de híbridos sin tener aún un buen conocimiento sobre cuáles eran los progenitores realmente útiles. Los híbridos resultantes se sembraron en ensayos de observación de rendimiento, establecidos en 1974, en los cuales no se hicieron selecciones en la etapa de plántula; o sea que los primeros híbridos seleccionados, sólo pasaron por una etapa de selección antes de entrar a las pruebas replicadas de rendimiento. Actualmente, los nuevos híbridos pasan por tres etapas: selección de progenitores, selección en la etapa de plántula y selección en los ensayos de observación de rendimiento.

Durante 1975, se sembraron 150 de estos híbridos en pruebas replicadas de rendimiento en la sede del CIAT. Sin embargo, durante 1976 sólo se cosecharon 58, debido a que los otros híbridos se perdieron a causa de áreas con alta salinidad en los suelos y mal drenaje del terreno. Un híbrido dio un rendimiento de más de 50 ton/ha y otros ocho dieron rendimientos de más de 40 ton/ha. Muchos de estos materiales produjeron rendimientos mayores a los logrados con el cultivar local (Cuadro 29). Los resultados han sido promisorios e indican que mediante una simple selección, se pueden producir híbridos de altos rendimientos en forma relativamente fácil.

En la Estación Experimental de Carimagua, localizada en los Llanos Orientales, el cultivar M Col 1684 dio un rendimiento de 36,8 ton/ha (11,8 ton/ha de materia seca) y muchos cultivares

Cuadro 29. Resultados obtenidos en una prueba replicada de rendimiento, establecida en la sede del CIAT* (ciclo de cultivo 1975-1976).

Líneas	Rendimiento de raíces** peso fresco (ton/ha/año)	Contenido de materia seca de la raíz**	Rendimiento de materia seca de la raíz** (ton/ha/año)
SM1-150	52,2	0,310	16,2
SM1-162	45,8	0,326	14,9
CM192-1	45,3	0,358	16,2
SM1-211	44,4	0,324	14,4
CM104-3	43,6	0,332	14,5
CM156-3	42,5	0,356	15,1
SM1-193	41,9	0,322	13,5
SM1-223	40,3	0,346	13,9
CM192-5	38,9	0,350	13,6
CM208-10	38,3	0,318	12,2
M Col 22 (testigo)	35,3	0,372	13,1
M Col 113 (variedad local)	27,2	0,306	8,3
Llanera (testigo)	25,3	0,304	7,7

* Sin aplicación de fertilizantes (pH del suelo = 7,8; temperatura promedio anual = 24°C

** Todos los datos de rendimiento corresponden al promedio de 2 replicaciones, de 9 plantas cada una, sembradas a distancias de 1 x 1 m; se eliminaron 2 surcos de bordura.

produjeron más de 20 ton/ha (Cuadro 30). El suelo de esta región es ácido (pH 4,5) y tiene un nivel de fertilidad bajo; el nivel de aluminio es tan alto que la mayoría de los cultivos no pueden crecer, incluso con una aplicación relativamente alta de fertilizantes. Este hecho indica que la yuca es un cultivo muy eficiente en la produción de carbohidratos, en suelos pobres y ácidos. Existe la posibilidad inmediata de hacer una selección de variedades de yuca para este tipo de suelo.

En Caribia (pH 6,5; temperatura promedio de 28°C), el cultivar M Col 1684, nuevamente produjo el mayor rendimiento con 44,2 ton/ha (Cuadro 31). Siete cultivares seleccionados en el CIAT y en el ICA, dieron rendimientos de más de 30 ton/ha y muchos de estos materiales superaron ampliamente a los cultivares locales.

En 1975, M Col 1684 fue también uno de los once cultivares que produjo más de 50 ton/ha en las condiciones del CIAT. El pH del suelo del CIAT es de 7,8 aproximadamente y se considera muy fértil. Esto indica que el mismo genotipo de alto rendimiento se puede adaptar a diversas condiciones de fertilidad, pH del suelo (desde 4,5 hasta 7,8) y temperatura (24 a 28°C). En casi todo el mundo la yuca se cultiva dentro de estas condiciones. En consecuencia, los datos no solamente indican que la yuca se puede cultivar ventajosamente en una gran diversidad de condiciones ambientales, sino también que un sólo genotipo de alto rendimiento se puede adaptar a gran parte de estas condiciones variables.

En el CIAT se observó una correlación altamente significativa entre el índice de cosecha y el rendimiento de raíces, con una ligera tendencia de los cultivares, con índice de cosecha demasiado alto, a dar rendimientos más bajos (Figura 28). Esta correlación también fue significativa tanto en Carimagua (Figura 29) como en Caribia (Figura 30). En 1975 (Ver Informe Anual del CIAT) se demostró que el índice de cosecha es una característica altamente eficiente y confiable para seleccionar por rendimientos de raíces, durante la selección de los progenitores para cruzamien-

Cuadro 30. **Resultados obtenidos en una prueba replicada de rendimientos, establecida en Carimagua* (ciclo de cultivo 1975-1976).**

Cultivar	Rendimiento de raíces** peso fresco (ton/ha/año)	Contenido de materia seca de la raíz**	Rendimiento de materia seca de la raíz** (ton/ha/año)
M Col 1684	36,8	0,320	11,8
CM 180-5	26,1	0,358	9,3
M Col 710	25,0	0,353	8,8
M Mex 59	24,8	0,357	8,9
M Col 1468	24,7	0,310	7,7
M Col 638	24,3	0,324	7,9
M Ven 326	23,4	0,350	8,2
M Col 22	23,2	0,349	8,1
M Col 655A	23,2	0,373	8,7
M Col 5	23,1	0,342	7,9
Llanera (testigo)	23,0	0,339	7,8

* Se aplicó la siguiente mezcla de fertilizantes: 100 kg/ha de N; 200 kg/ha de P_2O_5; 200 kg/ha de K_2O y 115 kg/ha de Ca (pH del suelo = 4,5 y temperatura promedio anual = 26°C)

** Todos los datos de rendimiento corresponden al promedio de 2 replicaciones, con 9 plantas cada una, sembradas a distancias de 1 x 1 m; se eliminaron 2 surcos de bordura.

Cuadro 31. Resultados obtenidos en una prueba replicada de rendimientos, establecida en Caribia* (ciclo de cultivo 1975-1976.

Cultivar	Rendimiento de raíces** peso fresco (ton/ha/año)	Contenido de materia seca de la raíz	Rendimiento de materia seca de la raíz** (ton/ha/año)
M Col 1684	44,2	0,296	13,1
M Ven 307	37,5	0,344	12,9
M Col 1468 (CMC 40)	35,0	0,269	9,4
M Mex 59	32,8	0,337	11,1
CMC 180	32,2	0,315	10,1
CMC 144	30,6	0,302	9,2
CMC 151	30,6	0,315	9,6
M Ven 326	29,4	0,306	10,0
M Ven 318	29,2	0,344	10,0
CMC 74	27,2	0,357	9,7
M Col 22 (testigo)	26,9	0,350	9,4
Majetera (local)	23,1	0,360	8,3
Llanera (testigo)	19,4	0,291	5,6
Manteca (local)	17,5	0,350	6,1
Montero (local)	13,6	0,370	5,0

* Sin aplicación de fertilizantes (pH del suelo = 6,5 y temperatura promedio anual = 28°C)
** Todos los datos de rendimiento corresponden al promedio de 2 replicaciones de 9 plantas cada una, sembradas a distancias de 1 x 1 m; se eliminaron 2 surcos de bordura.

tos, selección durante la etapa de plántula y en ensayos de un solo surco. Los resultados de este año corroboran aún más la validez del índice de cosecha, como un carácter confiable de selección para obtener altos rendimientos, en una gran diversidad de condiciones ambientales.

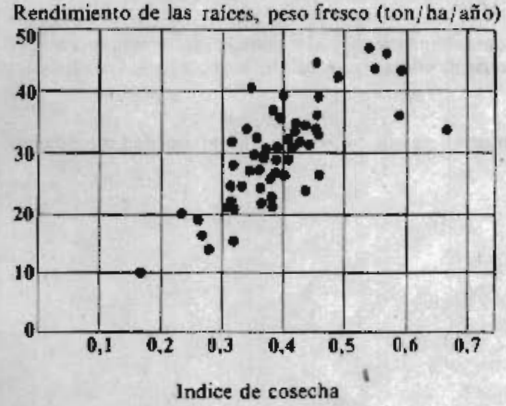


Figura 28. Relación entre índice de cosecha y rendimiento de raíces, CIAT, 1976.

EVALUACION DE HIBRIDOS

Durante 1976 se cosecharon aproximadamente 16.000 híbridos provenientes de cientos de cruzamientos. De esta población, se seleccionaron casi 1.500

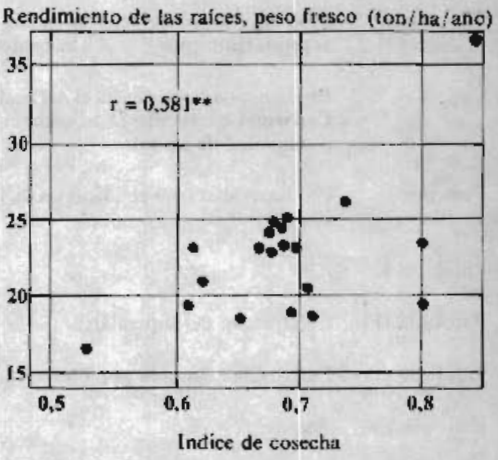


Figura 29. Relación entre índice de cosecha y rendimiento de raíces, en Carimagua.

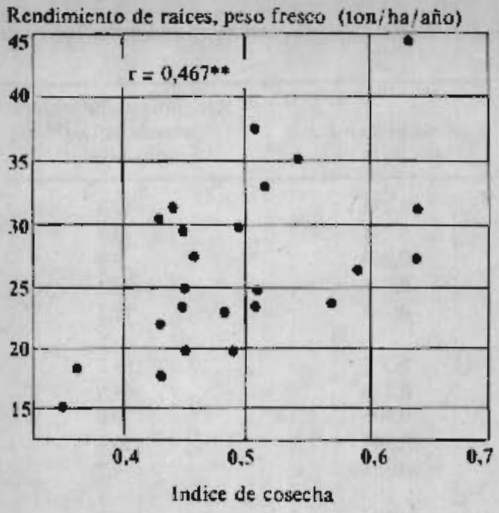


Figura 30. Relación entre índice de cosecha y rendimiento de raíces, en Caribia.

híbridos los cuales fueron sembrados en los ensayos de observación de rendimiento y cerca de 500 líneas seleccionadas se están evaluando en pruebas replicadas en la sede del CIAT y en ensayos de observación de rendimiento en otras localidades (Cuadro 28).

En el CIAT, todas las plántulas híbridas se seleccionan por su productividad, principalmente en base al índice de cosecha. En esta etapa, el material vegetativo proveniente del tallo de algunos genotipos, se prepara para su evaluación por resistencia a enfermedades. Después de cosechar el ensayo de observación de rendimiento en el CIAT, los cultivares mejores se seleccionan por diferentes caracteres. Los terrenos de la sede del CIAT se matienen libres de dos de las enfermedades más importantes que son el ABY y el superalargamiento; el grupo de fitopatología erradicó al ABY hace cuatro años. En consecuencia, los híbridos se pueden evaluar por la capacidad de alto rendimiento per se. En el Cuadro 32 se presenta un breve resumen del esquema de evaluación.

HIBRIDACION

Se han obtenido suficientes datos para

Cuadro 32. Esquema básico para evaluar los híbridos de yuca.

Localidad	Principales caracteres que se evalúan
CIAT	Productividad; contenido de almidón y de HCN; durabilidad de las raíces; trips
Carimagua	Productividad; tolerancia a suelos ácidos y de baja fertilidad y a la sequía; resistencia al superalargamiento y al ABY; contenido de almidón; durabilidad de las raíces
Caribia	Productividad; resistencia al ABY, al superalargamiento y a las manchas foliares inducidas por Cercospora; crecimiento bajo condiciones de clima seco y cálido; alto contenido de almidón; durabilidad de las raíces
Popayán	Productividad bajo condiciones de temperatura fría; resistencia a la enfermedad causada por **Phoma**
Patología I	ABY
Patología II	Enfermedad del superalargamiento
Patología III	Enfermedad causada por **Phoma**
Entomología	Acaros
Fisiología	Actividad fotosintética

demostrar que se pueden producir y seleccionar, en forma relativamente fácil, híbridos con altos rendimientos y amplia adaptación. En consecuencia, la estrategia de la hibridación y selección consiste en producir en el CIAT cientos y, de ser posible, miles de recombinaciones que den rendimientos de más de 50 ton/ha, empleando diversidad de progenitores, y evaluar estos híbridos bajo un amplio espectro de condiciones ambientales. Al mismo tiempo, se incorpora a la totalidad de la población, la mayor resistencia posible a enfermedades y plagas.

Productividad general y amplia adaptación

De la colección original de germoplasma, los cultivares M Col 655A, M Col 1292, M Col 1684, M Mex 17, M Mex 59, M Ven 168, M Ven 185, M Ven 218, M Ven 270, M Pan 70 y M PTR 26, continúan en la lista de progenitores importantes para incluirlos en hibridaciones. Después de un ciclo de hibridación y selección, se dispone de una gran cantidad de genotipos con alto índice de cosecha y otros caracteres agronómicos favorables. Todos estos materiales se cruzan entre ellos y con genotipos resistentes a enfermedades, etc.

Un ejemplo de lo anterior es el caso del cultivar M Col 1684, el cual tiene un índice de cosecha muy alto; por lo tanto, hace más de un año se está incluyendo en hibridaciones, habiéndose producido hasta el presente, aproximadamente 5.000 semillas híbridas de este cultivar.

Resistencia al ABY

El cultivar M Col 647 ha sobresalido entre los cuatro genotipos resistentes al ABY (M Col 197, M Col 638, M Col 647 y M Col 667), los cuales se han utilizado como fuente de genes de resistencia. Después de un ciclo de cruzamientos con M Col 647, resultaron cantidades de híbridos con alto índice de cosecha y resistencia al ABY. Aparentemente, la resistencia al ABY es multigénica. Incluso en Taiwan, las progenies de M Col 647 presentaron altos niveles de resistencia*, lo cual indica que la resistencia al ABY puede ser relativamente estable.

Resistencia al superalargamiento

Existen dos tipos de fuentes de resistencia (Ver sección Fitopatología). Un tipo incluye algunos cultivares, tales como M Col 803 y M Mex 52, los cuales son totalmente resistentes (al menos en las evaluaciones realizadas hasta el momento) y no presentan síntomas de la enfermedad, aun bajo condiciones de alta concentración del inóculo; el segundo tipo incluye cultivares como Llanera, M Col 22 y M Col 638 los cuales, básicamente son susceptibles a la enfermedad, aunque ésta se desarrolla lentamente en estos cultivares durante los primeros meses del crecimiento. La estrategia del mejoramiento genético contra esta enfermedad depende de las investigaciones que en el futuro realice el grupo de fitopatología, para decidir cuál de los dos tipos de resistencia es mejor.

Resistencia a la mancha de anillos circulares (Phoma sp.) y tolerancia al frío.

En un esfuerzo conjunto entre los grupos de fitopatología, fisiología, agronomía y fitomejoramiento, se determinó que los genotipos de yuca seleccionados podrían dar rendimientos muy altos, incluso bajo una temperatura anual promedio de 20°C o a una altura de 1.800 metros, cerca de la línea ecuatorial, en donde prevalece la enfermedad ocasionada por **Phoma**. También se encontró que la resistencia a **Phoma** es genéticamente independiente de la tolerancia al frío. Se determinó que algunos cultivares como Popayán, tienen un nivel aceptable de resistencia a **Phoma** y tolerancia al frío, por lo cual se hicieron

* Leu (Comunicación personal).

numerosas hibridaciones con el cultivar Popayán en un intento por combinar el alto índice de cosecha y otros caracteres agronómicos deseables con resistencia a **Phoma** y tolerancia al frío.

Mayor contenido de materia seca

El cultivar M Col 22, progenitor utilizado con frecuencia en hibridaciones realizadas en la sede del CIAT durante 1973, debido a su alto índice de cosecha y contenido de materia seca y almidón, se cruzó frecuentemente con M Col 655A, M Col 1292 y M Ven 270, los cuales también presentan un alto contenido de materia seca; de estos cruces resultaron muchas líneas con un contenido de materia seca muy alto. Para las hibridaciones se emplean 12 líneas que constantemente han presentado un contenido de materia seca de las raíces, de más del 40 por ciento. Sin embargo, algunas líneas como M Col 670A y M Col 1468, las cuales tienen caracteres favorables, se suprimieron de la lista de progenitores para la obtención de híbridos, por su bajo contenido de materia seca.

Durabilidad de las raíces después de cosechadas

Un cultivar del germoplasma original y ocho híbridos se mantienen en la lista de los materiales frecuentemente utilizados en hibridaciones por presentar este factor (Ver sección sobre durabilidad de las raíces).

Líneas con esterilidad masculina

Teniendo en cuenta que las autopolinizaciones ocurren con relativa frecuencia en tipos de floración normal y que las progenies de las autopolinizaciones, por lo general no son útiles (Ver Informe Anual del CIAT, 1974), es muy recomendable utilizar líneas con esterilidad masculina para obtener semillas por polinización libre. Se están utilizando los siguientes cultivares con esterilidad masculina: M Col 113, M Col 755, M Col 882, M Col 884, M Col 1052 y M Mex 1. Sin embargo, se están buscando híbridos con esterilidad masculina que también tengan características agronómicas deseables.

CONTENIDO DE MATERIA SECA Y ALMIDON

En tres experimentos varietales, realizados en el CIAT durante 1975 y 1976, se analizó la relación existente entre la gravedad específica de la raíz y el contenido de materia seca de la misma (Figura 31). La regresión del contenido de materia seca de la raíz sobre la gravedad específica de la misma fue altamente significativa (r^2 = 0,839**) y no hubo mucha desigualdad entre los diferentes años. La desviación de la regresión es considerable, pero resulta pequeña cuando se compara con la variación del contenido de materia seca (0,23 a 0,41) que se encuentra en nuestras colecciones. En consecuencia, este método es una herramienta de selección confiable.

El contenido de materia seca en la raíz de las variedades utilizadas en el experimento realizado en 1974, presentó alta correlación (r = 0,678**) con el experimento de 1974 (Figura 32), el cual tuvo a su vez una alta correlación (r = 0,695**) con el experimento de 1976 (Figura 33). El contenido de materia seca de la raíz en el CIAT, se correlacionó altamente con el de Carimagua (r = 0,662**, Figura 34) y Caribia (r = 0,641**, Figura 35). Estos datos indican que el contenido de materia seca de la raíz, que es casi paralelo al contenido de almidón (Ver Informe Anual del CIAT, 1975), es un carácter genético muy estable, bajo una gran diversidad de condiciones ambientales.

Un análisis de 37 cruzamientos diferentes demostró que, en lo que respecta al contenido de materia seca de la raíz, la regresión del valor del progenitor sobre el promedio de su correspondiente población F_1, fue altamente significativa (Figura 36). El efecto de los genes aditivos debe ser

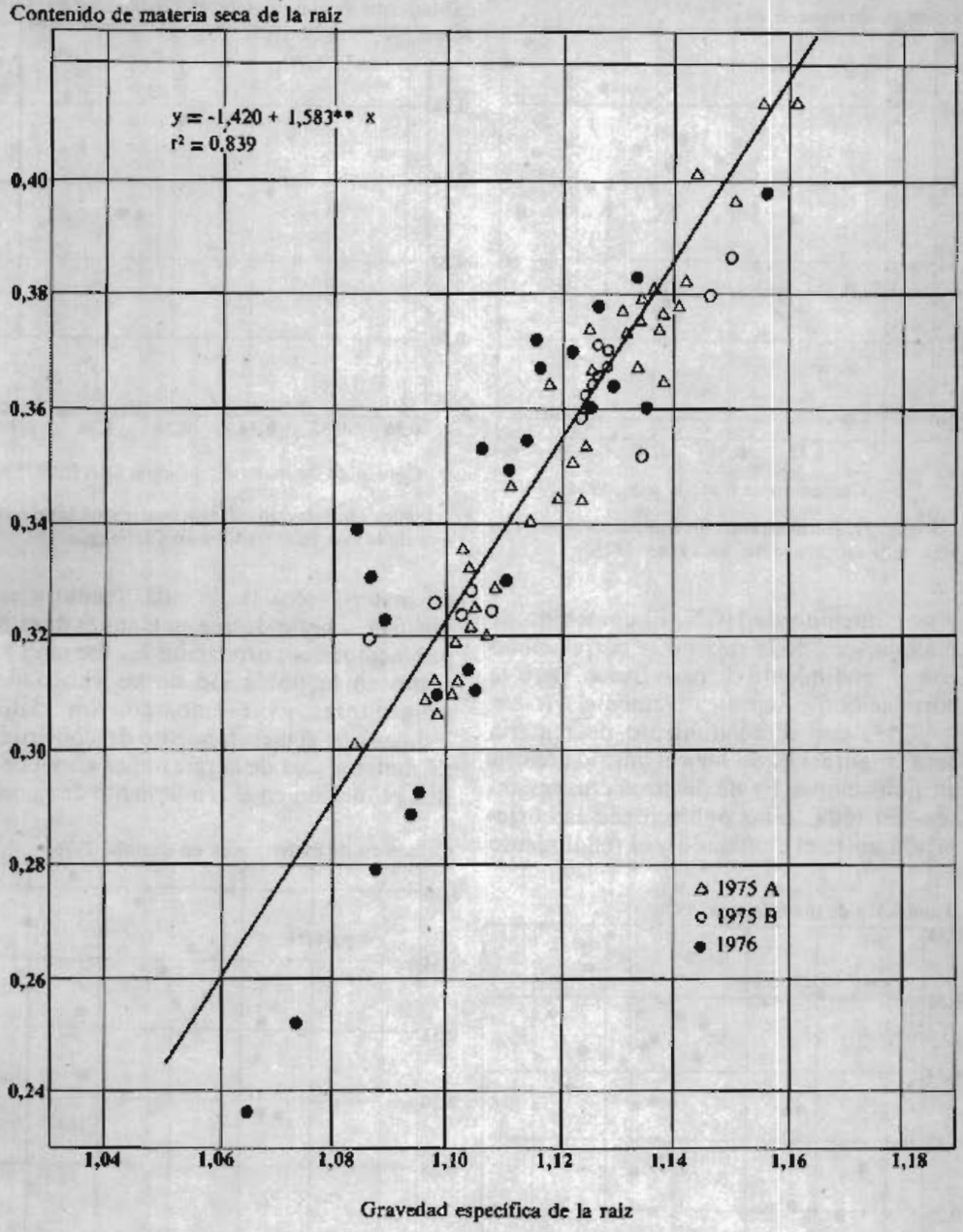


Figura 31. Regresión de la gravedad específica de la raíz sobre el contenido de materia seca de la misma, en 3 ensayos.

significativo y se espera que el alto contenido de materia seca de algunos genotipos, se transfiera a otros genotipos favorables sin mayor dificultad.

En uno de los experimentos varietales realizados en el CIAT, se analizó la relación entre el contenido de materia seca de la raíz con su rendimiento de peso fresco

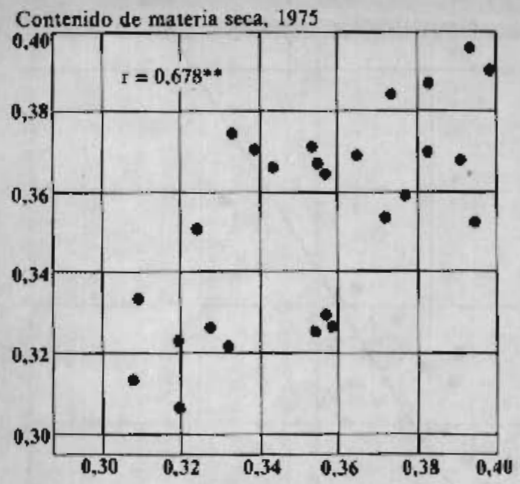


Figura 32. Relación entre los contenidos de materia seca de la raíz, obtenidos en 1974 y 1975.

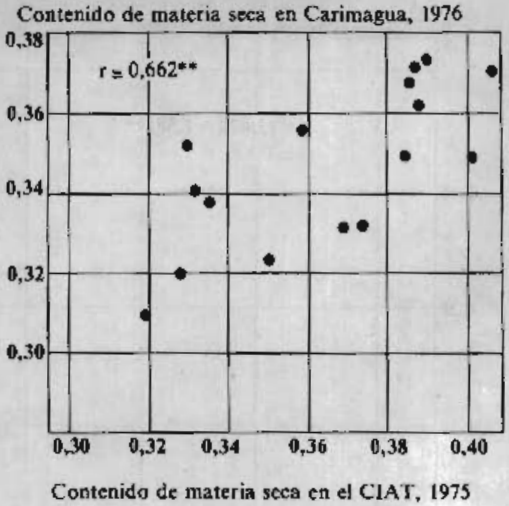


Figura 34. Relación entre los contenidos de materia seca de la raíz, en el CIAT y en Carimagua.

y su contenido de HCN. El contenido de materia seca de la raíz no se correlacionó con el rendimiento de peso fresco, pero se correlacionó significativamente (r = 0,407**) con el rendimiento de materia seca (Figura 37). Se hizo el mismo análisis en poblaciones F_1 de diversos cruzamientos. En todas estas poblaciones, la correlación entre el contenido y el rendimiento de materia seca de la raíz, tendió a ser positiva, a pesar de que en algunas de estas poblaciones la correlación no fue tan alta como en la población de las variedades progenitoras. Sin embargo, los datos indican que el mejoramiento del contenido de materia seca de la raíz nunca conduce a una reducción en el rendimiento de raíces,

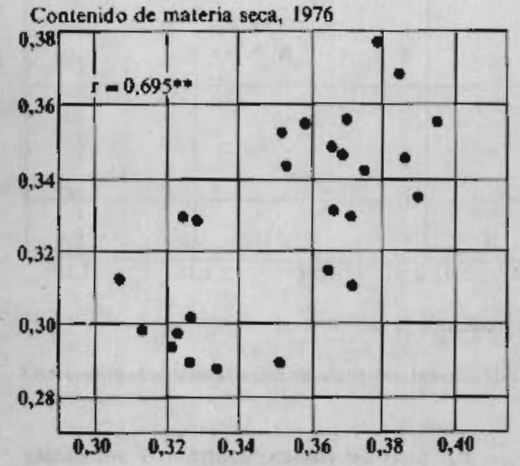


Figura 33. Relación entre los contenidos de materia seca de la raíz, obtenidos en 1975 y 1976.

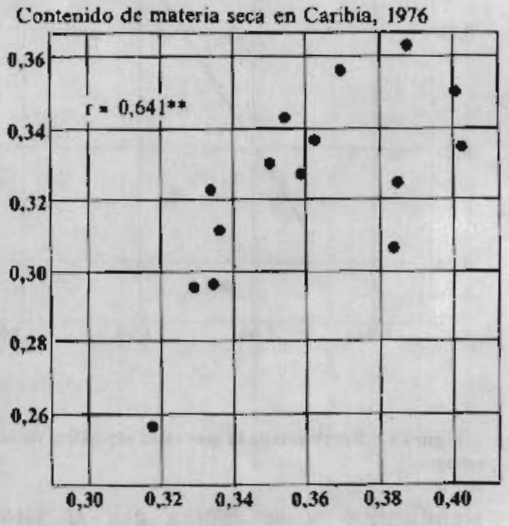


Figura 35. Relación entre los contenidos de materia seca de la raíz, en el CIAT y en Caribia.

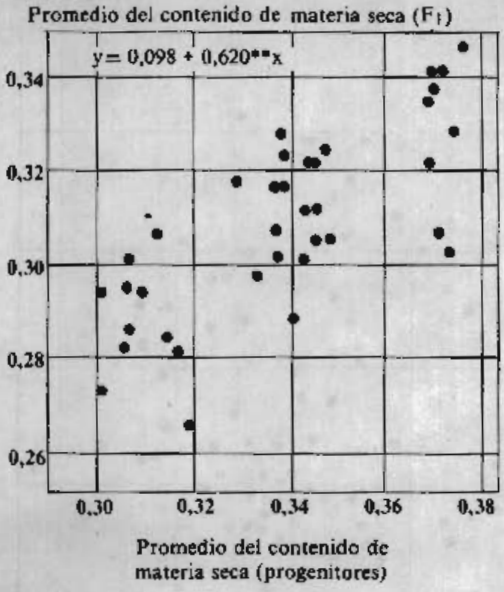


Figura 36. Regresión del promedio del contenido de materia seca de la raíz de materiales en generación F_1 (plantas de 10 meses) sobre el promedio del contenido de materia seca de la raíz de los progenitores.

tanto en base a peso fresco como en base a materia seca.

No existe evidencia alguna que indique que el contenido de materia seca de la raíz está relacionado con el de HCN (Cuadro 33). Como ya se ha establecido (Ver Informe Anual del CIAT, 1973) que el contenido de HCN no se correlaciona con la resistencia a insectos (trips y gusano cachón) y enfermedades (manchas foliares ocasionadas por Cercospora) ni con el contenido de almidón, es conveniente refutar la creencia popular de que la yuca amarga es resistente a enfermedades e insectos y de que es ventajosa para la producción de almidón.

Se incluyeron doce líneas en la lista para hibridaciones como fuente genética para obtener alto contenido de materia seca en las raíces.

DURABILIDAD DE LAS RAICES DESPUES DE LA COSECHA

Las observaciones hechas en raíces cosechadas de yuca, indican que existen por lo menos dos tipos de deterioro en la raíz después de la cosecha: un veteado en el sistema vascular y una deterioración total de la raíz. El veteado vascular se presenta de los 2 a 7 días de la cosecha. Esto no conduce necesariamente, en forma inmediata, a la pudrición total de la raíz. Sin embargo, no hay duda de que el veteado vascular afecta drásticamente la calidad de las raíces, especialmente cuando se destinan al consumo humano. La deterioración general y total, se presenta generalmente 1 a 2 semanas después de la cosecha en raíces que ya han sido afectadas por el veteado vascular, cuando la raíz pasa de una condición anaerobia a una aerobia.

El cultivar M Col 22 es muy susceptible al veteado vascular (Figura 38), pero es relativamente resistente a la pudrición general (Figura 39). El cultivar M Col 670A es resistente al veteado vascular (Figura 38), pero susceptible a la pudrición general (Figura 39). La variedad Llanera, al igual que la mayoría de los genotipos, es susceptible tanto al veteado vascular como a la pudrición general (Figuras 38 y 39). La variedad M Col 1816 es resistente a las dos condiciones (Figura 39), y su raíz se puede consumir hasta dos semanas después de cosechada. Estos datos indican que la durabilidad de las raíces es un carácter genético y que el veteado vascular y pudrición general son independientes el uno del otro.

Se adoptaron dos métodos para evaluar genotipos por durabilidad de las raíces: a) una valoración cuantitativa de la severidad del veteado vascular, en las raíces mantenidas bajo condiciones de sombrío, durante una semana después de la cosecha; y b) una valoración cuantitativa de la combinación del veteado vascular y la pudrición general de la raíz mantenida

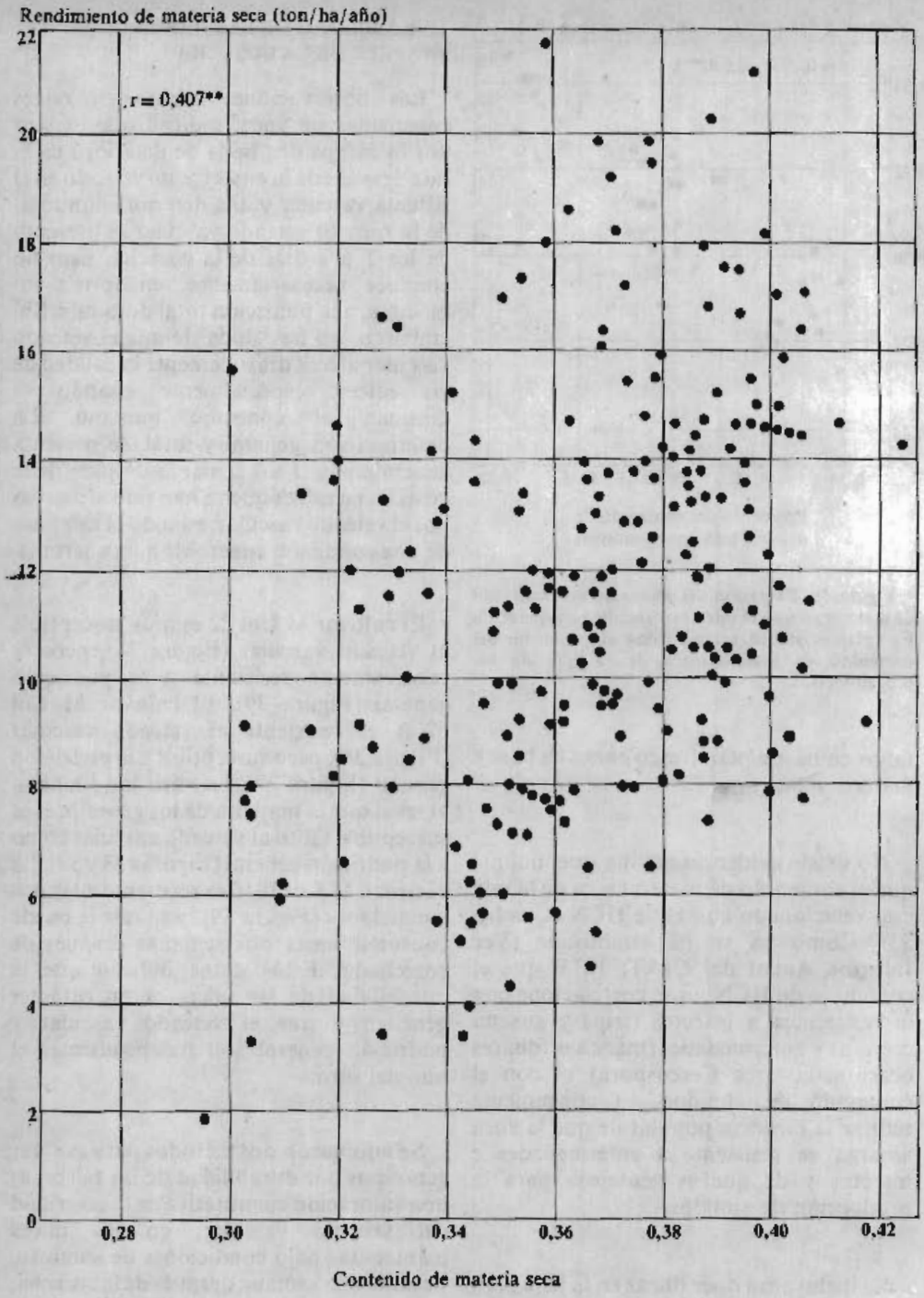


Figura 37. Relación entre el contenido y el rendimiento de materia seca de la raíz.

Cuadro 33. Contenido de HCN y de materia seca en la raíz.

Valoración por contenido de HCN (a los 12 meses)	No. de cultivares	Contenido promedio de materia seca de la raíz (12 meses)	Contenido mínimo de materia seca de la raíz	Máximo contenido de materia seca de la raíz
1	5	0,369	0,349	0,387
2	32	0,362	0,243	0,417
3	87	0,370	0,302	0,455
4	82	0,362	0,295	0,406
5*	10	0,356	0,319	0,395

* Generalmente, no es apta para consumo humano.

bajo condiciones de sol en el campo, durante dos semanas después de la cosecha.

La valoración del veteado vascular se mantuvo relativamente constante (r = 0,671**) en 1975 y 1976 (Figura 40). La valoración que se hizo en la sede del CIAT se correlacionó significativamente con la que se hizo en Carimagua (Figura 41) y Caribia. Sin embargo, las correlaciones fueron relativamente bajas entre el CIAT y Carimagua (r=0,344**) y entre el CIAT y Caribia (r=0,262**). Esto indica que la interacción genotipo x medio ambiente puede ser importante en la durabilidad de las raíces después de cosechadas.

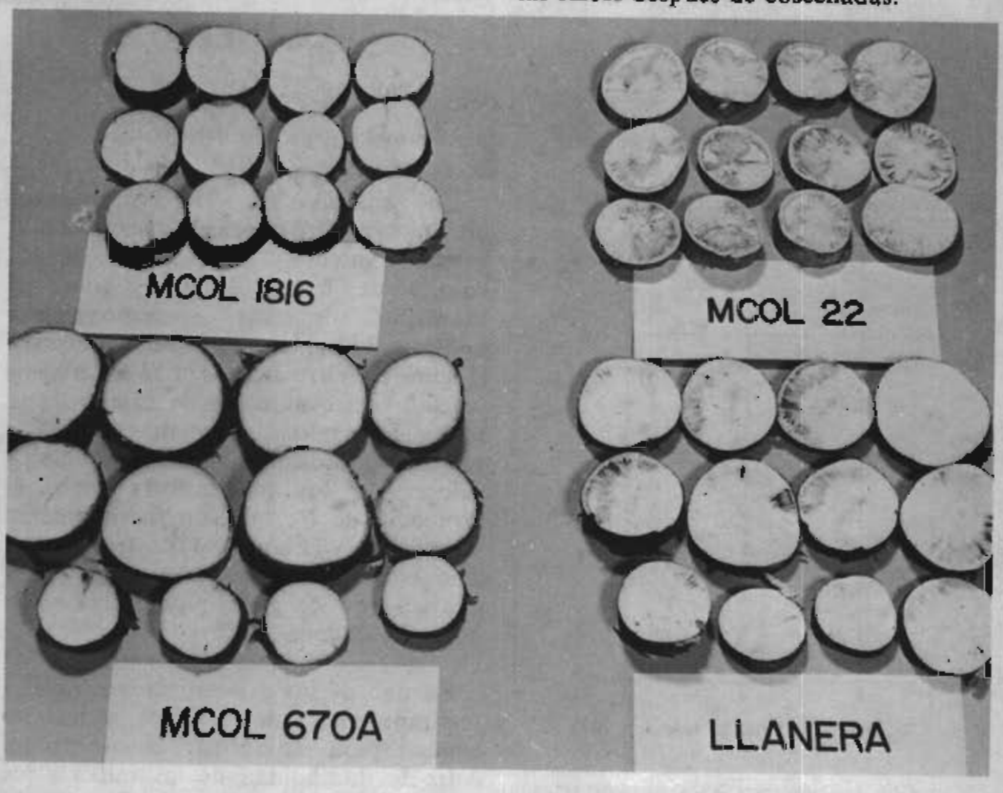


Figura 38. Raíces de 4 cultivares de yuca, 1 semanas después de cosechadas.

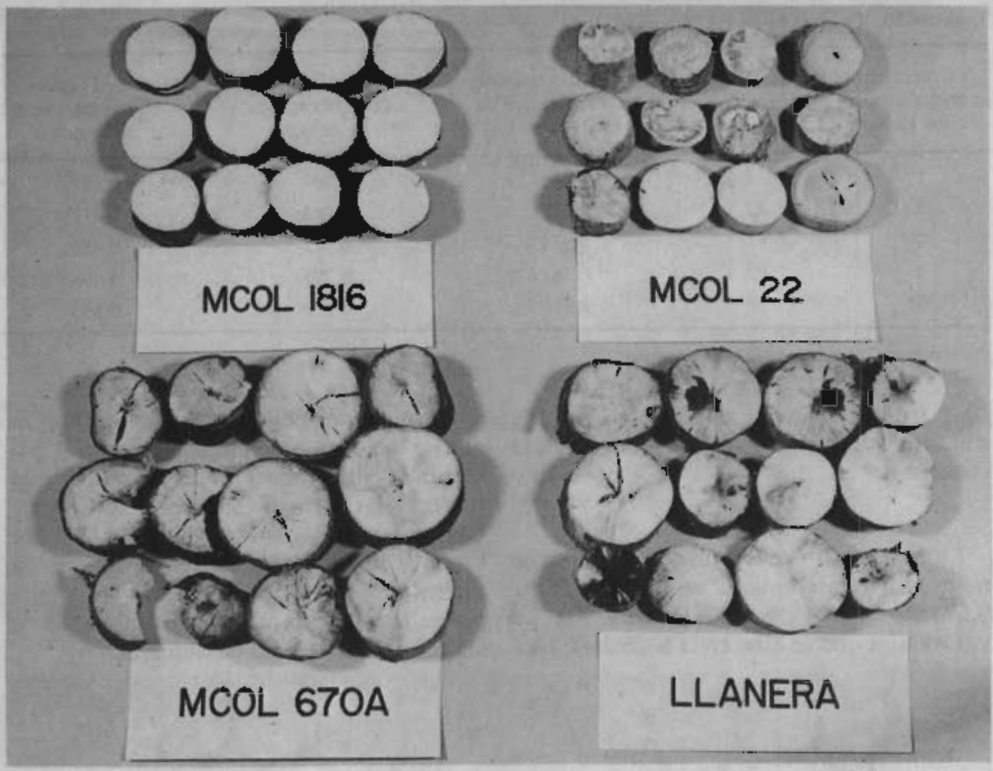


Figura 39. Raíces de 4 cultivares de yuca, 3 semanas después de cosechadas.

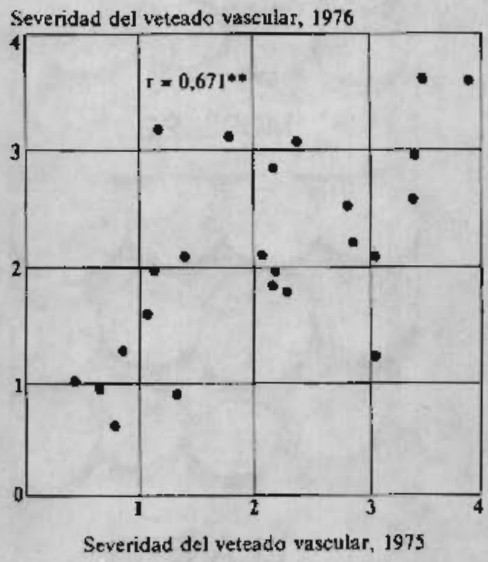


Figura 40. Relación entre la severidad del veteado vascular de las variedades, en 1975 y 1976.

Un análisis de 43 cruzamientos diferentes mostró que, en lo que respecta al veteado vascular, la regresión de los valores de los progenitores sobre el promedio de sus correspondientes poblaciones F_1, fue altamente significativa (Figura 42). Otro análisis de 56 cruzamientos, en una evaluación de campo de la pudrición de raíces dos semanas después de su cosecha, indicó que la regresión de los valores de los progenitores sobre el promedio de F_1 también fue altamente significativa (Figura 43). Los datos demuestran que los efectos de los genes aditivos son de gran importancia en la durabilidad de las raíces.

En uno de los experimentos varietales realizado en la sede del CIAT, se hizo un análisis para determinar la correlación entre la durabilidad de las raíces y los caracteres del rendimiento. El veteado

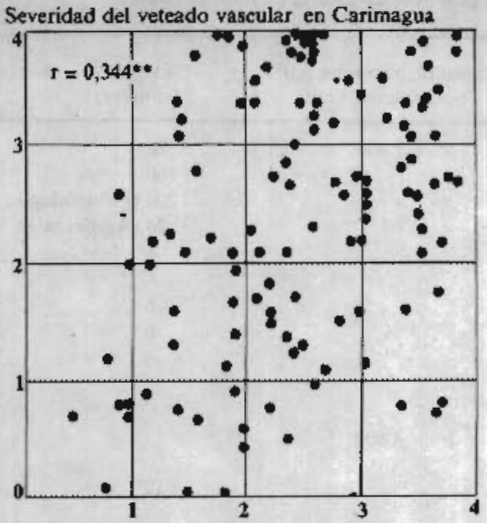


Figura 41. Relación entre la severidad del veteado vascular, en el CIAT y en Carimagua.

vascular se correlacionó positivamente con el contenido de materia seca de la raíz

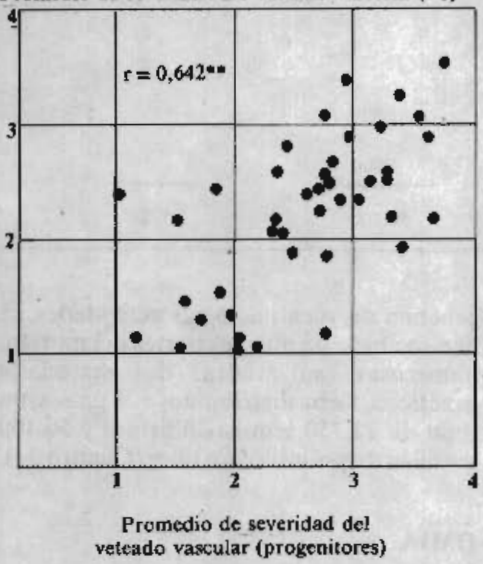


Figura 42. Regresión del promedio de severidad del veteado vascular de materiales en generación F_1 sobre el promedio de severidad del veteado vascular en los progenitores.

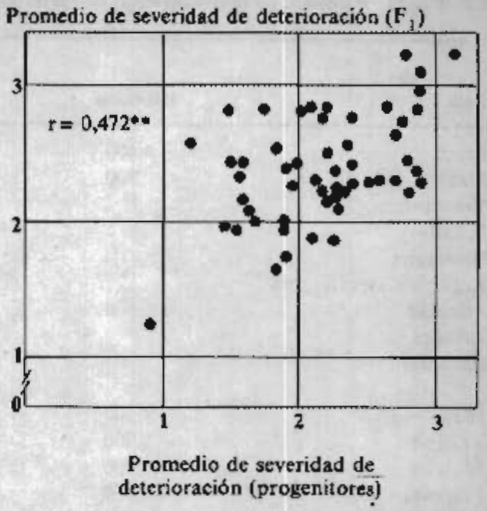


Figura 43. Regresión del promedio de severidad de deterioración de las raíces en el campo de materiales en generación F_1, sobre el valor promedio de este factor para los progenitores.

(Figura 44). A pesar de que queda cierto margen de variabilidad después de la limitación impuesta por la correlación, puede haber alguna dificultad en la combinación de una buena durabilidad de las raíces con un alto contenido de materia seca.

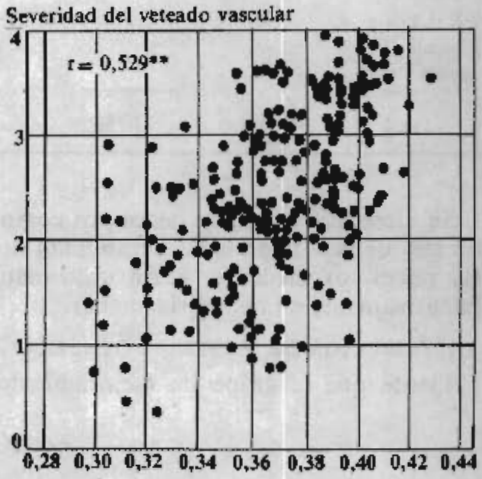


Figura 44. Relación entre el contenido y el rendimiento de materia seca de la raíz.

Cuadro 34. Resumen de la distribución de materiales genéticos durante el período 1973-1976.

País	Híbridos	Semillas obtenidas por polinización libre	Estacas (cangres)
Brasil	4.400	2.000	20
México	200		160
Venezuela			200 (Entomología)
Ecuador			20 (Agronomía)
Nicaragua			6
República Dominicana			6
Trinidad	600		6
Jamaica			6
Bahamas			6
India	1.300		
Tailandia	3.900	4.500	
Malasia	900		
Filipinas	1.450		12
Indonesia	900		
Taiwan	1.200		6
Japón	2.00		12
Australia	900		50
Nueva Zelandia	300		
Nigeria (IITA)	1.500	41.500	
Kenia	400		6
Tanzania	1.000		
Tonga	350		
Samoa	350		
Seychelles	250		6
Hawai			6
EE. UU.		1.000	
Canadá		100	
Reino Unido		1.000	
Total	21.750	50.100	528

Se identificaron nueve genotipos como fuentes de genes de buena durabilidad de las raíces los cuales se están utilizando intensivamente en las hibridaciones.

DISTRIBUCION DE MATERIAL GENETICO

Desde que el grupo de mejoramiento genético de yuca inició sus actividades, se han recibido de muchas partes del mundo, numerosas solicitudes de materiales genéticos. Se ha distribuido, a 28 países, un total de 21.750 semillas híbridas y 50.100 semillas de polinización libre (Cuadro 34).

AGRONOMIA

La unidad de agronomía continuó dando énfasis a la propagación y evaluación de variedades promisorias, en una amplia gama de condiciones ecológicas (Cuadro 35). En Colombia, las variedades seleccionadas continúan

Cuadro 35. Localidades y sus principales características edáficas y climáticas, en las cuales se sembró el segundo ciclo de variedades promisorias de yuca producidas por ICA-CIAT.

Localidades	Altura (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Textura del suelo	pH**	Materia orgánica (%)**	P (Bray II) (ppm)**	K (meq/100 g)**
Media Luna (Magdalena)	10	27,2	› 887	77,6	Arenoso	6,6 (N)	0,7 (B)	4,8 (B)	0,08 (B)
Carimagua (Meta)	200	26,1	2.323	75,2	Franco arenoso	4,9 (MA)	1,9 (M)	1,1 (B)	0,04 (B)
Nataima (Tolima)	430	27,8	1.064	69,0	Franco	7,1 (Al)	1,2 (B)	77,5 (A)	0,23 (M)
Rionegro (Santander del Sur)	480	26,6	1.746	79,5	Franco arcilloso	5,1 (Ac)	2,0 (M)	4,9 (B)	0,17 (M)
El Tambo (Cauca)	900	26.0	850	75,0	Arcilloso	4,9 (Ac)	6,0 (A)	1,8 (B)	0,15 (M)
CIAT (Valle del Cauca)	1.000	23,5	901	74,5	Arcilloso	6,4 (N)	3,3 (M)	36,2 (A)	0,47 (A)
Caicedonia (Valle del Cauca)	1.100	22,7	1.214	80,7	Franco limoso	5,6 (Ac)	2,9 (M)	7,1 (B)	0,20 (M)
Pereira (Risaralda)***	1.480	19,0	3.817	80,0	Arcillo limoso	5,1 (Ac)	8,2 (A)	8,2 (B)	0,08 (B)
Popayán (Cauca)***	1.760	18,0	2.998	85,0	Franco	5,0 (Ac)	7,5 (A)	2,4 (A)	0,44

* Los datos sobre precipitación corresponden a la cantidad de lluvia que cayó durante el período de crecimiento de las plantas
** N = neutro; Al = alcalino; Ac = ácido; MA = muy ácido; B = bajo; M = medio; A = alto
*** Los datos correspondientes a Pereira y Popayán son del ciclo 1974-1975.

sobrepasando en rendimiento a las locales y los primeros resultados obtenidos en otros países, han demostrado la superioridad de estas variedades en Guyana.

PRUEBAS REGIONALES NACIONALES

En las pruebas regionales se ensayan nuevas líneas seleccionadas, bajo tecnologías que demandan la utilización de insumos de bajo costo y que puedan ser fácilmente aceptadas por los agricultores. Se hace énfasis especial en los bajos niveles de insumos químicos. En el Informe Anual del CIAT, 1975 se describen los detalles de esta "tecnología de bajo nivel". Este año se sembraron 19 ensayos: dos en colaboración con el ICA, tres con la Federaciôm Nacional de Cafeteros, dos con los Proyectos de Desarrollo Rural Integrado, tres con las Secretarías de Agricultura locales y los otros nueve bajo la supervisión y control directo del CIAT.

En este año, los principales problemas que se presentaron en el campo fueron: un fuerte ataque de añublo bacterial y superalargamiento en Media Luna, un ataque severo de mosca blanca en Nataima y altas infestaciones de trips en Caicedonia.

En el Cuadro 36 se presenta la resistencia de las variedades promisorias a algunas enfermedades e insectos importantes. Debido a la susceptibilidad de muchas variedades a algunas de estas plagas, se deben utilizar las prácticas culturales mejoradas que se discuten posteriormente.

En el Cuadro 37 se presentan algunas características agronómicas y comerciales de estas variedades. La altura de la planta y los vientos fuertes pueden ocasionar volcamiento; la dificultad de cosecha afecta la eficiencia de la mano de obra.

El contenido promedio de almidón de las variedades promisorias varió de 30 a 36 por ciento; el promedio se calculó en base a un mínimo de cinco ensayos por variedad. Los promedios para las localidades variaron de 22 a 36 por ciento. Sin embargo, los valores relativos por variedad, con respecto al promedio por localidad, fueron estables (Ver sección Fitomejoramiento). En la localidad en que la mejor variedad local produjo 36 por ciento de almidón, la mejor variedad promisoria produjo 38 por ciento. En todos los ensayos, con excepción del realizado en Media Luna, el contenido de almidón de la mejor variedad promisoria fue superior al de la mejor variedad local.

Se puede hacer un anális similar para el contenido de materia seca. El contenido promedio de materia seca de las variedades promisorias varió de 32 a 38 por ciento, con un mínimo de cinco ensayos por variedad. Los promedios por localidad variaron de 24 a 38 por ciento. Sin embargo, los valores relativos por variedad, con relación al promedio por localidad, fueron estables. En donde la mejor variedad regional produjo un 38 por ciento la mejor línea promisoria produjo un 40 por ciento de materia seca. En todas las localidades, con excepción del ensayo realizado en Media Luna, el cultivar más promisorio presentó un mayor contenido de materia seca que la mejor linea regional.

De los nueve ensayos cosechados hasta el momento, el promedio de las mejores variedades locales, en todas las localidades, fue de 16,3 ton/ha (Cuadro 38), cifra equivalente a casi el doble del rendimiento promedio nacional de 8,5 ton/ha. Estos resultados indican que, mediante un simple mejoramiento de las prácticas culturales, se pueden aumentar considerablemente los rendimientos. Las prácticas más importantes son: a) selección de estacas libres de añublo bacterial y superalargamiento; b) buena preparación del suelo; c) control de malezas en el momento oportuno, y d) adecuada población de plantas al momento de la cosecha (10.000 plantas/ha).

Cuadro 36. **Resistencia de algunas variedades promisorias de yuca al ataque de diversos insectos y enfermedades de importancia, comprobada en las pruebas regionales realizadas en el ciclo de cultivo 1975-1976.**

Variedades	Resistencia a*:						
					Manchas foliares causadas por:		
	Trips	Mosca blanca	Bacteriosis	Superalargamiento	**Phoma** sp.	*C. henningsii*	*C. vicosae*
M Col 22	T	S	S	R	S	R	T
M Col 113	R	–	S	S	S	T	S
M Col 673	S	S	S	T	S	R	S
M Col 677	S	S	S	–	T	T	T
M Mex 23	R	–	S	T	S	T	S
M Mex 52	R	T	S	T	S	T	T
M Mex 55	T	–	S	S	S	S	S
M Mex 59	S	S	S	T	S	R	R
M Ven 119	S	T	S	S	S	T	T
M Ecu 159	S	T	S	S	–	–	P
CMC 9 (M Col 1438)	T	–	T	R	S	S	S
CMC 40 (M Col 1468)	S	S	S	S	S	R	T
CMC 57	T	R	S	S	S	–	–
CMC 72	T	R	S	S	S	–	–
CMC 76 (M Col 1505)	S	–	S	S	S	R	T
CMC 84 (M Col 1513)	S	S	S	S	S	R	T
CMC 86	T	–	S	S	S	S	S
CMC 92	T	–	S	S	R	S	S
CMC 137	T	T	S	S	S	S	S

* R= Resistente; S=Susceptible; T=Tolerante; — No evaluada.

Cuadro 37. Algunas características agronómicas y comerciales de las variedades promisorias de yuca, utilizadas en las pruebas regionales durante 1975-1976.

Variedades	Altura de la planta[1]	Facilidad de cosecha[1]	Contenido de	
			Almidón[2] (%)	Materia seca[2] (%)
M Col 22	1,50	Fácil	31,9	34,0
M Col 113	1,98	Difícil	31,1[3]	33,2[3]
M Col 673	2,00	Moderada	32,1	34,2
M Col 677	2,00	Moderada	31,2	33,3
M Mex 23	2,23	Difícil	36,2	38,4
M Mex 52	2,20	Moderada	32,0	34,1
M Mex 55	1,70	Fácil		
M Mex 59	1,85	Moderada	31,5	33,7
M Ven 119	2,00	Moderada	30,5	32,5
M Ecu 159	2,20	Moderada	26,0[3]	28,0[3]
CMC 9 (M Col 1438)	2,00	Moderada	33,1[3]	35,3[3]
CMC 40 (M Col 1468)	2,35	Fácil	29,8	32,0
CMC 57	2,50	Moderada	27,8[4]	29,8[4]
CMC 72	2,80	Moderada	27,1[3]	29,1[3]
CMC 76 (M Col 1505)	2,25	Fácil	34,5	36,7
CMC 84 (M Col 1513)	2,35	Fácil	33,8	35,9
CMC 86	3,00	Fácil	24,8[4]	26,7[4]
CMC 92	3,00	Fácil	–	–
CMC 137	3,00	Fácil	19,5[4]	21,4[4]
Chiroza Gallinaza	-	-	34,4[4]	36,6[4]
Mejor var. regional	-	-	36,1[4]	38,3[4]

1 Bajo las condiciones del CIAT
2 Promedio de las pruebas regionales de 1976
3 Valor promedio de menos de 5 localidades
4 Datos obtenidos en una sola localidad.

Cuando se utilizó el mejor cultivar promisorio en cada localidad, el rendimiento aumentó hasta un promedio de 26,8 ton/ha (Cuadro 38), lo cual demuestra que la combinación de prácticas culturales mejoradas con variedades seleccionadas, puede aumentar el rendimiento promedio nacional en tres o cuatro veces. Las variedades M Mex 59 y CMC 40 dieron rendimientos consistentemente más altos que las variedades locales, en todos los sitios a alturas menores de 1.200 msnm. El rendimiento del cultivar CMC 40, se mantuvo estable en una gran diversidad de condiciones de suelo, dando 35,5 ton/ha en los suelos fértiles del CIAT, y 23,2 ton/ha en los infértiles de los Llanos Orientales. Sin embargo, esta variedad tiene un contenido de almidón muy bajo y es muy susceptible a los trips (Cuadros 36 y 37). Estos datos sustentan la hipótesis presentada en secciones anteriores, según la cual un solo genotipo se puede adaptar a innumerables condiciones edáficas y climáticas cuando la temperatura es superior a los 22ºC.

En las localidades más frescas (Popayán y Pereira), los mayores rendimientos se obtuvieron con las variedades CMC 92 y M Col 113, respectivamente. La variedad CMC 92 es muy tolerante a la mancha de anillos circulares (Phoma sp.) y M Col 113 es razonablemente tolerante a las condiciones más frescas, cuando no está presente esta enfermedad. El rendimiento de 24 ton/ha logrado en Popayán, a los 14 meses, indica que con las variedades cuidadosamente seleccionadas, se pueden lograr altos rendimientos en las regiones de temperatura más fresca (Cuadro 38).

Este año fue mucho más seco que el año anterior y en muchas localidades, los rendimientos fueron menores; el rendimiento promedio global de los mismos cinco ensayos se redujo de 26,4 a 18,1 ton/ha ya que la precipitación disminuyó de 1.502 a 1.162 mm/año (Cuadro 39)

PRUEBAS REGIONALES INTERNACIONALES

En 1976 se recibieron los resultados de rendimiento de las dos primeras pruebas regionales internacionales establecidas en Guyana por el Dr. Abdul Wahab, de la entidad Guyana Sugar Corporation.

Los dos ensayos se establecieron en Enmore; uno se sembró en suelo turboso (Anira No. 20) y el otro en suelo arcilloso (Inki No. 100). Ambos suelos son extremadamente ácidos con pH de 3,4 y 4,1 respectivamente. En el Cuadro 40 se presentan los principales datos edáficos y climáticos de la localidad.

De las 12 variedades ensayadas, siete procedían de Guyana, una de Puerto Rico (Del País) y cuatro de la colección de yuca del CIAT (Llanera, M Col 673, M Mex 23 y M Mex 59).

Se utilizaron prácticas culturales estándares. La densidad de población fue de 12.000 plantas/ha aproximadamente. Se aplicó cal en forma de aragonita, a razón de 6,7 ton/ha. Se hicieron varias aplicaciones en banda de nitrógeno, P_2O_5 y K_2O a razón de 200, 67 y 134 kg/ha, en diferentes épocas del ciclo de cultivo. También se aplicaron nutrimentos secundarios y micronutrimentos para prevenir cualquier deficiencia. Las malezas se controlaron manualmente y los ataques del gusano cachón y mosca del cogollo, químicamente.

En el Cuadro 41 se presentaron los datos de rendimiento de ambos ensayos. En el suelo Anira turboso, la variedad M Mex 59 dio un rendimiento de 30,5 ton/ha el cual fue significativamente mayor que el de las otras variedades. Sin embargo, en el suelo arcilloso Inki No. 100, la variedad M Mex 59 dio un rendimiento de raíces frescas (23 ton/ha) similar a los rendimientos de 22 ton/ha logrados con las variedades Uncle Mack y Del País. En ambos suelos, el promedio de las variedades introducidas fue muy superior al de las variedades locales.

La variedad más productora de materia seca en las raíces fue M Mex 59, con 25 kg/ha/día en el suelo Anira; la producción de materia seca para la variedad M Mex 59 y Uncle Mack, en un suelo Inki arcilloso, fue de 21 kg/ha/día (Cuadro 41).

METODOS DE PROPAGACION RAPIDA

El método de propagación vegetativa de la yuca que se utiliza comercialmente, se caracteriza por una baja tasa de multiplicación de plantas. El desarrollo de técnicas para la propagación rápida de yuca, iniciado en el CIAT en 1971, ha demostrado que es posible producir más de 36.000 cangres normales al año, a partir de una planta adulta. Sin embargo, se ha señalado que este método es adecuado principalmente para estaciones experimentales que producen material de propagación.

En este año se comparó el rendimiento de raíces de plantas originadas mediante el sistema de propagación rápida, con el

Cuadro 38. **Rendimiento de raíces frescas de las variedades promisorias ICA-CIAT, en 9 localidades de Colombia.**

Variedades	Localidades	Media Luna	Carimagua	Nataima	Rionegro	El Tambo	CIAT	Caicedonia	Pereira	Popayán
	Días hasta la cosecha	333	335	337	326	335	367	363	400	428
		Rendimiento de raíces en peso fresco (ton/ha/año)								
M Mex 59		18,8**	25,6*	26,7**	24,5**	18,7	–	23,7**	10,5*	0,9
CMC 40 (M Col 1468)		19,2**	23,2*	35,3**	16,1**	22,8*	35,3**	–	16,7*	3,8
CMC 84 (M Col 1513)		15,0**	26,8*	16,3**	18,2**	25,9*	24,6**	–	18,1	1,0
CMC 76 (M Col 1505)		–	21,8	+	20,5**	17,1	29,7**	–	20,8*	0,5
M Col 22		10,5**	15,5	23,2**	–	11,1	25,1**	–	8,8	0,3
M Col 113		–	21,9	–	–	–	–	–	20,7*	5,0
M Col 673		–	13,8	4,8	20,1**	10,3	–	22,2	–	–
MhVen 119		8,5	18,4	16,9	14,3	15,3	23,7	–	–	–
M Ecu 159		–	–	15,9	–	–	22,8	18,3	–	–
M Mex 23		–	18,3	–	–	10,4	24,5**	17,3**	17,0	1,0
M Mex 52		4,6	19,8	16,8	11,1	13,0	23,0	20,7	–	–
M Col 677		8,4	–	6,3	20,8*	–	27,5*	29,2*	–	–
Otras variedades										
Máximo		–	24,2 (1)	23,4*(2)	–	9,6(4)	–	11,0(3)	13,1(4)	23,8*(5)
Mínimo		–	–	4,7 (3)	–	–	–	–	–	0,8(4)
Variedades locales										
Máximo		4,0 (9)	22,9(4)	–	11,7 (8)	22,3(6)	22,1(6)	15,8(1)	16,9(6)	14,5(7)

* y ** Variedades aprobadas para su evaluación en segundo y tercer año, respectivamente, en la misma localidad.

Otras variedades: 1) Chiroza Gallinaza. 2) CMC 57, (M Col 1486). 3) CMC 72, (M Col 1501). 4) CMC 9, (M Col 1438). 5) CMC 92, (M Col 1522) 6) M Col 113. 7) Regional. 8) Colombiana y Torama Negrita. a) Blanca Mona.

Cuadro 39. Efecto de la precipitación sobre el rendimiento de raíces frescas, en 5 localidades, durante 2 ciclos de cultivo.

Ciclo	Precipitación promedio (mm/año)	Rendimiento promedio* (ton/ha)
1974-1975	1.502	26,4
1975-1976	1.162	18,1

* Localidades: Media Luna, Rionegro, Natairna, CIAT y Caicedonia.

obtenido mediante el sistema estándar, después de un periodo de crecimiento similar.

Se ensayaron las siguientes técnicas de propagación de yuca:

1. Enraizamiento durante 18 días en macetas de turba (8 cm de diámetro), con suelo franco arcilloso y transplante posterior al campo, sin remover las macetas.
2. Enraizamiento durante 18 días en vasos de papel encerado (5 cm de diámetro), con suelo franco arcilloso y transplante posterior al campo, después de remover cuidadosamente los vasos.
3. Enraizamiento durante 18 días en frascos (recipientes de vidrio de 25 ml), con agua esterilizada y transplante posterior al campo cuando las raíces han alcanzado un centímetro de longitud.
4. Enraizamiento durante 8 a 10 días en frascos (recipientes de vidrio de 25 ml), con agua esterilizada y transplante posterior al campo, durante la etapa de formación de callo.
5. Tratamiento testigo en el cual se sembraron directamente en el campo, estacas de 20 centímetros de longitud.

La siembra se efectuó en camellones, a distancias de 1 x 1 metro. Las plántulas se transplantaron y se enterraron hasta la base de la hoja más baja, con el cuidado necesario para no dañar las raíces; se regaron diariamente durante los primeros 27 días.

En el Cuadro 42 se presenta el rendimiento y componentes del rendimiento de las plantas de yuca cosechadas a los 10 meses. El rendimiento de raíces frescas, en los cinco tratamientos, no fue significativamente diferente de P = 0,05, lo cual muestra que el rendimiento de raíces de plantas obtenidas mediante los métodos de propagación rápida, es por lo menos tan bueno como el obtenido con el método estándar de siembra de estacas, e incluso muestra una tendencia a producir rendimientos mayores que con el método tradicional. Las raíces de las plantas que se obtuvieron del tratamiento en macetas de turba no sufrieron daño debido al transplante, en tanto que aquellas plantas transplantadas cuando las raíces tenían un centímetro de longitud, fueron

Cuadro 40. Principales características edáficas y climáticas de Enmore (Guyana) localidad en la cual se establecieron ensayos de yuca (ciclo de cultivo 1975-1976).

Tipo de suelo	Altura (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm/año)	Humedad relativa (%)	Textura del suelo	pH*	Materia orgánica* (%)	P (ppm)*	K (meq/100 g)*
Suelo turboso (Anira No. 20)	0	26,4	3.310	82,9	Turboso	3,4(MA)	32,0(A)	26,3(M)	0,45(A)
Suelo arcilloso (Inki No. 100)	0	26,4	3.310	82,9	Arcilloso	4,1(MA)	7,5(A)	1,1(B)	0,3(M)

* MA= muy ácido; A = alto; B = bajo; M = medio.

Cuadro 41. **Rendimiento de raíces frescas y producción de materia seca, de 12 variedades de yuca cultivadas en Guyana, en dos tipos de suelo.**

	Suelo turboso Anira No. 20			Suelo arcilloso Inki No. 100	
Variedad	Peso fresco* (ton/ha)	Materia seca (kg/ha/día)	Variedad	Peso fresco* (ton/ha)	Materia seca (kg/ha/día)
M Mex 59	30,5	25,2	M Mex 59	23,0	21,3
M Mex 23	19,3	16,7	Uncle Mack	22,0	21,4
Del País	19,3	18,6	Del País	22,0	18,1
M Col 673	18,2	19,5	M Mex 23	17,6	16,8
Twelve Month	16,4	16,5	Four Month	17,4	15,1
Llanera	15,2	14,9	Llanera	16,8	18,3
Uncle Mack	15,2	15,6	M Col 673	16,4	19,6
Brancha Butterstick	14,2	14,8	Brancha Butterstick	15,2	15,1
R. Singh	13,0	14,6	R. Singh	14,7	15,5
Four Month	12,0	11,3	Twelve Month	12,3	12,0
Bitter Stick	11,7	11,2	Bitter Stick	11,0	9,5
Chinese Stick	7,6	6,0	Chinese Stick	9,0	7,0
Promedio de introducciones	20,5	18,9		19,1	18,8
Promedio de var. regional	12,8	12,9		14,5	13,6
Promedio de la mejor introducción	30,5	25,2		23,0	21,3
Promedio de la mejor var. regional	16,4	16,5		22,0	21,4

* Peso obtenido en plantas cosechadas a los 12 meses de la siembra.

probablemente las más afectadas en este proceso; como consecuencia de lo anterior, se presentaron los dos rendimientos extremos (29,2 ton/ha y 20,8 ton/ha, respectivamente). El índice de cosecha fue menor (P= 0,05) para el método de siembra

Cuadro 42. **Rendimiento y componentes del rendimiento de plantas de yuca cosechadas a los 10 meses. CIAT, 1976.**

Tratamiento	Rendimiento de raíces (ton/ha)	Peso fresco total de la planta (ton/ha)	Indice de cosecha	Total de raíces/ planta	Raíces engrosadas/ planta
Macetas de turba	29,2a*	73,7a	0,40a	10,5c	7,3ab
Vasos de papel encerado	26,3a	63,9a	0,41a	11,2bc	7,1abc
Raíces largas	20,8a	59,6a	0,34a	12,8ab	5,8c
Callo	22,7a	57,5a	0,40a	9,5c	6,1bc
Estacas	21,1a	81,2a	0,26b	13,6a	7,4a
CV (%)	25,0	18,0	13,0	11,4	8,0

* Los valores en la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de 0,05 con base en la prueba de Duncan de rango múltiple.

de estacas y, a pesar de que alcanzó el número más alto de raíces por planta, produjo igual número de raíces gruesas que los sistemas de maceta de turba y vasos de papel encerado (Cuadro 42).

El buen rendimiento de las plantas obtenidas por el sistema de propagación rápida, permitiría la utilización de estas plantas bajo las siguientes circunstancias:

1. En fincas nuevas que carezcan de suficiente material vegetativo de propagación.
2. Para la resiembra, cuando se presenta un brote de una enfermedad y sea necesario destruir y eliminar las plantas enfermas.
3. Cuando se proyecta entregar a los agricultores nuevas variedades, o para la evaluación de nuevas variedades en pruebas regionales; ya que las técnicas de propagación rápida ahorran el tiempo requerido para la multiplicación de plantas que se utilizarán para la obtención de estacas.

TECNICA MEJORADA DE PROPAGACION RAPIDA

El sistema de propagación rápida de yuca desarrollado y recomendado inicialmente por el CIAT, requería que se cortaran y enraizaran estaquitas de dos nudos en frascos con agua esterilizada; posteriormente, los cangres enraizados se sembraban en el campo. En la actualidad, se utiliza una técnica mejorada en el CIAT y en otras localidades. Los retoños se cortan en la misma época, tal como se recomienda en el método anterior (cuando tienen aproximadamente 8 cm de longitud) y se siembran directamente en el campo. Durante las primeras dos semanas, se les suministra el agua necesaria para proporcionar humedad adecuada. Esta innovación hace que el sistema sea más sencillo, rápido y menos costoso; sin embargo, estas ventajas sólo se pueden obtener con un adecuado manejo.

SUELOS

Entre los cultivos alimenticios tropicales, la yuca es una de las pocas plantas que se adaptan a suelos ácidos con un nivel de fertilidad relativamente bajo. En 1976, se hizo énfasis en la determinación de los requerimientos nutricionales del cultivo bajo estas condiciones.

FERTILIZACION DE SUELOS ACIDOS

Se hicieron experimentos de fertilización en la Estación Experimental del ICA en Carimagua, lugar que se caracteriza por un suelo extremadamente ácido e infértil y que es representativo de muchos oxisoles y ultisoles, en los cuales con frecuencia se cultiva la yuca en América Latina. Bajo estas condiciones, se logró estudiar la respuesta de la yuca a casi todos los elementos esenciales, como también, a sus interacciones. Además, se determinaron los niveles, fuentes, épocas y métodos más económicos de aplicación.

Los ensayos sobre el cultivo de yuca, realizados en Carimagua durante 1975 y 1976, sufrieron considerablemente debido a infecciones de añublo bacterial. Ocho ensayos sembrados a comienzos de 1975 adquirieron la infección y fue necesario destruirlos. A finales del mismo año, muchos de estos ensayos se resembraron en una localidad aislada, denominada Tabaquero, que está situada a 17 kilómetros de Carimagua. Estos ensayos permanecieron libres de ABY y sólo fueron afectados en una etapa posterior por el superalargamiento, el cual pareció tener un efecto menor sobre el rendimiento (Ver sección Fitopatología). El rendimiento más alto fue de 36 ton/ha el cual se obtuvo con la variedad M Col 1684, en tanto que

en la mayoría de los ensayos con la variedad Llanera, se lograron rendimientos máximos de 20 a 25 ton/ha.

Todos los ensayos recibieron aplicaciones uniformes de cal en la forma de caliza dolomítica, a razón de 500 kg/ha (115 kg de Ca y 52 kg de Mg/ha). Con excepción de los elementos bajo estudio, los tratamientos constantes de fertilización consistieron en la aplicación de 100 kg/ha de N en forma de urea (50 por ciento al momento de la siembra y 50 por ciento a los 120 días); 100 kg/ha de P_2O_5 en forma de superfosfato triple (SFT) al momento de la siembra; 100 kg/ha de K_2O (50 kg en forma de K_2SO_4 al momento de la siembra; 50 kg en forma de KCl a los 120 días) y 10 kg/ha de Zn como $ZnSO_4$; estos elementos se aplicaron en bandas cortas a 5-10 centímetros de la estaca. En todos los ensayos, se utilizó la variedad Llanera como testigo, y se cosecharon a los 11,5-12 meses de la siembra.

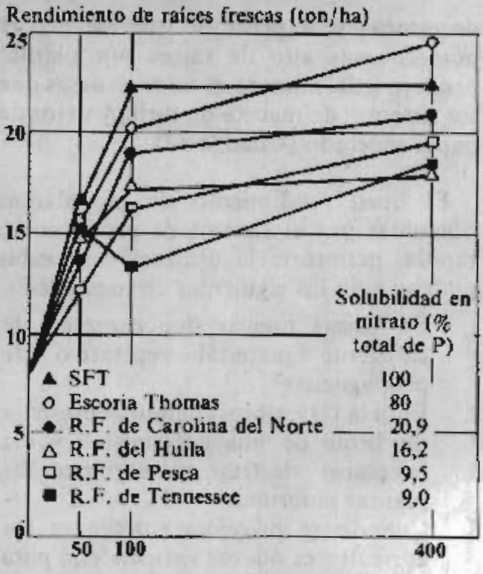


Figura 45. Respuesta de la yuca a diversos niveles de P, aplicado en forma de superfosfato triple (SFT), Escoria Thomas y varias rocas fosfóricas (R.F.), en ensayos realizados en Carimagua.

FERTILIZACION CON FOSFORO

Con el fin de establecer los requerimientos de fósforo de la yuca y el método de aplicación más económico, se sembraron dos ensayos en Carimagua en los cuales se utilizaron diferentes niveles y fuentes de P. En el primer ensayo* se compararon seis rocas fosfóricas, provenientes de diversas partes del mundo y de una solubilidad en citrato altamente variable, con el SFT y la Escoria Thomas, en cuatro niveles de aplicación de P (0, 50, 100 y 400 kg/ha de P_2O_5). Los rendimientos promedio aumentaron desde 7,5 ton/ha sin aplicación de P, hasta 13,9, 17,1 y 19,9 ton/ha con aplicaciones de 50, 100 y 400 kg/ha de P_2O_5, respectivamente.

Los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación del SFT y Escoria Thomas que son las fuentes más solubles de P (Figura 45). Sin embargo, también se obtuvieron buenas respuestas con las rocas fosfóricas más solubles provenientes de Gafsa (Marruecos) y Carolina del Norte (EE.UU.), en tanto que las rocas menos solubles provenientes del Huila y Pesca (Colombia), Florida (EE.UU.) dieron rendimientos menores pero no fueron significativamente diferentes. Sólo los rendimientos obtenidos con la roca de menor solubilidad, proveniente de Tennessee (EE.UU.), fueron significativamente menores que los obtenidos con el SFT y la Escoria Thomas.

En el segundo ensayo, la efectividad del SFT se comparó favorablemente con la de una serie de fuentes de P que incluyen el superfosfato simple (SFS), Escoria Thomas y roca fosfórica del Huila, al aplicarlas solas o en mezclas con azufre elemental o ácido sulfúrico (acidulado en un 20 por ciento). Los mayores rendimientos se obtuvieron mediante la aplicación en banda del SFT y la aplicación al voleo de Escoria Thomas (Figura 46). Cuando la Escoria Thomas se aplicó en bandas, las

* Proyecto de tesis de Larry Hammond para optar al título de Ph.D., en colaboración con el International Fertilizer Development Center y el CIAT.

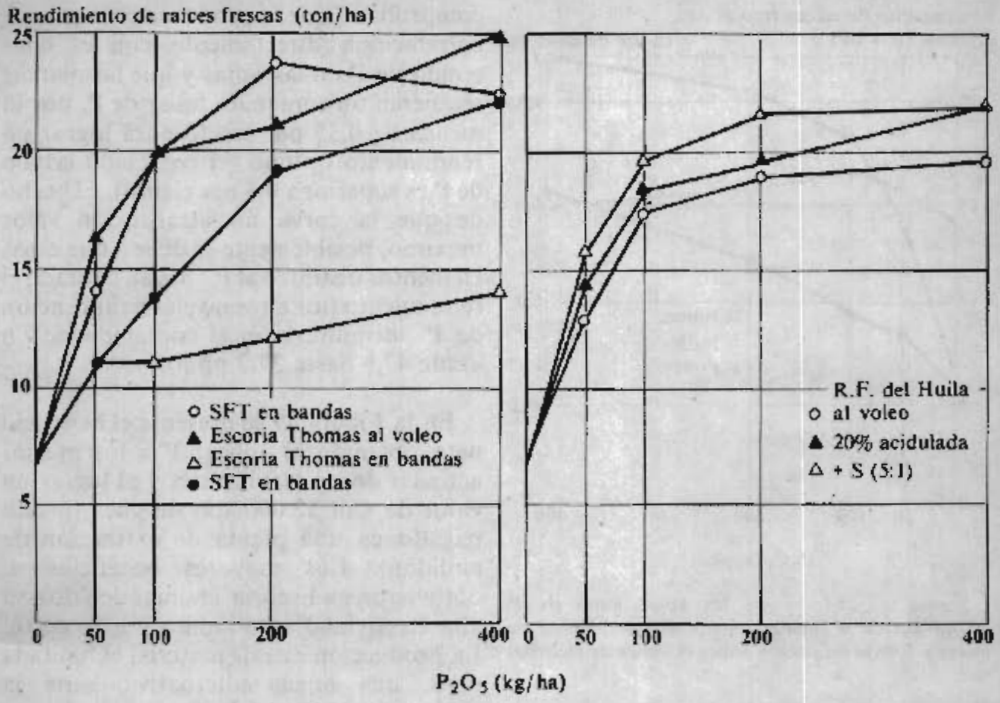


Figura 46. Respuesta de la yuca a diversos niveles y fuentes de P, aplicado en bandas o al voleo, en experimentos realizados en Carimagua.

plantas presentaron una deficiencia severa de P y los rendimientos fueron la mitad de los obtenidos con la aplicación al voleo. El SFS, manufacturado localmente, fue soluble en citrato en sólo un 43 por ciento (porcentaje de P total) y cuando se aplicó en bandas fue mucho menos efectivo que el SFT y ligeramente inferior a la roca fosfórica aplicada al voleo. La roca fosfórica del Huila fue una buena fuente de P para el cultivo de yuca, pero su efectividad se mejoró considerablemente mediante su acidulación parcial o en mezcla con azufre elemental (Figura 46); la mezcla anterior dio rendimientos iguales a los logrados con el SFT. A pesar de que en todos los tratamientos se aplicaron 37 kg/ha de S en forma de K_2SO_4, es posible que las plantas hayan respondido al S presente en el SFS y en las rocas fosfóricas aciduladas o mezcladas con S; la alta dosis de aplicación de estas fuentes dio como resultado un contenido de S en las hojas, superior al 0,32 por ciento, el cual es aproximadamente el contenido crítico de S a los cinco meses de edad.

La respuesta a la aplicación de P, en términos del rendimiento de raíces y del rendimiento de follaje, fue cuadrática y lineal, respectivamente (Figura 47); esto indica que la producción de follaje responde en mayor grado al P que la producción de raíces. El índice de cosecha aumentó con aplicaciones hasta de 100 kg/ha de P_2O_5 y disminuyó con aplicaciones mayores de P, lo cual indica que, a niveles relativamente bajos de P, la planta utilizó en forma más eficiente el P para la producción de raíces. El porcentaje de materia seca (33 por ciento) y el contenido de almidón (31 por ciento), no cambiaron con la aplicación de P.

En la Figura 48 se presenta la relación existente entre el rendimiento de yuca y el contenido de P en la lámina foliar, a los cinco meses de edad. Está claramente

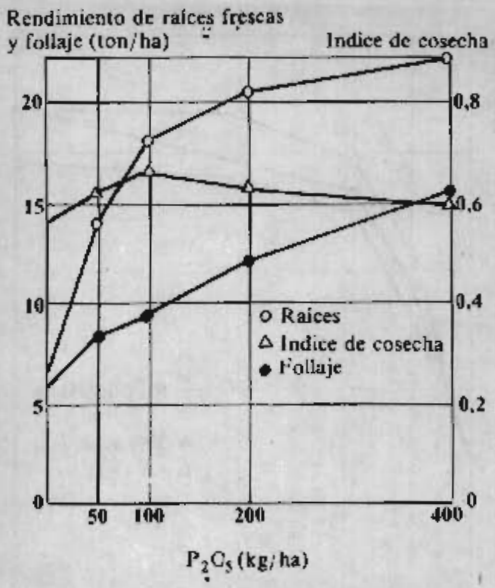


Figura 47. Efecto de las aplicaciones de P (promedio de 6 fuentes), sobre el rendimiento de raíces y follaje de yuca, y sobre el índice de cosecha.

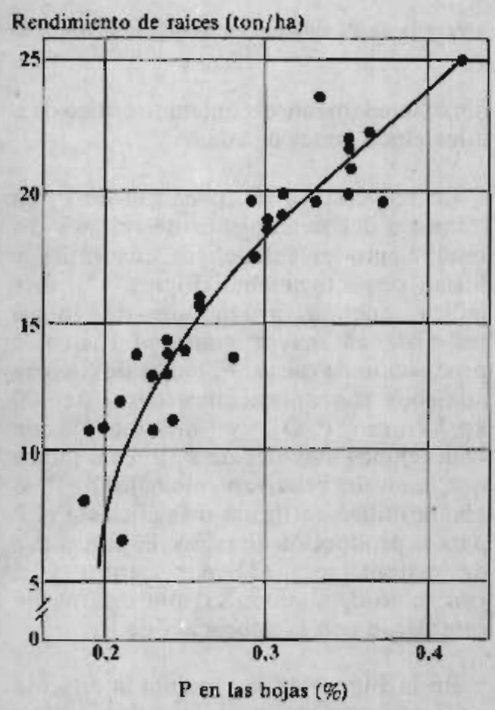


Figura 48. Relación entre el rendimiento y contenido de P en las hojas de yuca, a los 5 meses de la siembra.

comprobado que la producción de yuca se correlaciona directamente con el contenido de P en las hojas y que las plantas requieren un contenido foliar de P, por lo menos de 0,35 por ciento para lograr un rendimiento óptimo (el contenido crítico de P es superior a 0,4 por ciento). El hecho de que la curva no alcanzó un valor máximo, posiblemente se debe a que otros elementos distintos al P hayan limitado el rendimiento (los altos niveles de aplicación de P disminuyeron el contenido de Zn desde 47,6 hasta 37,2 ppm).

En la Figura 49 se presenta el beneficio neto obtenido al aplicar P a los precios actuales de los fertilizantes y al lograr un valor de Col $2.000/ton de yuca (precio pagado en una planta de extracción de almidón). Los mayores beneficios se obtuvieron en Escoria Thomas debido a su alta efectividad agronómica y bajo costo. La producción de este material es limitada pero, una buena alternativa, sería la utilización de la mezcla de rocas fosfóricas con S (Figura 49).

El mayor beneficio con SFT se logró con la aplicación de 200 kg/ha de P_2O_5; el menor beneficio se obtuvo con la dosis de aplicación más alta. El SFS fue la fuente que produjo el menor rendimiento económico pero, su aplicación al voleo puede mejorar este resultado.

FERTILIZACION CON NITROGENO

En Carimagua se estudió el mejor nivel y época de aplicación de N. Se aplicaron en banda 0, 50, 75, 100 y 150 kg/ha de N en forma de urea, en cuatro épocas (0, 30, 120 y 150 días después de la siembra). Debido a la sequía, no se logró aplicar el fertilizante a los 30 y 120 días. Sin aplicación de N el rendimiento fue de 16,4 ton/ha, lo cual indica que entre los tres elementos principales (N, P y K), la escasez de nitrógeno es la menos importante en la limitación del rendimiento (Ver Fertilización con P y respuesta a K, en el Informe Anual del CIAT, 1975). Sin embargo, se presentó una

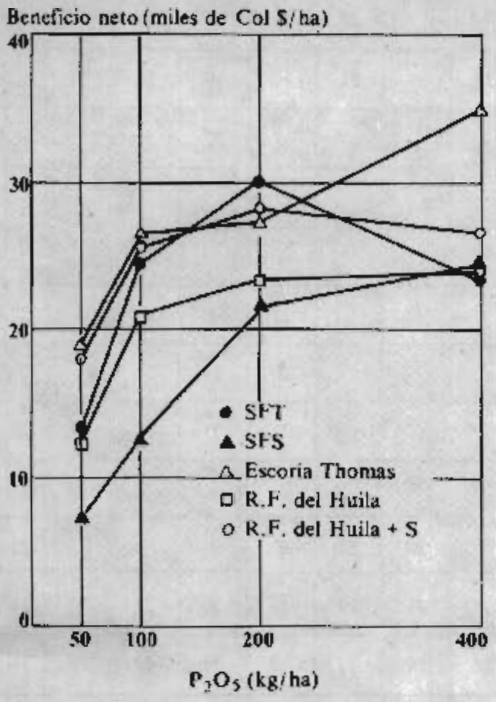


Figura 49. **Beneficio neto obtenido por la fertilización de la yuca, con diversos niveles y fuentes de P, en experimentos realizados en Carimagua.**

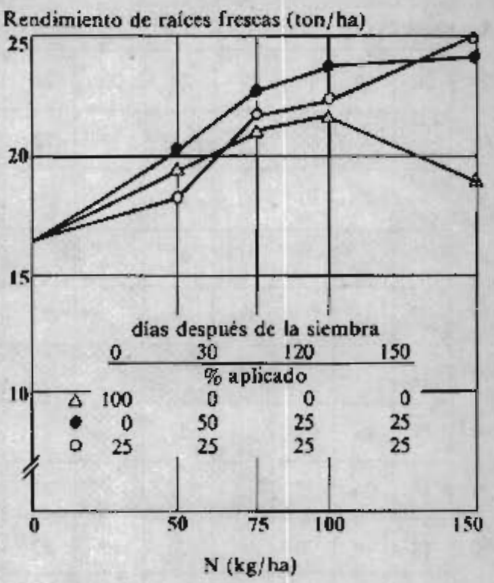


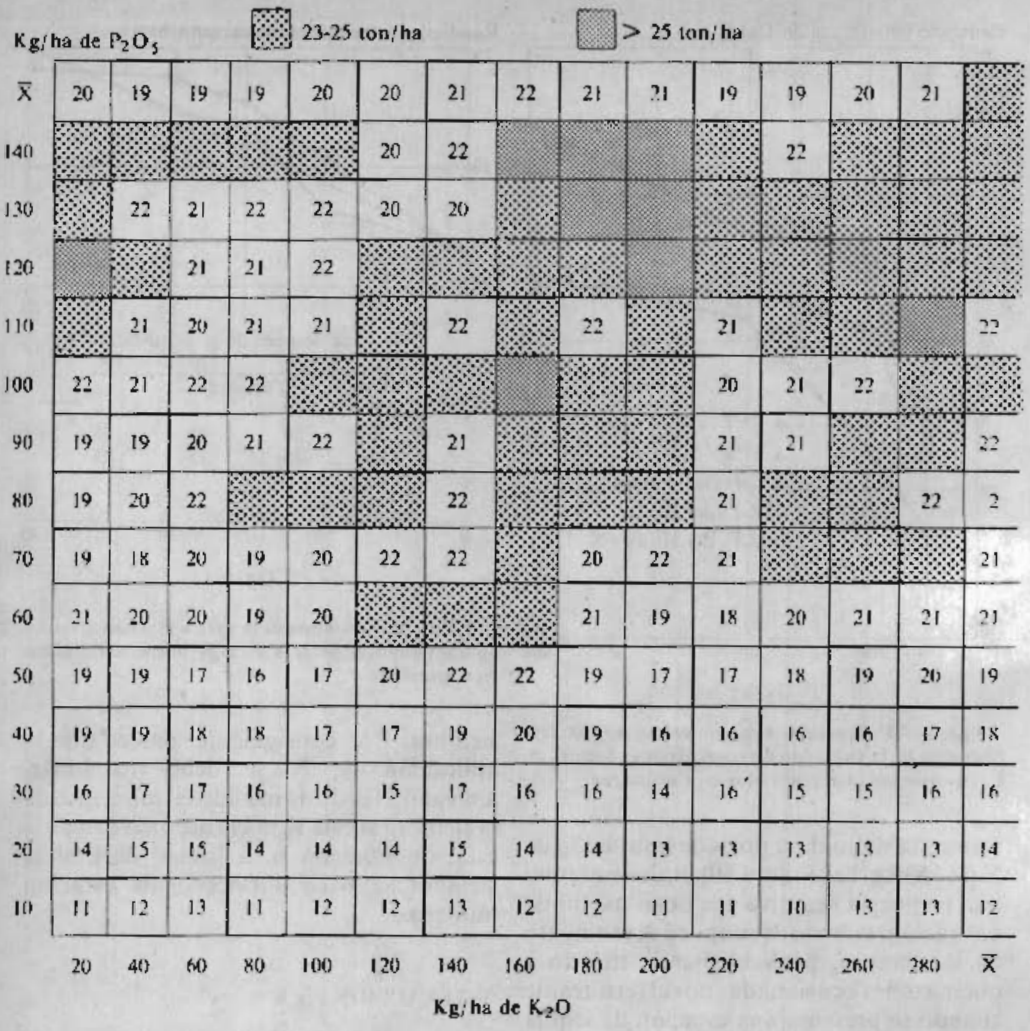
Figura 50. **Respuesta de la yuca a diversos niveles y épocas de aplicación de N, en experimentos realizados en Carimagua.**

respuesta definida a dosis de aplicación de N de 150 kg/ha (Figura 50). Sólo se obtuvo una respuesta negativa a la dosis mayor de aplicación, cuando N se aplicó al momento de la siembra, probablemente, debido a quemazones ocasionadas por el fertilizante cuando se presenta una estación de sequía después de la siembra.

El mejor fraccionamiento del fertilizante nitrogenado fue el de la aplicación del 50 por ciento, a los 30 días; 25 por ciento, a los 120 días;y 25 por ciento, a los 150 días. No se presentó diferencia significativa entre los otros métodos de fraccionamiento que se utilizaron. Sin embargo, en un nuevo ensayo similar, sembrado a comienzos de la estación lluviosa (destruido a los dos meses debido al añublo bacterial), se observó una falta definida de vigor a los dos meses, en cualquiera de los tratamientos en los cuales la aplicación inicial de N se retardó hasta los 30 días después de la siembra. Por consiguiente, parece que la aplicación de N se debe fraccionar, aplicando las dosis iniciales al momento de la siembra si ésta se inicia al comienzo de la estación húmeda o, a los 30 días, si la siembra se hace a fines de la estación húmeda.

INTERACCION P x K

Con el fin de determinar la interacción existente entre P y K, se estableció un experimento de diseño sistemático, con 15 niveles de cada elemento, en todas las combinaciones posibles. Los niveles de P y K en forma de P_2O_5 y K_2O se incrementaron de 10 en 10 y de 20 en 20 kg/ha, respectivamente, en direcciones perpendiculares. Cada planta se consideró como un tratamiento y los tratamientos se repitieron cuatro veces. El rendimiento obtenido con cada tratamiento es el resultado de promediar el rendimiento promedio de la planta y sus ocho vecinas circundantes. La Figura 51 muestra el efecto de P y K sobre el rendimiento. Los



Kg/ha de P_2O_5	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	$\bar{X}$
$\bar{X}$	20	19	19	19	20	20	21	22	21	21	19	19	20	21	
140						20	22					22			
130		22	21	22	22	20	20								
120			21	21	22										
110		21	20	21	21		22		22		21				22
100	22	21	22	22							20	21	22		
90	19	19	20	21	22		21				21	21			22
80	19	20	22				22				21			22	2
70	19	18	20	19	20	22	22		20	22	21				21
60	21	20	20	19	20				21	19	18	20	21	21	21
50	19	19	17	16	17	20	22	22	19	17	17	18	19	20	19
40	19	19	18	18	17	17	19	20	19	16	16	16	16	17	18
30	16	17	17	16	16	15	17	16	16	14	16	15	15	16	16
20	14	15	15	14	14	14	15	14	14	13	13	13	13	13	14
10	11	12	13	11	12	12	13	12	12	11	11	10	13	13	12

Figura 51. Efecto de la interacción de diversos niveles de P y K sobre el rendimiento de raíces de yuca (ton/ha), en experimentos realizados en Carimagua.

mayores rendimientos se obtuvieron con 140 kg/ha de P_2O_5 y 180 a 200 kg/ha de K_2O. A niveles menores de P_2O_5, la aplicación óptima de K_2O fue de 140 a 160 kg/ha,aproximadamente. En la Figura 52 se presenta la respuesta promedio al P y K. Es un hecho claro que la yuca responde marcadamente a las aplicaciones de P y que los rendimientos máximos aún no se obtuvieron con la dosis de aplicación más alta (140 kg/ha de P_2O_5). Se observó, relativamente, poca respuesta a la aplicación de K, y los máximos rendimientos se obtuvieron con 160 kg/ha de K_2O; a niveles superiores de aplicación los rendimientos disminuyeron. Como K se aplicó en forma de K_2SO_4, la disminución no se debió a una deficiencia de S (Informe Anual del CIAT, 1975), sino posiblemente a una deficiencia de Ca inducida por K, ya que el nivel de Ca del suelo fue demasiado bajo (0,24 meq/100 después del encalamiento).

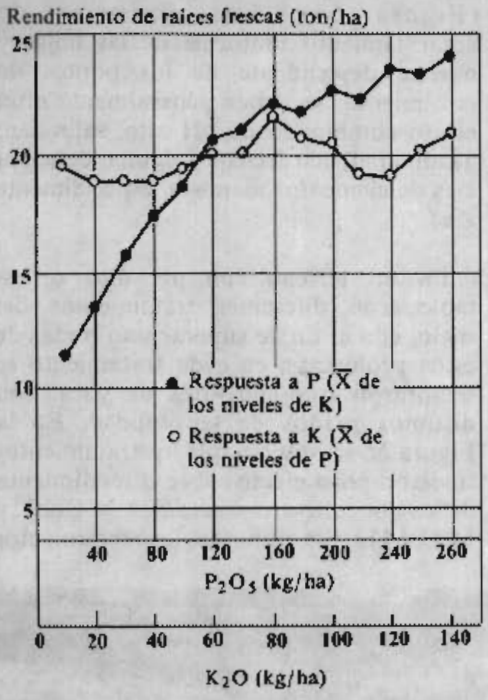


Figura 52. Respuesta promedio de la yuca a la aplicación de P y K en Carimagua.

METODOS DE FERTILIZACION

La eficiencia de los fertilizantes depende en alto grado de los métodos de aplicación. Los fertilizantes de baja solubilidad en agua, por lo general son más efectivos cuando se aplican al voleo y se incorporan al suelo para asegurar un buen contacto con éste; en tanto que los fertilizantes muy solubles se utilizan más eficientemente cuando se aplican en bandas o de otra manera, en forma concentrada.

La yuca dio un rendimiento de 5,8 ton/ha sin fertilización con NPK (sólo se aplicó cal y Zn). Los rendimientos aumentaron a 14,7 20,0 y 23,4 ton/ha con la aplicación de 250, 500 y 750 kg/ha del fertilizante 10-20-20. Debido a que la curva de respuesta no alcanzó un nivel máximo, es posible que se puedan obtener rendimientos superiores con mayores dosis de aplicación.

Aun cuando no se obtuvieron diferencias significativas entre los métodos de aplicación ($P \approx 0,05$), la aplicación de fertilizantes en el hoyo de siembra produjo rendimientos promedio ligeramente mayores y una mayor variabilidad en el rendimiento, debido a la disminución de la población, ocasionada por los daños que los fertilizantes causan a la estaca. Este efecto fue más pronunciado cuando se presentaron condiciones climatológicas secas después de la siembra, pero cuando la siembra se efectuó antes de la estación húmeda, no se presentó pérdida en el establecimiento del cultivo. En la siembra hecha durante la estación de sequía, la aplicación al voleo se comparó favorablemente con los otros métodos (Figura 53), en tanto que, durante la

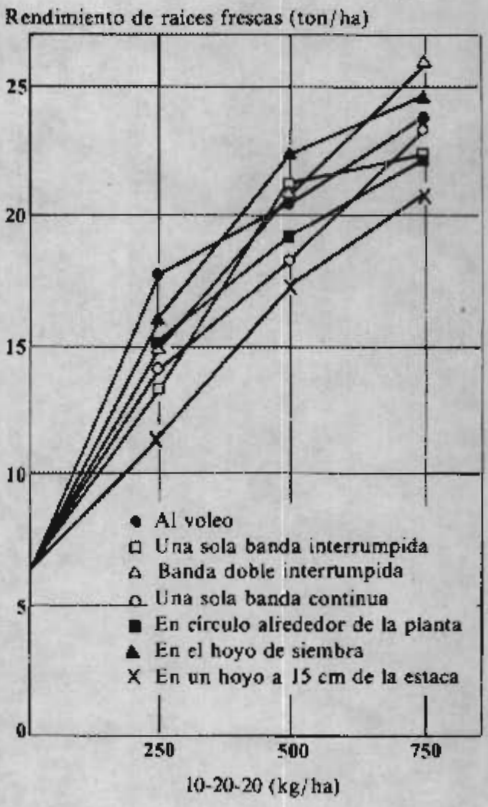


Figura 53. Efecto de diversos niveles y métodos de aplicación del fertilizantes 10-20-20 sobre el rendimiento de yuca en Carimagua.

estación húmeda, redujo el crecimiento inicial de la planta y favoreció el excesivo crecimiento de malezas. La aplicación en círculo alrededor de la planta utilizada comúnmente y que requiere mucha mano de obra, fue igual o menos efectiva que los otros métodos. La aplicación del fertilizante en un hoyo, a 15 centímetros de la estaca, fue el método menos efectivo.

MANEJO DE SUELOS SALINOS Y ALCALINOS

A pesar de que la yuca se adapta bien a los suelos ácidos, es bastante sensible a los pH altos y a suelos salinos. En los suelos de pH alto de la sede del CIAT, se han observado grandes diferencias varietales en cuanto a sensibilidad a este factor (Figura 54). Los síntomas de amarillamiento uniforme de las hojas y muerte descendente de los puntos de crecimiento, se deben generalmente a un efecto combinado de pH alto, salinidad, alcalinidad, mal drenaje y algunas deficiencias de elementos menores, especialmente zinc.

En un terreno con pH alto se establecieron diferentes tratamientos del suelo, con el fin de superar uno o más de estos problemas; en cada tratamiento se sembraron tres cultivares de yuca, con distintos grados de sensibilidad. En la Figura 55 se observa que los tratamientos tuvieron poco efecto sobre el rendimiento de los dos cultivares tolerantes, M Col 22 y M Col 113. Sin embargo, los rendimientos



Figura 54. Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la yuca; al frente, el cultivar susceptible Llanera y al fondo, el cultivar tolerante M Col 22.

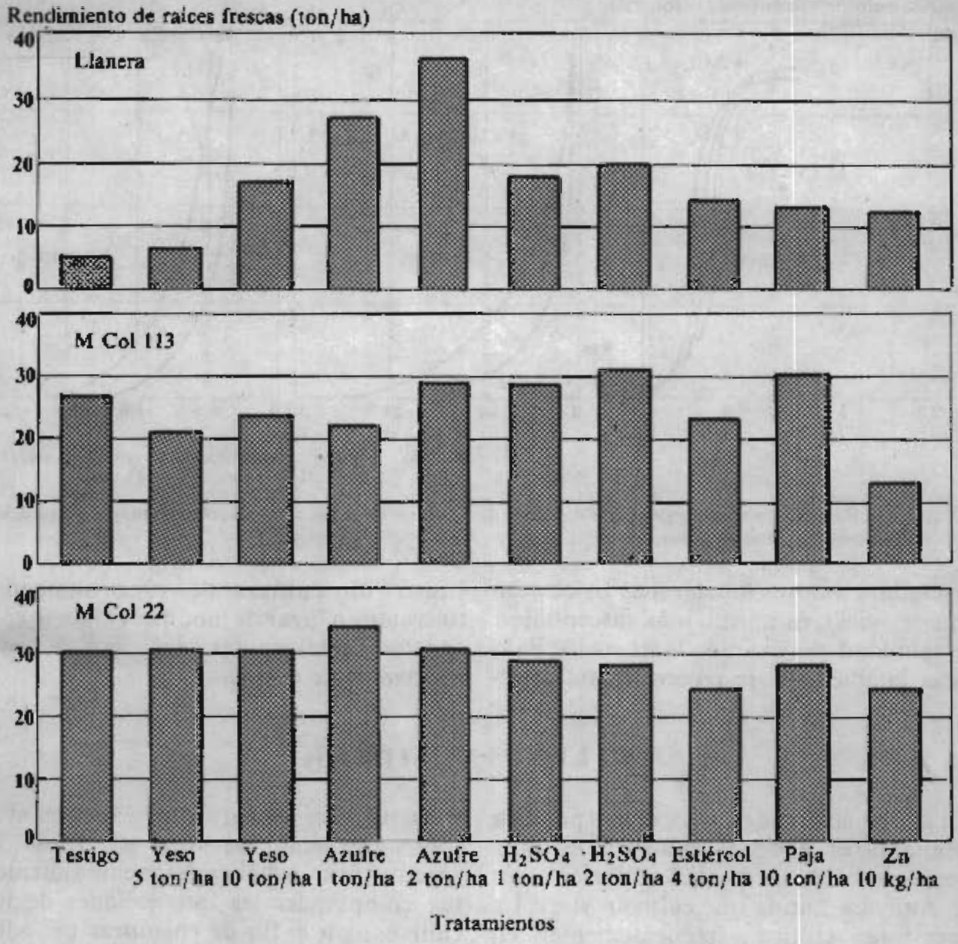


Figura 55. Efecto de diversos tratamientos aplicados a un suelo salino y con alto pH en el CIAT, sobre el rendimiento de 3 cultivares de yuca.

del cultivar Llanera (susceptible) aumentaron desde 5 hasta 35 ton/ha debido a la aplicación de 2 ton/ha de S elemental. La aplicación de 1 o 2 ton/ha de S o de ácido sulfúrico aumentó considerablemente los rendimientos. Por las condiciones excesivamente variables del suelo dentro del lote, los efectos del tratamiento no pueden considerarse definitivos. La Figura 56 muestra la relación entre el rendimiento y el pH, el porcentaje de saturación de Na y la conductividad eléctrica del suelo. El pH crítico para la variedad Llanera fue de 7,8 y para las variedades M Col 22 y M Col 113, entre 8,0 y 8,1. Por encima de estos valores de pH, los rendimientos disminuyeron marcadamente. En forma similar, el exceso de Na afectó severamente los rendimientos cuando el porcentaje de saturación fue superior al 1 por ciento para la variedad Llanera, y al 4-5 por ciento para las otras variedades; los rendimientos también fueron afectados por la salinidad cuando la conductividad eléctrica fue superior a 0,5 miliohmios/cm para la variedad Llanera y 0,7 miliohmios/cm para las otras variedades. Mientras que otros cultivos no son afectados por un exceso de Na, hasta un porcentaje de saturación superior al 15 por ciento y por la salinidad hasta que la conductividad eléctrica sea superior a 2 miliohmios/cm, la yuca es severamente

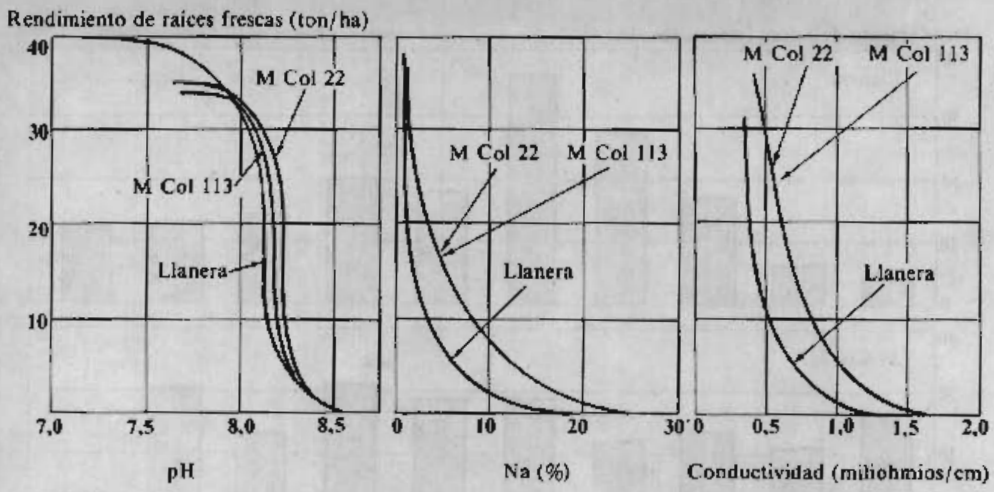


Figura 56. Relación existente entre el rendimiento de 3 cultivares de yuca y el pH, el porcentaje de saturación de Na y la conductividad eléctrica del suelo.

afectada a valores mucho más bajos y en consecuencia, es mucho más susceptible a la salinidad y alcalinidad del suelo. Bajo estas condiciones se recomendaría seleccionar un cultivar de yuca altamente tolerante en lugar de modificar el suelo con agentes acidificantes los cuales son relativamente costosos.

CULTIVOS MULTIPLES

La asociación de cultivos es una práctica difundida en todo el mundo y es muy frecuente entre los pequeños agricultores de América Latina que cultivan yuca. La yuca se cultiva frecuentemente en asociación con fríjol, maíz, ñame, papa, tomate y otras especies. Los métodos utilizados en los cultivos intercalados se basan en la tradición, y el criterio para la toma de decisiones de carácter agronómico es poco comprendido. Por ejemplo, se tiene conocimiento de que la yuca intercalada con fríjol reduce los rendimientos de ambos cultivos; pero su asociación puede ser una forma eficiente de reducir las malezas, enfermedades e insectos y en consecuencia, aumentar los ingresos netos de los agricultores (Informe Anual del CIAT, 1975). Durante sus primeras etapas de crecimiento, la yuca no tolera el sombrío pero tampoco intercepta ni utiliza mucha luz. Este excedente de luz podría ser utilizado por otro cultivo como el fríjol.

En 1976 se iniciaron los experimentos sobre asociación de yuca con fríjol. El objetivo primordial de estos experimentos fue comprender las interacciones de los cultivos con el fin de encontrar métodos más eficientes de cultivos múltiples.

EXPERIMENTOS SOBRE EPOCAS DE SIEMBRA

Se comparó la variedad de fríjol P302, sembrada en 11 épocas diferentes, con la variedad de yuca M Mex 11 sembrada en una sola época. La densidad de población del fríjol fue de 250.000 plantas/ha y la de yuca de 10.000 plantas/ha, de acuerdo con el patrón de siembra que se ilustra en la Figura 57. También se sembraron parcelas testigo de fríjol y de yuca en monocultivo.

A medida que avanzaron las fechas de siembra del fríjol, su rendimiento en

monocultivo tendió a disminuir debido a las condiciones climatológicas pero el rendimiento promedio se mantuvo en un nivel de 2,9 ton/ha (Figura 58). Los rendimientos de fríjol no se redujerón severamente cuando se sembró antes que la yuca, pero disminuyeron cuando se sembró después (Figura 59). Cuando la yuca se sembró seis semanas antes, los rendimientos de fríjol se redujeron a un 53 por ciento de su nivel en monocultivo.

En la Figura 60 se presenta la intensidad de luz medida en la parte superior del follaje de fríjol, cinco días después de alcanzar el IAF máximo. El rendimiento se reduce marcadamente sólo cuando el follaje de la yuca sobrepasa al del fríjol, lo cual indica que los dos cultivos compiten principalmente por la luz.

La yuca se cosechó a los 100 y 180 días y se harán cosechas posteriores a los 260 y 340 días. La Figura 61 presenta las variaciones en la curva total de biomasa de la yuca, como consecuencia de las diferentes fechas de siembra del fríjol. Nuevamente se comprobó el hecho de que

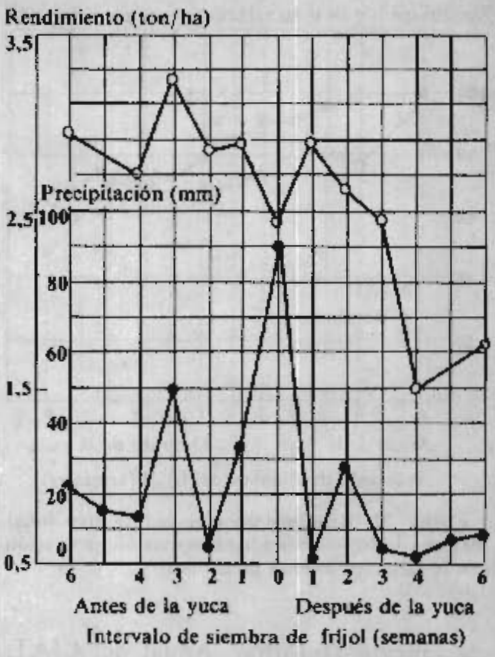


Figura 58. Efectos de las condiciones climáticas sobre los rendimientos de fríjol en monocultivo.

la yuca no tolera competencia alguna durante las primeras etapas de su

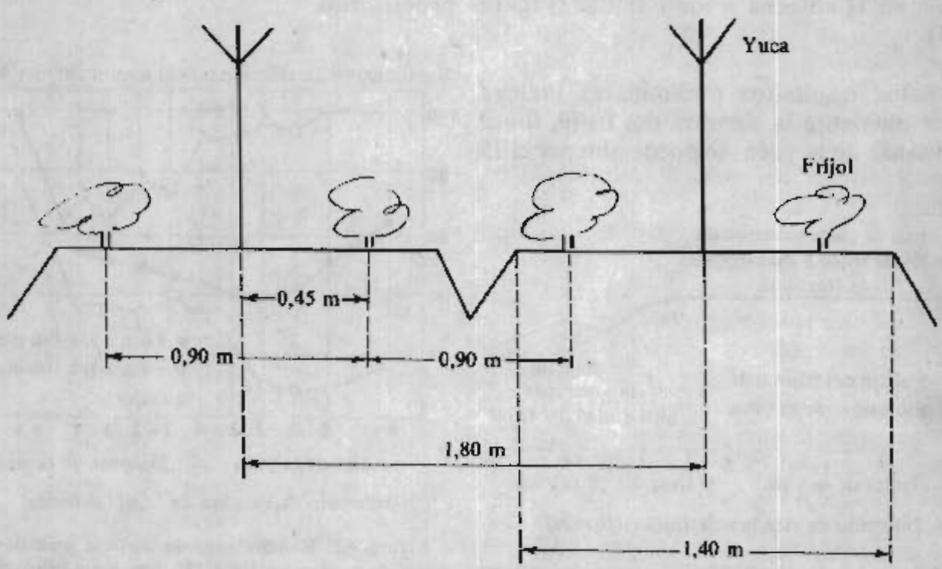


Figura 57. Patrón de siembra para el estudio de la asociación de yuca con fríjol.

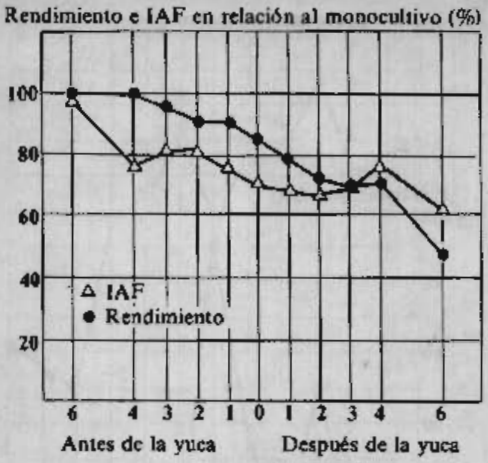


Figura 59. Rendimiento e índice de área foliar máximo del fríjol sembrado en asociación, en relación con la fecha de siembra de la yuca.

crecimiento (Informe Anual del CIAT, 1973); a mayor retardo en la fecha de siembra del fríjol, fue mayor el rendimiento de yuca. Los 80 días que transcurrieron entre la primera y la segunda cosecha de yuca, le dieron tiempo para recuperarse, especialmente cuando la biomasa total era baja en la cosecha a los 100 días (Figura 61).

Estos resultados preliminares indican que mediante la siembra del fríjol, 0 a 2 semanas de la yuca, se puede obtener el 75

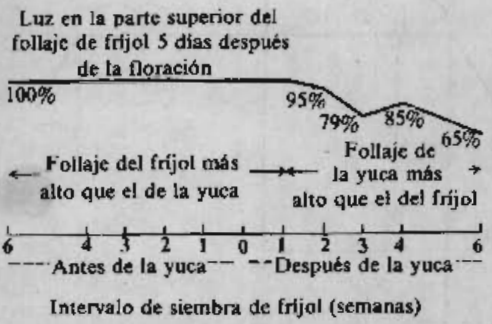


Figura 60. Disponibilidad de luz para cultivos intercalados de fríjol y yuca, sembrando el fríjol antes, simultáneamente y después de la yuca.

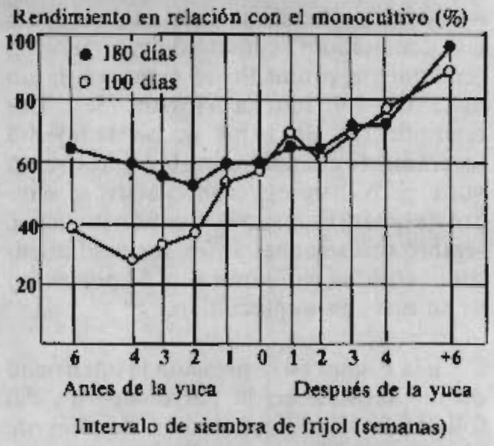


Figura 61. Rendimiento de biomasa de la yuca cosechada a los 100 y 180 días, sembrando el fríjol antes, simultáneamente y después de la yuca.

por ciento del rendimiento de fríjol en monocultivo y después de 180 días, se puede obtener en promedio un 50 por ciento del rendimiento de yuca en monocultivo (Figura 62). Entre los 100 y 180 días aumentó el rendimiento de la yuca en asociación en comparación con el testigo, de tal manera que en 300 días los rendimientos relativos pueden ser aún más promisorios.

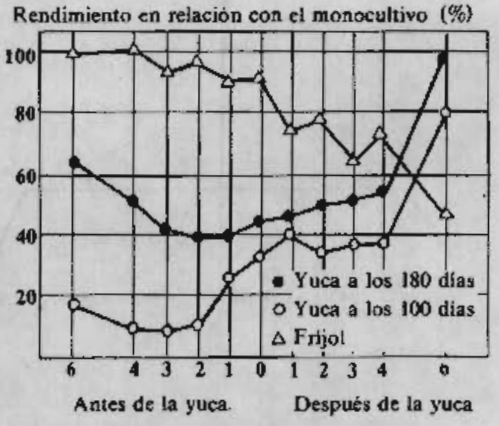


Figura 62. Rendimiento de materia seca de las raíces de yuca, a los 100 y 180 días, y del fríjol, en la madurez, en relación con la fecha de siembra de la yuca.

En los Informes Anuales del CIAT de 1973, 1974 y 1975 se presentaron la metodología y los resultados preliminares obtenidos en una encuesta agroeconómica. El estudio se hizo en cinco zonas de Colombia: (I) Cauca, (II) Valle y Quindío, (III) Tolima, (IV) Meta y (V) Magdalena y Atlántico. En 1976, se completaron los análisis de todos los datos.

INFORMACION ECONOMICA

El rendimiento promedio de la encuesta fue de menos de 7 ton/ha aunque el rango observado fue muy amplio (desde casi cero hasta más de 40 ton/ha). Los rendimientos obtenidos en las fincas de mayor tamaño tendieron a ser más altos que los de las más pequeñas, con un promedio de 7,9 y 4,3 ton/ha, respectivamente. Este efecto fue particularmente marcado en la zona del Valle y Quindío, con 14 y 8 ton/ha para las fincas grandes y pequeñas, respectivamente.

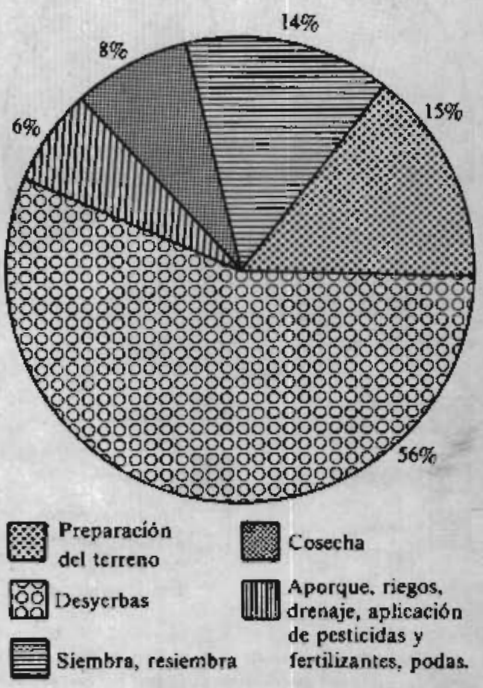


Figura 63. **Porcentaje estimado de la mano de obra utilizada en la producción de yuca por hectárea para las diferentes actividades de campo.**

A pesar de que los rendimientos son bajos, se utiliza mucha mano de obra para la producción de yuca: un promedio de 86 días-hombre/ha, que varía desde 66 en la zona IV hasta 106 en la zona I. Aproximadamente la mitad de esta mano de obra se utilizó en el control de malezas y otro 30 por ciento del total se utilizó en la preparación del terreno, siembra y cosecha (Figura 63).

El costo variable de la producción de yuca se estimó en aproximadamente Col $ 4.000/ha o Col $ 640/ton de yuca producida. Los costos variables de producción por hectárea fluctuaron entre Col $ 3.000/ha en la zona I y Col $ 5.000/ha en la zona II. El 50 por ciento de los costos variables correspondió a la desyerba del cultivo, y el 8 por ciento a los insumos comprados (Figura 64).

El promedio de costos totales es de aproximadamente Col $ 6.000/ha o Col $ 1.000/ton (Cuadro 43). Los costos por hectárea en las fincas de mayor tamaño, son más altos debido al mayor valor de la tierra (la renta estimada es del 10 por ciento del valor de la tierra) y a los costos más altos por concepto de administración, vigilancia y empaque de la cosecha para el mercado. Sin embargo, los costos por tonelada de yuca son menores debido a la mayor producción. En la zona III, la cual presenta los rendimientos más bajos, los costos por tonelada fueron los más altos (ligeramente mayores que Col $ 1.6000/ton) y en la zona II, la cual presenta los costos más altos y los mayores rendimientos, el costo por tonelada fue el más bajo (Col $ 850/ton).

El valor total de la producción fue

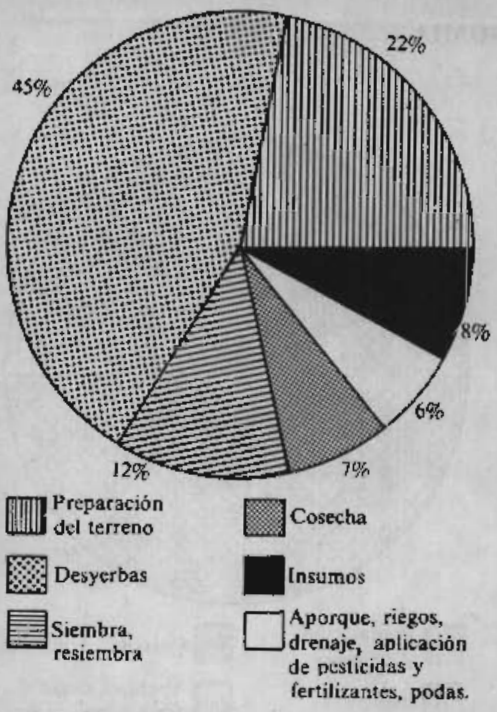


Figura 64. **Porcentaje estimado de los costos variables en la producción de yuca por hectárea, para las diferentes actividades de campo.**

mayor en la zona II (Col $ 25.000/ha) y menor en la zona V (cerca de Col $ 4.000/ha). En la zona II, el ingreso neto de los agricultores después de pagar la renta estimada, fue de Col $ 19.000/ha; en la zona V, no hubo ganancias.

En algunas zonas existen los contratos de participación, en los cuales los agricultores dan al propietario la tercera parte de la producción. En las zonas III, IV y V el contratista en participación no tuvo ganancias.

El precio promedio recibido por los agricultores fue de Col $ 1.540/ton; sin embargo, los precios en las zonas II y III fueron casi el doble de los de la zona V. Probablemente, la diferencia se debe a la proximidad de las zonas II y III a mercados grandes para el producto fresco. A pesar de que los agricultores, considerados individualmente, recibieron precios muy diferentes, no se observó tendencia alguna que indicara que el agricultor grande obtiene mejores precios.

PERDIDAS DE RENDIMIENTO

Se hizo un análisis de regresión múltiple con el fin de determinar los factores que limitan el rendimiento. Cuando los cultivos presentaron ataques de **Phoma** y

Cuadro 43. **Promedio de costos totales de producción de yuca, por hectárea y por tonelada, en las zonas I y II.**

	Zona I		Zona II		Total	
	Col $/ha	Col $/ton	Col $/ha	Col $/ton	Col $/ha	Col $/ton
Promedio de costos variables	3.068	694	5.019	397	3.968	640
Administración			199	16	62	10
Asistencia técnica	8	2	9	1	4	1
Vigilancia	39	9	263	21	96	15
Empaque	52	12	126	10	123	20
Interés (12% del costo variable)	368	84	602	48	476	77
Costo total sin incluir renta de la tierra	3.535	803	6.218	494	4.729	763
Renta de la tierra (10% del valor de la tierra)	278	63	4.511	358	1.318	212
Costo total	3.813	866	10.733	852	6.047	975

Cuadro 44. Pérdidas de rendimiento debido a diferentes factores que afectan la producción de yuca (rendimiento promedio de 6,2 ton/ha).

	Pérdida en parcela afectada (ton/ha)	Area total afectada (%)	Promedio de pérdida de rendimiento en toda el área (ton/ha)
Phoma	3,45	4	0,13
Superalargamiento	3,45	4	0,13
Bajo nivel de fósforo	2,21	63	1,39
Cultivos asociados	1,89	31	0,59
Alto pH (> 5,5)	1,74	58	1,01
Hormigas	1,20	2	0,02
ABY	0,75	5	0,04
Total			3,31
Exceso de lluvia	0,77	48	0,37
Textura pesada del suelo	1,46	75	1,09

la enfermedad del superalargamiento, las pérdidas de rendimiento fueron sorprendentes (Cuadro 44); el superalargamiento sólo se observó en una pequeña parte del área total estudiada pero la pérdida potencial es de gran magnitud si se disemina esta enfermedad. La utilización de sistemas de cultivos asociados también redujo marcadamente los rendimientos (Ver sección Cultivos Múltiples). Aparentemente, el bajo contenido de fósforo en el suelo es también un factor primordial que limita la producción de yuca. Igualmente, un alto pH del suelo (>5,5) redujo el rendimiento, aunque es posible que otros factores estén involucrados. El exceso de lluvia y la textura pesada del suelo también se asocian con rendimientos menores; sin embargo, a diferencia de los otros factores, es difícil encontrar la forma de disminuir su intensidad.

La corrección de los otros factores limitantes aumentaría los rendimientos en 3 ton/ha (35 por ciento).

SECAMIENTO DE LA YUCA

Continuando con los estudios iniciados hace algún tiempo (Informe Anual del CIAT, 1973), se adelantaron los trabajos relacionados con el mejoramiento de los métodos para el secamiento natural de la yuca. Los trozos de yuca, producidos por una picadora del tipo utilizado en Malasia (Figura 65), se secaron en bandejas con malla, colocadas en posición horizontal e inclinadas a cierta altura del suelo (Figura 66), para comparar su eficiencia con el secamiento en un piso de cemento corriente y un piso de cemento pintado de negro.

La picadora de Malasia produce trozos moderadamente uniformes de 0,4 a 0,6 centímetros de espesor y 1 a 8 centímetros de longitud, dejando partículas más pequeñas y separando gran parte de la corteza de la yuca. La mezcla de estas partículas con los trozos, aparentemente no afecta el índice de secamiento, tanto en

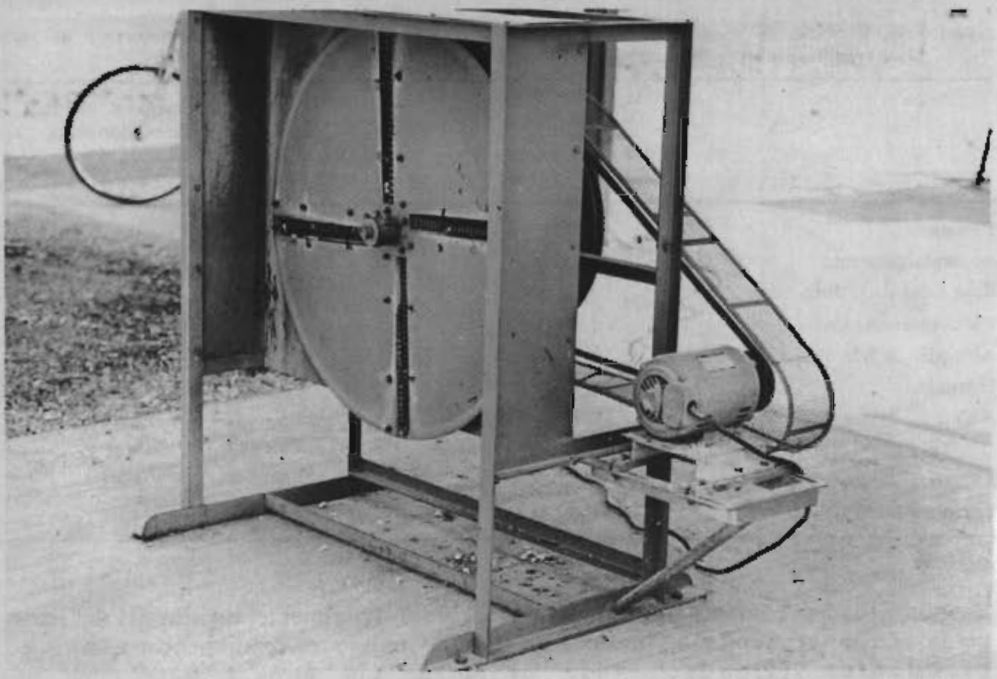


Figura 65. Modelo para cortar trozos de raíces de yuca, diseñado en Malasia y utilizado en el CIAT para estudios de secamiento.



Figura 66. Diferentes métodos utilizados en el CIAT, en experimentos para secamiento de yuca.

el piso de cemento como en las bandejas, pero ocasiona pérdidas de materia seca (8 por ciento) durante el secamiento y almacenamiento en empaques de fibra. Se están modificando las cuchillas y la tolva de alimentación para tratar de reducir la producción de material fino.

Los ensayos realizados en el CIAT durante un período de tres meses, demostraron que el método tradicional de secamiento de yuca (en piso de cemento), se puede mejorar mediante la utilización de bandejas con malla colocadas en posición horizontal o inclinada (Cuadro 45). El aumento en el índice de secamiento se debe a una mejor circulación del aire alrededor de los trozos; en las bandejas inclinadas, se aprovecha mejor la capacidad de secamiento del viento. Se determinó que el ángulo máximo de inclinación de la bandeja debe oscilar entre 25 y 30°.

La eficiencia del secamiento de una carga de yuca fresca de 5 kg/m² en piso de cemento negro, es mucho más alta en comparación con la del piso de cemento corriente, pero con una carga de 10 kg/m² la capa de trozos es demasiado gruesa y en consecuencia, la superficie negra se cubre casi totalmente. La mayor carga no requiere un número proporcionalmente mayor de horas de secamiento, por lo cual da una mayor capacidad de superficie de secamiento por unidad de área. En la práctica es difícil lograr cargas mayores de 7 kg/m² con la utilización de rastrillos de madera para esparcir y voltear los trozos, pero en este caso el diseño del rastrillo es importante y requiere mayor atención.

El secamiento en piso de cemento negro tiene la desventaja de que el polvo de yuca se amontona en las grietas y reduce la absorción de radiación solar; en cosecuencia, el piso debe tener un acabado pulido y a la capa final se le debe adicionar un pigmento negro para lograr un color permanente sobre la superficie. La capacidad de las bandejas inclinadas es el doble de la capacidad del piso de cemento para un mismo número de horas de secamiento y, si los trozos se distribuyen uniformemente en las bandejas, no es necesario voltearlas, lo cual reduce los costos de mano de obra durante el secamiento.

Cuadro 45. Tiempo requerido (horas) para secar la yuca a un contenido de humedad del 14% (base húmeda) CIAT, junio-agosto, 1976.

Método de secamiento	Densidad de los trozos (kg/m²)	Número de ensayos	Tiempo de secamiento (horas)	
			Total de horas	Horas entre 08:00-18:00
Cemento corriente	5	6	26	12
Cemento negro	5	6	20	10
Cemento corriente	10	4	34	19
Cemento negro	10	4	32	18
Bandejas horizontales	10	5	29	15
Bandejas inclinadas	10	8	20	11

Bandejas horizontales a 30 cm del suelo

Bandejas inclinadas a 28°

Inicio del secamiento a las 08:00 horas; los trozos se cubrieron entre las 18:00 y 08:00 horas.

Si se utilizan bandejas inclinadas se logra reducir aún más el tiempo de secamiento, comenzando en las últimas horas de la tarde. La yuca picada en trozos, a las 08:00 horas y colocada en bandejas inclinadas a razón de 10 kg/m², no siempre se seca en un día con un contenido de humedad inferior al 14 por ciento, en base húmeda. Si el contenido de humedad de los trozos se reduce a menos del 20 por ciento se puede presentar absorción de humedad durante la noche. Sin embargo, la yuca que se pica en trozos a las 17:00 horas, continúa su secamiento durante la noche y el calor del día siguiente reduce el contenido de humedad a menos del 14 por ciento. La Figura 67 muestra curvas típicas de secamiento durante días soleados y nublados. Incluso, bajo malas condiciones climáticas, si el secamiento se inicia a las 17:00 horas, los trozos alcanzan un contenido de humedad del 14 por ciento en un día entero, lo cual permite cargar nuevamente las bandejas. Cuando se colocan bandejas inclinadas, una sobre la otra, con separación de 30 centímetros entre ellas (Figura 68), no se afecta notablemente el índice de secamiento (Figura 69). En consecuencia, es posible aumentar la carga por metro cuadrado de área hasta 40-60 kg, colocando 3-4 bande-

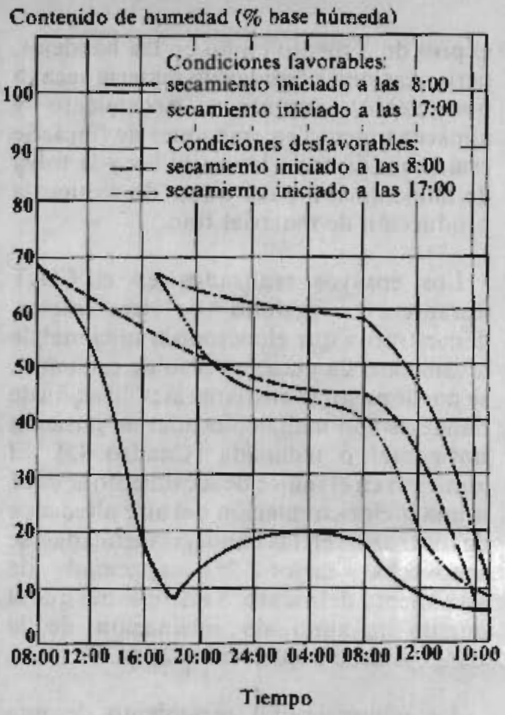


Figura 67. Curvas de secamiento de trozos de yuca, en bandejas inclinadas (densidad: 10 kg/m²), bajo condiciones climáticas favorables (temp. promedio 26°C, H.R. promedio 57%, velocidad promedio del viento 1,6 m/seg.) y desfavorables (temp. promedio 24°C, H.R. promedio 68%, velocidad promedio del viento 1,1 m/seg).



Figura 68. Colocando bandejas inclinadas, como se muestra en la figura, con un espaciamiento de 30 cm, los índices de secamiento de los trozos no se afectan considerablemente.

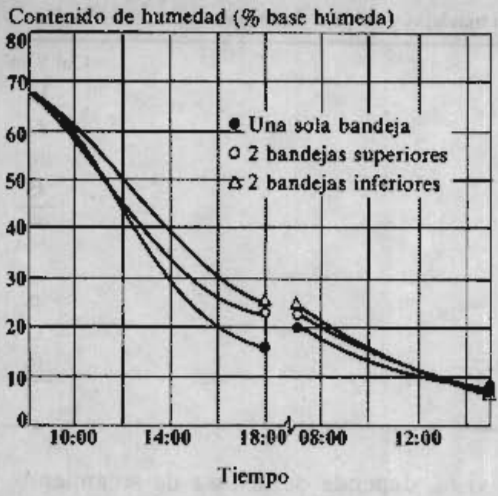


Figura 69. Curvas de secamiento de trozos de yuca en bandejas inclinadas (densidad: 10 kg/m², de acuerdo con la colocación de las bandejas.

jas una encima de la otra y por consiguiente, se justifica colocar un techo o cubierta para proteger la yuca durante la noche y en días lluviosos.

Se están ensayando diversos materiales para construir las bandejas de secamiento y sus marcos de soporte. Los marcos de soporte de las bandejas se pueden hacer con postes y barandas de bambú, dispuestos de tal manera que las bandejas tengan un ángulo de inclinación de 25 a 30° y una colocación que permita el mejor uso de los vientos. Las bandejas con marco de madera, de 0,90 x 1,70 metros x 5 centímetros de profundidad, con una base de malla plástica de perforaciones finas, reforzada con una malla de gallinero, es una estructura fuerte y capaz de soportar una carga de 15 kg/m² (Figura 70); las mayores cargas requieren marcos más profundos y una malla más fuerte.

En el Cuadro 46 se detallan los costos de los materiales por metro cuadrado de área de secamiento. Los costos de mano de obra no se incluyen debido a que el agricultor puede construir las bandejas o bien preparar la mezcla de cemento que cubrirá

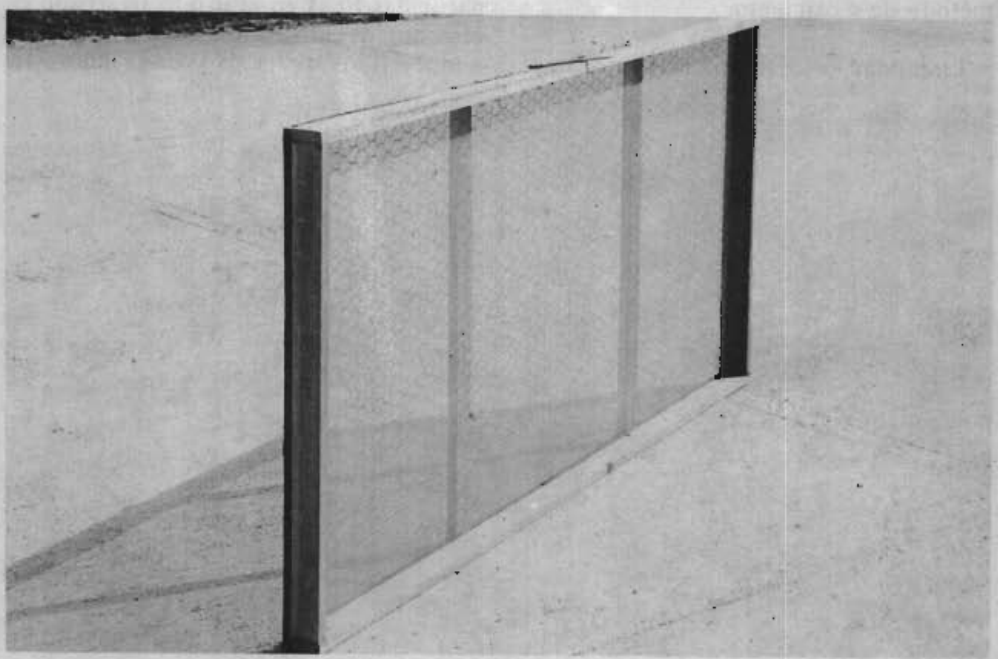


Figura 70. Las bandejas de secamiento construidas en forma ilustrada, pueden sostener hasta 15 kg/m² de trozos de yuca húmedos.

Cuadro 46. Costo de materiales para el secamiento en bandejas y en piso de cemento.

Bandejas	Col $/m²
Marco de bambú	15
Malla de gallinero de 1" (0,90 m de ancho)	22
Malla plástica para mosquitos (0,90 m de ancho)	16
Marco de madera para bandejas (0,90 x 1,70 m)	45
Costo total de los materiales (bandejas)	98
Cemento	
Piso de cemento de 10 cm de espesor	45
Cimientos	15
Pigmento o pintura negra	10
Costo total de los materiales (piso de cemento)	70

el piso. Las bandejas se pueden construir con materiales que se consiguen fácilmente y el costo de su transporte puede no ser tan alto en comparación con los costos de transporte del cemento, arena, grava y otros materiales de construcción. Sin embargo, las bandejas tienen una vida útil más corta y requieren más mantenimiento que un piso de cemento; ésta sería la principal desventaja de utilizar este método de secamiento.

La calidad de los trozos de yuca, a simple vista, depende de la tasa de secamiento. Los trozos que se secan rápidamente bajo buenas condiciones, ya sea en el piso de cemento a razón de 5 kg/m² o en bandejas a razón de 10 kg/m², son de un color blanco brillante. Cuando el período de secamiento se prolonga durante dos o más días, la calidad de los trozos producidos por ambos métodos, se deteriora y presenta una mayor proporción de polvo y partículas finas en el producto secado en cemento, debido a la frecuencia con que se remueven los trozos de yuca (Figura 71).



Figura 71. Los trozos de la izquierda se secaron en condiciones adecuadas y tienen una excelente apariencia; los trozos de la derecha se deterioraron a causa de períodos prolongados de secamiento.

ADIESTRAMIENTO

CURSO INTENSIVO SOBRE PRODUCCION DE YUCA

En el Curso Intensivo sobre Producción de Yuca participaron 32 agrónomos, procedentes de nueve países de América Latina; tuvo una duración de 31 días y fue financiado por el Centro Internacional Canadiense para el Desarrollo de la Investigación (IDRC). Durante los 24 días de instrucción se dieron 176,5 horas de adiestramiento; el 37,4 por ciento se dedicó a la teoría y el 62,6 por ciento a la práctica.

La instrucción estuvo a cargo de 29 técnicos, incluyendo los científicos del CIAT y sus respectivos asistentes técnicos. Los materiales de enseñanza se recopilaron e imprimieron para formar dos volúmenes preliminares en español que se titulan: "Curso de Producción de Yuca" (432 páginas) y "Manejo y Control de Malezas en el Trópico" (132 páginas).

La efectividad del curso y el aprovechamiento progresivo de los becarios se evaluó mediante la realización de dos exámenes (al comienzo y final del curso). Se comprobó que todos los estudiantes mejoraron sus conocimientos;

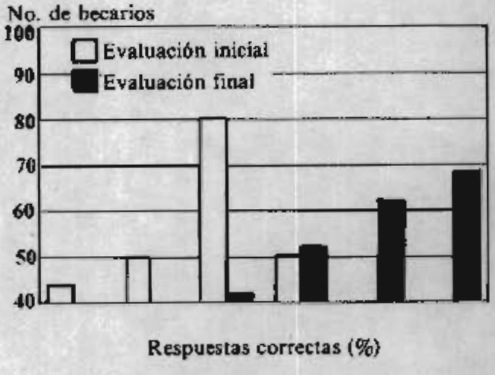


Figura 72. Comparación de los resultados de la evaluación inicial y la final de los becarios que participaron en el Curso Intensivo sobre Producción de Yuca. 1976.

el puntaje promedio de la prueba inicial fue del 44 por ciento, en tanto que en la prueba final fue del 79 por ciento. La Figura 72 muestra la distribución de los puntajes en las dos pruebas.

Estos agrónomos recién adiestrados posiblemente harán contactos importantes en sus respectivos países y en esta forma, las actividades de proyección externa del Programa de Yuca del CIAT, serán más amplias.

PUBLICACIONES

COCK, J.H. Characteristics of high yielding cassava varieties. Expl. Agric. 12:135-143. 1976.

LOZANO, J.C. y TERRY, E. Enfermedades de la yuca y su control. Noticias Fitopatológicas 1:38-44. 1976.

NESTEL, B. and COCK, J.H. Cassava: the development of an international research network. IDRC 59e Ottawa, Canada, International Development Research Centre, 1976, 69 pp.

ROSAS, C., COCK, J.H. and SANDOVAL, G. Leaf fall in cassava. Expl. Agric. 12:395-400. 1976.

Programa de producción de ganado de carne

CIAT
1976

Programa de producción de ganado de carne

PROGRESOS LOGRADOS EN 1976

En 1976 se inició la evaluación agronómica de una amplia gama de introducciones de **Stylosanthes** spp. en búsqueda de genotipos con resistencia al barrenador del tallo, a algunas enfermedades y tolerancia al suelo álico, de baja fertilidad. Los materiales que tienen tallo delgado, que parecieran tener mayor resistencia al ataque del barrenador del tallo, son los que parecen tener mayor promesa en comparación con los biotipos de crecimiento robusto y consistencia leñosa. Particularmente interesante es *S. capitata*, una especie perenne que se regenera sin necesidad de sembrarla y que presenta tolerancia a niveles altos de aluminio intercambiable y a bajos niveles de fósforo en el suelo. Tiene además alguna resistencia a la antracnosis y al barrenador del tallo.

Algunas especies de **Zornia**, **Desmodium**, y **Macroptilium** también incluyen ecotipos adaptados a los suelos álicos y tienen resistencia a las enfermedades y plagas. Las nuevas introducciones se están evaluando simultáneamente en lotes duplicados establecidos en Santander de Quilichao (Departamento del Cauca) y Carimagua (Departamento del Meta).

En Palmira, en lotes de multiplicación de semilla se recogieron con cosechadora 69 kg/ha de semilla pura, escarificada con ácido (para su siembra inmediata) de *S. guyanensis* (CIAT 136). En Carimagua no se obtuvo suficiente semilla de esta planta debido a ataques de insectos en la plantación. Se logró recoger, de ambas localidades un total de 700 kilogramos de semilla pura.

En Santander, se establecieron nuevas áreas de multiplicación de semilla para una amplia gama de leguminosas por haber ahí un nivel más bajo de incidencia del barrenador del tallo y de malezas, lo cual favorece una obtención más uniforme de rendimientos y una población con un ciclo de vida más largo. Se establecieron experimentos para observar las respuestas específicas de las diferentes especies de leguminosas a los niveles de fósforo, a la defoliación y en el caso de **Centrosema** spp., a los sistemas de soporte para las plantas en crecimiento al establecer las praderas.

En Carimagua, se estableció un ensayo sobre preparación del suelo el cual incluye el método convencional y también el de labranza mínima. La utilización de un disco corrugado en los bordes para cortar el suelo y removerlo sin mezclarlo ni voltear el césped resultó eficiente en el control de la vegetación natural en el establecimiento satisfactorio de las especies forrajeras que se pretenda sembrar. La siembra en bandas, así como la aplicación en bandas de fertilizante presentó ventajas evidentes en comparación con la aplicación al voleo.

La fertilización con fósforo tuvo un marcado efecto sobre el contenido de fósforo en **Stylosanthes** y **Brachiaria**; la aplicación al voleo fue mucho más eficiente para aumentar los contenidos de fósforo en la planta que la aplicación en bandas. Las especies de gramíneas *Pueraria phaseoloides, Brachiaria rugulosa* y *B. mutica* respondieron significativamente a la aplicación de potasio; el *P. phaseoloides* dio una respuesta marginal a la aplicación de magnesio.

La caracterización de las cepas disponibles de **Rhizobium** en la colección del CIAT, indicó que la eficiencia de los dos aislados suramericanos, para su utilización en **Stylosanthes**, es superior en comparación con la cepa que se obtiene comercialmente. La eficiencia de las cepas de **Rhizobium** está bajo estudio en cultivos establecidos en materos, con suelo local esterilizado, para evaluar la tolerancia a un pH bajo, poca disponibilidad de fósforo y alto nivel de aluminio.

Las aplicaciones de un fertilizante nitrogenado en una pradera de pasto pangola con riego, a razón de 168 y 672 kg/ha/año, produjeron ganancias en peso vivo de 690 y 1.803 kg/ha, respectivamente.

La especie *Brachiaria decumbens* mostró ser mejor para el pastoreo, durante la estación de sequía, en comparación con praderas de *Melinis minutiflora, Hyparrhenia rufa* y *Paspalum plicatulum*. Los animales que pastorearon en sabana nativa que se quemó a fines de la estación lluviosa, lograron un aumento de peso de 57 kg/año, en tanto que los animales en praderas quemadas al comienzo de la estación lluviosa tuvieron un aumento de sólo 27 kg/año.

En el proyecto que se ha denominado Sistemas de Hatos, el suministro de minerales mejoró consistentemente la población de terneros (tres años), a través del aumento de la natalidad y la reducción del número de abortos. El mejor sistema de manejo, para lograr un buen número de nacimientos, es mediante el destete precoz, por cuanto libera a las vacas del estrés ocasionado por la lactancia. Se lograron resultados satisfactorios en los estudios preliminares encaminados a levantar terneros destetados a los tres meses, bajo las condiciones de Palmira; el peso vivo de estos terneros, a los 9 y 18 meses, fué igual al de los terneros destetados en el tiempo normal en los llanos.

La distribución de los tripanosomas del ganado *(T. vivax y T. evansi)*, en las áreas tropicales de América Central y del Sur es mucho más amplia de lo que se creía. En algunas áreas, la enfermedad tiene un impacto económico significativo.

La leptospirosis es la enfermedad de la reproducción que más prevalece en las sabanas tropicales. En un hato experimental se están evaluando dos sistemas de medicina preventiva contra esta enfermedad.

En 1976 se completaron los estudios sobre la prevalencia de anaplasmosis y babesiosis en Colombia. Los resultados de estos estudios indicaron una alta prevalencia de la anaplasmosis y babesiosis en las principales regiones productoras de ganado de la Costa Norte, Llanos Orientales y Valle del Cauca. En ocho fincas de ganado de carne y ganado lechero, localizadas en el Valle del Cauca, se ensayaron métodos de inmunización contra

la anaplasmosis y babesiosis mediante un procedimiento de dosis mínima infectiva. En estos experimentos se trató un total de 258 animales. Los resultados preliminares obtenidos en una de las fincas demostraron que los animales vacunados tuvieron un aumento de peso de 27 kilogramos más, por cabeza, que el testigo no vacunado, 18 semanas después de su exposición a las condiciones de campo.

La lista de especies de garrapatas de la Unidad de Acarología, para el caso de Colombia, se amplió para incluir 32 hospedantes y 23 especies de garrapatas. La colección de garrapatas se utiliza extensivamente para el adiestramiento de becarios en clasificación taxonómica.

A pesar de que una buena nutrición aumentó la resistencia y tolerancia del ganado a las garrapatas, aparentemente, un nivel de infestación de garrapatas relativamente bajo fue capaz de ocasionar disminuciones en los valores sanguineos. Los estudios realizados permitieron establecer que ciertas áreas del cuerpo del bovino albergan mayores poblaciones de *Boophilus microplus,* la garrapata del ganado en el trópico. En general, los animales que pastorean praderas mejoradas pueden presentar un nivel más bajo de infestación con garrapatas en comparación con animales que pastorean en praderas nativas.

Se llevó a cabo una encuesta de tipo económico en 16 fincas seleccionadas y representativas de los Llanos Orientales de Colombia, en las cuales se llevará un registro de todas las incidencias significativas que ocurran en cada finca, durante 18 meses. Algunas observaciones preliminares indican la posible existencia de factores externos que pudieran condicionar la adopción de tecnologías. Estos factores incluyen costos de transporte, costos de oportunidad de praderas en regiones cercanas, limitaciones de crédito y precios relativos de las diferentes categorías de nimales. Esas observaciones también sugieren que, cuando ciertas prácticas recomendadas se introducen unilateralmente, el efecto neto económico puede ser hasta negativo.

AGRONOMIA DE PASTOS Y FORRAJES

INTRODUCCION DE PLANTAS

Durante 1975, el CIAT hizo extensas exploraciones para recolectar leguminosas forrajeras; con este propósito recibió financiación especial del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Este trabajo se continuó en 1976 con financiación del presupuesto básico del CIAT (Figura 1).



Figura 1. Itinerarios seguidos en 1976 en varias giras de exploración para colectar material de plantas forrajeras leguminosas en América Central y en el área tropical de América del Sur.

Se colectó semilla o material vegetativo de siembra de 1.600 introducciones de especies forrajeras tropicales, principalmente leguminosas, con el fin de ampliar la gama de diversidad genética de las existencias de germoplasma en la colección de forrajes del CIAT (Cuadro 1). Se hizo énfasis en la búsqueda de germoplasma que tenga resistencia a plagas y enfermedades; además, adaptación a suelos de sabana, con bajos niveles de sales intercambiables.

Se organizó en El Salvador un proyecto cooperativo con el Banco de Fomento de ese país y la participación del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, para recoger plantas forrajeras autóctonas en ese país, en el cual ya se recolectaron algunas nuevas introducciones de las especies *Desmodium distortum* y *D. nicaraguense* que son aptas para el ramoneo (recolección de las puntas de las ramas de los arbustos). También se adicionaron a la colección especies de **Teramnuns, Macroptilium y Stylosanthes.**

Una de las funciones del centro de introducción de forrajes del CIAT, es la de preservar una fuente de germoplasma como semilla almacenada. En fecha muy próxima se concluirá la construcción de las instalaciones para conservación de germoplasma, las cuales, básicamente, son cámaras con control de humedad y de temperatura; el germoplasma de plantas forrajeras será almacenado en estas nuevas instalaciones.

Otra de las funciones importantes del Programa es la distribución de germoplasma de forrajes. En 1976 se proporcionó semilla de las especies más promisorias a investigadores en 17 países del trópico americano.

Cuadro 1. **Introducciones en el banco de germoplasma de forrajes del CIAT, en noviembre 1, 1976.**

Especies	No. de introducciones
Stylosanthes spp.	649
Desmodium spp.	208
Centrosema spp.	144
Macroptilium spp.	95
Otras leguminosas	
Calopogonium	
Glycine	
Indigofera	
Leucaena	398
Teramnus	
Vigna	
Zornia	
Gramíneas	106
Total de introducciones	1.600

EVALUACION DE ESPECIES FORRAJERAS

Con base en las características forrajeras que se consideran como deseables se evaluaron varias introducciones de cada uno de los principales géneros de leguminosas, incluyendo **Stylosanthes, Desmodium, Centrosema, Zornia y Macroptilium** y en cada género, se identificaron nuevos materiales promisorios. Algunos de estos materiales nuevos no son aún conocidos y utilizados por los agricultores. Se discute a continuación algunas características de aquellas especies que parecen tener promesa en la presente etapa del programa de evaluación.

Stylosanthes

Procedentes del proyecto del IBPGR y de otras organizaciones, el CIAT cuenta actualmente, en su banco de germoplasma de leguminosas forrajeras, con 650 introducciones de **Stylosanthes**; la función básica del banco de germoplasma de leguminosas forrajeras del CIAT, el cual se maneja como una organización de alcance

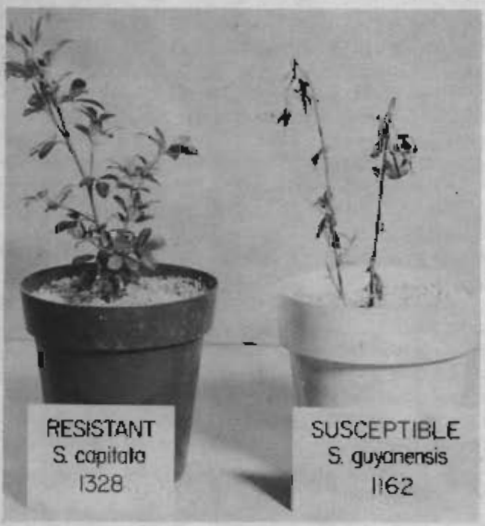


Figura 2. Comparación entre introducciones de Stylosanthes, con y sin resistencia a la antracnosis (Colletotrichum sp.). Algunas introducciones de *S. capitata* han mostrado una alta resistencia a la antracnosis.

internacional, es la de servir a las tierras bajas tropicales.

La evaluación preliminar de las nuevas introducciones se hizo bajo condiciones de invernadero; se observaron las características del crecimiento y las especies de **Stylosanthes** se evaluaron por resistencia a la antracnosis, con técnicas de inoculación artificial. De las 600 introducciones evaluadas de stylo con base en su tolerancia a la antracnosis, aproximadamente el 8 por ciento presentó un alto grado de tolerancia a la enfermedad. En la Figura 2 se ilustra la apariencia de las reacciones de resistencia y susceptibilidad.

Hasta la fecha, el ataque del barrenador del tallo no se ha observado en regiones fuera de los Llanos Orientales de Colombia, en donde ocasiona daños severos a los cultivos de stylo. Las observaciones hechas indican que este insecto prefiere las plantas cuyo tallo principal es leñoso y duro (Figura 3). Se ha logrado avanzar en la selección por resistencia al barrenador del tallo y al igual que con la antracnosis, se han observado diferencias en tolerancia dentro y entre especies.

Se inició la evaluación agronómica de una amplia gama de introducciones de **Stylosanthes** con el fin de obtener genotipos resistentes a enfermedades y al barrenador del tallo, y que se adapten a las condiciones de los suelos álicos. Se establecieron juegos duplicados de introducciones de **Stylosanthes** en parcelas repetidas con plantas espaciadas; un juego se estableció en Carimagua (Llanos Orientales de Colombia) y el otro cerca de Santander de Quilichao, al sur de Cali. En este sistema de juegos hay en observación un total de 141 introducciones de stylo. Se estableció en el CIAT un tercer grupo de introducciones para someterlo a observaciones y a la multiplicación inicial de semilla de nuevos biotipos de stylo.

Las introducciones de **Stylosanthes** que pueden ser promisorias, como cultivares forrajeros, incluyen biotipos de tallo delgado de la especie *S. guyanensis* y dos introducciones de *S. capitata* (Figura 4).



Figura 3. Planta de *Stylosanthes scabra* severamente afectada por el barrenador del tallo, Zaratha sp.



Figura 4. Algunos ecotipos de *Stylosanthes guyanensis*, con tallo delgado, se han adaptado bien a los suelos de baja fertilidad; otros, presentan tolerancias a la antracnosis (Colletotrichum sp.) y al barrenador del tallo (Zaratha sp.).

La especie *S. capitata* es perenne y robusta, nativa de la región oriental de Brasil y Venezuela. Su distribución es limitada, en comparación con las especies *S. guyanensis* y *S. humilis* que tienen bastante ubicuidad. La especie *S. capitata* se adapta a suelos con muy baja fertilidad, que se derivan de areniscas. Este tipo de suelo es muy común en la región de Campo Cerrado en Brasil. Se identificaron diversas variedades resistentes a la antracnosis y a los ataques del barrenador del tallo. Esta especie de stylo se desarrolla lentamente durante el año de su establecimiento. Produce mucha semilla y se regenera a partir de la diseminación natural de su semilla (Figura 5). A pesar de la distribución restringida de esta especie, las introducciones de *S. capitata* presentan mucha variación ecotípica.

En un experimento de invernadero se compararon 14 variedades de *S. capitata* con tres variedades de *S. humilis* y ocho especies perennes de stylo. Una de las variedades de *S. humilis* sobrepasó en rendimiento a todas las 14 introducciones de *S. capitata*, como también a todas las otras especies perennes utilizadas en el ensayo (Cuadro 2).

Las tres introducciones más productivas de *S. capitata* que dieron los mayores rendimientos sobrepasaron significativamente en rendimientos a otras nuevas variedades de la misma especie, como también a otras siete especies que incluyen dos introducciones de *S. guyanensis* y una introducción de *S. humilis*. Una de las principales desventajas de esta otra leguminosa forrajera promisoria es su lento crecimiento inicial.

En Santander de Quilichao se estableció una serie de asociaciones gramíneas/leguminosas. En cada ensayo se



Figura 5. Una planta de *Stylosanthes capitata* (CIAT 1019) en plena producción de semilla, en Carimagua (Llanos Orientales de Colombia).

incluyeron variedades de stylo como testigo para efectos de comparación. Se utilizaron cuatro especies de gramíneas en las diversas combinaciones gramíneas/leguminosas, e incluyeron las especies *Andropogon gayanus, Panicum maximum, Hyparrhenia rufa* y *Brachiaria decumbens*. En uno de los experimentos se sembró, con cada una de las especies de gramíneas, una mezcla de las leguminosas **Macroptilium** sp., (CIAT 535), un híbrido de **Centrosema** (CIAT 1973), *Stylosanthes guyanensis* (CIAT 184) y **Desmodium** sp. (CIAT 336).

Este experimento se cosechó tres veces durante el año de establecimiento; los rendimientos se presentan en el Cuadro 3. De las tres cosechas, dos se hicieron durante el período de sequía excepcionalmente prolongado que se registró en el Valle del Cauca. Las condiciones de sequía redujeron la población de **Desmodium** en el césped y aumentó la población de stylo. **Macroptilium** presentó tolerancia moderada a las condiciones extremas de sequía.

En Santander, se establecieron diversas asociaciones de una gramínea con una leguminosa. En general, las variedades de stylo presentaron un buen vigor inicial y dieron los mejores rendimientos de materia seca en las diversas combinaciones gramínea/leguminosa. Las leguminosas **Centrosema** y **Macroptilium** se establecieron más lentamente, pero su contribución a la productividad del césped aumentó progresivamente. En cada caso, el contenido de nitrógeno del híbrido **Centrosema** excedió al de las otras leguminosas en estos ensayos.

La tolerancia a la sequía fue excepcionalmente buena en *A. gayanus* y *B. decumbens*, en tanto que el pasto guinea fue el menos tolerante a las condiciones climáticas adversas. La gramínea del género **Hyparrhenia** también sufrió seve-

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca de 14 introducciones de *Stylosanthes capitata* y de 11 introducciones de otras especies de Stylosanthes.

No. introducción CIAT	Stylosanthes sp.	Rendimiento de materia seca/planta (total de dos cortes) (g)*
1304	*humilis*	3,51a**
1307	sp.	2,89b
1305	*humilis*	2,86b
1342	*capitata*	2,76bc
1315	*capitata*	2,61bcd
1339	*capitata*	2,38bcde
1338	*capitata*	2,26cde
1318	*capitata*	2,24cde
1303	sp.	2,23de
1275	sp.	2,20def
1328	*capitata*	2,15def
1334	*capitata*	2,11def
1330	*humilis*	2,04ef
1317	*guyanensis*	2,04ef
1323	*capitata*	2,04ef
1078	*capitata*	2,01ef
1093	sp.	1,97ef
1007	*capitata*	1,94ef
1322	*capitata*	1,89ef
1298	*capitata*	1,89ef
1191	*capitata*	1,70fg
1257	sp.	1,27gh
1255	sp.	1,13h
1335	*guyanensis*	1,00hi
1350	*capitata*	0,59i

* DMS a un nivel de 0,05 = 0,53 y a un nivel de 0,01 = 0,70

** Los valores seguidos por letras distintas son significativamente diferentes a un nivel de 0,01 con base en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

ramente debido a las condiciones de sequía.

La especie *Stylosanthes guyanensis* se adapta bien a las condiciones edáficas y climáticas de la región de Santander. Se están estudiando los índices de crecimiento de las introducciones CIAT 184 y 136 bajo dos frecuencias de corte, en cultivos puros de la leguminosa. La introducción CIAT 184 es nativa de la región de Santander y la introducción CIAT 136 proviene de los Llanos Orientales de Colombia. Ambas variedades son de crecimiento robusto, produjeron altos rendimientos de materia seca durante el año de su establecimiento y presentaron muy buena resistencia a la sequía. En el Cuadro 4 se presentan los rendimientos logrados durante el establecimiento y las concentraciones de fósforo y nitrógeno de estas introducciones, bajo las condiciones de Santander.

El banco de germoplasma del CIAT contiene más de 200 introducciones de **Desmodium**. Las especies *D. canum* y *D. barbatum* son especialmente comunes en la sabana. Por lo general, estas dos especies se asocian en praderas que contienen pastos de porte bajo (*Paspalum notatum* y Axonopus spp.) y colonizan suelos de baja fertilidad. Dentro de cada especie se observó alta variabilidad; se seleccionaron algunos tipos forrajeros promisorios. En los Cuadros 5 y 6 se presentan algunas de las características de crecimiento de diversas introducciones de **Desmodium**.

Las introducciones de **Zornia** que se han incluido en la colección varían considerablemente en lo que respecta a sus características morfológicas y producción de forraje. El género contiene un número de especies y varias de ellas son nativas de los Llanos y de la región de Campo Cerrado. Se seleccionó un ecotipo brasileño y uno colombiano para someterlos a estudios posteriores.

Una especie de **Macroptilium**, identificada en los llanos de Venezuela, parece estar bien adaptada a los suelos álicos.

La gramínea *Andropogon gayanus*, que se incluyó recientemente en la colección del CIAT, tiene buenas características forrajeras. Es resistente a la sequía y al fuego y está bien adaptada a las condiciones edáficas de los Llanos de Colombia. En esa región produce gran cantidad de semilla y se extiende rápidamente debido a que sus

Cuadro 3. **Rendimiento de materia seca y contenido de nitrógeno y fósforo en 4 gramíneas y una mezcla de leguminosas asociadas, cultivadas en Santander de Quilichao, 1976.**

Especies	Rendimiento de materia seca*			Composición del césped**		Contenido de nitrógeno**		Contenido de fósforo**	
	Gramínea	Leguminosa (kg/ha)	Mezcla total	Gramíneas (%)	Leguminosas	Gramíneas (%)	Leguminosas	Gramíneas (%)	Leguminosas
Panicum maximum Mezcla de leguminosas	7.256	1.683	8.939	81,17	18,83	1,73	2,64	0,13	0,19
Andropogon gayanus Mezcla de leguminosas	5.808	1.811	7.619	76,23	23,77	1,36	2,53	0,15	0,19
Brachiaria decumbens Mezcla de leguminosas	2.630	4.225	6.885	38,37	61,43	1,67	2,63	0,16	0,17
Hyparrhenia rufa Mezcla de leguminosas	4.931	1.776	6.707	73,52	26,48	1,42	2,68	0,13	0,19

* Total de 3 cortes, durante el año de establecimiento
** Promedio de 3 cortes, durante el año de establecimiento.

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca y contenido de fósforo y nitrógeno en el establecimiento de 2 líneas de *Stylosanthes guyanensis*, en Santander de Quilichao, 1976.

Líneas	Rendimiento de materia seca* (kg/ha)	Composición mineral**	
		Fósforo (%)	Nitrógeno
S. guyanensis (CIAT 184)	11.250	0,16	2,22
S. guyanensis (CIAT 136)	9.762	0,16	2,64

* Total de 2 cortes
** Promedio de 2 cortes.

semillas livianas se diseminan a través del viento y el agua.

Las selecciones avanzadas de cultivares de leguminosas forrajeras se están evaluando bajo condiciones de pastoreo antes de entregar los materiales a los programas nacionales de forrajes. Los materiales potenciales para entrega a los programas nacionales incluyen un híbrido de Cen-

Cuadro 5. Tasa de crecimiento de varias especies de Desmodium spp. en 2 suelos colombianos.

No. introducción CIAT	Desmodium sp.	Crecimiento de la planta (mg materia seca/planta/día)		No. introducción CIAT	Promedio de rendimiento en los 2 suelos Crecimiento de la planta (mg materia seca/planta/día)
		Carimagua	Santander		
3029	*canum*	47,32*	51,53*	3035	49.95a**
3031	*barbatum*	46,99	52,08	3031	49,53a
3035	*canum*	46,44	53,44	3029	49,43a
3044	*canum*	45,82	46,06	3045	47,29ab
3013	*canum*	43,66	46,40	3028	45,98abc
3041	*canum*	43,47	44,14	3030	45,96abc
3028	*canum*	43,20	48,76	3044	45,95abc
3030	*canum*	42,75	49,16	3039	45,55abc
3045	*canum*	42,07	52,51	3042	45,19abc
3036	*canum*	41,93	44,26	3013	45,03abc
3042	*canum*	41,66	48,71	3041	43,81abc
3032	*canum*	41,44	43,42	3036	43,09bc
3039	*canum*	41,02	51,07	3032	42,41bc
3061	*barbatum*	35,08	37,62	3053	40,91cd
3053	*adscendens*	34,64	47,42	3015	36,64d
3003	*canum*	34,62	37,62	3061	36,38d
3015	*canum*	33,64	39,65	3003	36,12d
3054	*barbatum*	32,30	26,64	3054	29,47e

* DMS entre los suelos, a un nivel de 0,01 = 1,85 y a un nivel de 0,05 = 1,38. DMS entre las variedades a un nivel de 0,01 = 4,95 y a un nivel de 0,05 = 3,76
** Los valores seguidos por letras distintas son significativamente diferentes a un nivel de 0,01 con base en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Cuadro 6. Tasa de aparición de hojas en 7 introducciones de Desmodium spp.

No. de introducción CIAT	Desmodium sp.	No. promedio de hojas trifoliadas/día
3037	*canum*	1,95a*
349	*heterophyllum*	1,58b
3010	*barbatum*	1,52b
3022	*scorpiurus*	1,49b
3031	*barbatum*	1,37bc
3005	*canum*	1,19c
3042	*canum*	0,85d

* DMS a un nivel de 0,01 = 0,2098 y a un nivel de 0,05 = 0,1594. Los valores seguidos por letras distintas son significativamente diferentes, a un nivel de 0,01 con base en la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

trosema (CIAT 1733), un cultivar de Desmodium sp. (CIAT 336) y un material de *S. guyanensis* (CIAT 136).

PRODUCCION DE SEMILLA

La producción de semilla de introducciones potencialmente útiles continuó siendo, en el año 1976, el objetivo primordial de esta unidad. Se establecieron dos nuevas áreas productoras de semilla y se incluyó en el programa de multiplicación de semilla de plantas forrajeras una mayor diversidad de especies de leguminosas y de líneas experimentales. En general, la siembra de leguminosas se ha concentrado en Santander de Quilichao y en Restrepo, debido a que las condiciones de suelo y de presencia de malezas son más favorables que las que existen en la sede del CIAT (Palmira). Se iniciaron experimentos en estas localidades para investigar las respuestas a la aplicación de diversos niveles de fósforo y a la defoliación; a la vez, se inició investigación para evaluar algunas formas de soporte de las plántulas de forrajeras leguminosas utilizando gramíneas sembradas en distintas épocas con miras a determinar los sistemas de manejo más apropiados para utilizar más eficientemente las praderas que se establezcan en el futuro para una producción extensa de ganado de carne. Las parcelas de producción de semilla de gramíneas están localizadas en Palmira y en Santander. En 1976, predominantemente se multiplicó semilla de *S. guyanensis* (CIAT 136).

En el año 1976 la multiplicación de semillas se llevó a cabo con las siguientes plantas forrajeras:

Stylosanthes spp.

Se cosecharon con combinada, al comienzo de 1976, 25 hectáreas de *S. guyanensis* (CIAT 136) sembradas en Palmira y Carimagua (Figura 6). En el Cuadro 7 se presentan los detalles de estas cosechas. En Palmira, los rendimientos de los diferentes lotes oscilaron entre 35 y 139 kg/ha de semilla escarificada con ácido; el rendimiento promedio fue de 69 kg/ha. Los rendimientos obtenidos en Carimagua fueron mucho más bajos y los rendimientos individuales de los lotes oscilaron entre 2 y 31 kg/ha, con un promedio de 3 kg/ha para la localidad. Aproximadamente, de las dos localidades, se obtuvo un total de 700 kilogramos de semilla pura.

La tasa de cosecha con combinada la determinó la altura, densidad, pegajosidad, rendimiento de semilla y contenido de humedad de las plantas maduras en el momento de la cosecha y las condiciones de humedad relativa en el ambiente, durante los días de cosecha. En la plantación de porte alto, de mucha densidad, pegajosidad y alto rendimiento que se obtuvo en Palmira, fue necesario cosechar la semilla a la mínima velocidad de marcha de la cosechadora, utilizando parcialmente el ancho de corte de la máquina para asegurar la recuperación efectiva de semilla lo más libre posible de residuos de las plantas cosechadas. La tasa de cosecha en Carimagua fue mayor debido a la menor densidad del cultivo, menor rendimiento de semilla y menor humedad relativa durante la cosecha.



Figura 6. Recolección de semilla de *Stylosanthes guyanensis* con combinada en CIAT, Palmira.

Cuadro 7. Semilla cosechada y factores determinantes del rendimiento de *Stylosanthes guyanensis* (CIAT 136), en 2 localidades.

Factor	Localidad	
	Palmira	Carimagua
Cosecha de semilla		
Area sembrada (ha)	10,3	15,0
Altura de la planta (m)	1,5	0,8
Tasa de cosecha (ha/hora)	0,12	0,26
Rendimiento (kg/ha)*	69,0	3,0
Determinates del rendimiento**		
Competencia de malezas	+++	+
Antracnosis	+	++
Barrenador del tallo	-	+++
Gusano de las yemas	++	+++

* Semilla pura, escarificada con ácido, para ser luego sembrada
** -, no presente; +, presente; ++, problema; +++, problema grave.

Los principales factores determinantes del rendimiento. bajo las condiciones de Palmira, fueron la competencia de malezas (Ipomoea spp., *Amaranthus dubius, Commelina diffusa,* Sida sp. y *Cynodon dactylon)* y la presencia de la larva *Stegastra bosqueella* (Chambers) (Lepidóptera, Gelechidae). Durante el procesamiento de la semilla con una zaranda adaptada a un ventilador del tipo utilizado corrientemente para limpiar semillas, la simiente de las malezas *C. diffusa* y Sida spp. ocasionó problemas en la separación. Generalmente, las malezas restringen la duración de un cultivo productivo a una o dos cosechas máximo.

En Carimagua, los efectos combinados y secuenciales de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz), el barrenador del tallo (Zaratha sp.; Lepidóptera, Blastodanidae) y el gusano que ata las yemas (Stegastra), fueron

devastadores. En consecuencia, la producción de semilla de las líneas de **Stylosanthes** que son susceptibles al barrenador del tallo y a la antracnosis, se hará en el futuro en otras localidades.

La antracnosis, ocasionada por *C. gloeosporioides*, se considera actualmente como una enfermedad que se transmite por la semilla, pero se demostró que la escarificación de las vainas y semillas con ácido sulfúrico reduce la cantidad de inóculo presente en la semilla.

En Santander de Quilichao se establecieron áreas pequeñas con 26 introducciones nuevas de *S. guyanensis, S. scabra, S. sympodialis* y *S. capitata.*

Desmodium spp.

A comienzos de marzo de 1976 se cosechó con combinada un cultivo de **Desmodium** spp. (CIAT 336) establecido en Palmira. El rendimiento de semilla escarificada fue de 47 kg/ha. El desarrollo de una siembra hecha en abril de 1976 en Santander se retardó severamente debido a una prolongada sequía. El potencial de rendimiento de semilla de esta línea se está estudiando bajo las condiciones existentes en la localidad de Restrepo (altitud de 1.400 metros; temperatura anual promedio de 20°C y un total de precipitación anual de 1.020 milímetros). Recientemente, se han establecido pequeñas áreas de *D. heterophyllum* en Palmira, Santander y Restrepo, con el fin de comparar las características de producción de semilla bajo tres condiciones ambientales diferentes y quizás, contrastantes. En Santander, se establecieron 20 nuevas introducciones de diversas especies de **Desmodium.**

Centrosema sp.

En Palmira se han establecido dos líneas F_7 del híbrido *C. brasilianum* x *C. virginianum*, con un sistema de espaldera construida con caña de bambú y alambre. En 1976, la floración fue escasa y sólo se presentó a comienzos de febrero, debido a que la humedad del subsuelo estimuló el continuo crecimiento vegetativo. La cosecha manual se concluyó a fines de marzo. Los rendimientos de semilla fueron muy bajos, con un promedio de sólo 16 kg/ha de semilla pura. Se está investigando cuál es el potencial de rendimiento en las condiciones de Santander, con sistemas de soportes y sin ellos.

Especies de gramíneas

En Santander y en Palmira se sembraron nuevas áreas de *B. decumbens, B. humidicola, A. gayanus* y *P. maximum.* El prolongado período de sequía que se presentó entre mayo y septiembre de 1976 redujo el rendimiento y la calidad de la semilla de la primera cosecha; las plantas no respondieron a dos aplicaciones de nitrógeno hechas para estudiar niveles de aplicación. Se iniciaron estudios sobre calidad de semilla, en los cuales se comparará la semilla de *P. maximum* cosechada manualmente y con combinada.

ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE PRADERAS

El objetivo de la investigación sobre el establecimiento y mantenimiento de praderas es desarrollar sistemas de bajo costo para cultivar en forma eficiente praderas de leguminosas y de gramíneas, solas o en asociación, en los suelos álicos de las sabanas tropicales de América del Sur. Los estudios incluyen; la preparación del suelo; diferentes aspectos de la siembra, incluyendo la distribución de la semilla y aplicación de fertilizantes en banda y al voleo; compactación del suelo; requerimiento de nutrimentos; la interacción entre las especies y los fertilizantes; fuentes y métodos de aplicación de fósforo; requerimiento de fertilizantes para el establecimiento del cultivo bajo diferentes regímenes de drenaje y requerimiento de fertilizantes para el mantenimiento de gramíneas bajo pastoreo.

Preparación del suelo para la siembra

La mayoría de las praderas mejoradas se establece en regiones de sabana después de arar y rastrillar en la forma convencional o mediante el uso de discos pesados para destruir completamente la vegetación existente, lo cual deja una superficie razonablemente lisa y libre de malezas y una capa arable de 10-15 centímetros de profundidad. Con experiencia en el manejo apropiado del suelo para lograr una buena siembra y semilla de buena calidad, es posible establecer praderas de excelente calidad con este tipo de preparación del suelo. Sin embargo, es costoso en términos de requerimientos de la fuerza motriz y maquinaria y además, expone al suelo a los peligros de una erosión severa. En 1974 se estableció un ensayo sobre preparación del suelo para siembra, pero fue descontinuado por diversas razones. En 1975 se estableció nuevamente, con inclusión de los siguientes tratamientos: a) sin labranza, con control y sin control de la vegetación con herbidicas; b) labranza mínima, utilizando un disco con corrugaciones en el borde (Diagrama 1) para remover una franja muy estrecha (de aproximadamente dos centímetros) en la cual se siembra la especie forrajera introducida con herbicidas y sin herbicidas; c) la utilización de una pala cortadora para socavar la vegetación de la sabana, a poca profundidad, con el fin de cortar la corona y separar la parte aérea de la planta del sistema radicular. Las palas se utilizan para cultivar franjas de 30 centímetros de ancho, dejando 30 centímetros de suelo sin perturbar, entre las franjas cultivadas; d) las mismas palas se utilizan en un tratamiento adicional para cortar la totalidad de la sabana y, en consecuencia, destruyendo la mayor parte de la vegetación natural; el rastrojo de las plantas queda en el campo brindando protección al suelo; e) el último tratamiento representa el método convencional de preparación del suelo para siembra, o sea, una arada ligera seguida por una rastrillada.

La Figura 7 presenta los efectos de la labranza y de los herbicidas sobre la densidad de población de las especies nativas y de las especies introducidas, y sobre la producción de forraje. Se logró un control casi total con el método convencional de preparación del suelo y este sistema resultó en el mayor rendimiento promedio de las especies sembradas. Se logró un buen control de la vegetación natural con las palas, con herbicidas o sin ellos; y las poblaciones de la mayoría de las especies fueron adecuadas para estos tratamientos, así como en el tratamiento basado en el uso de herbicidas y sin labranza. Sin embargo, a los seis meses, los rendimientos fueron muy afectados por el grado de control a que se sometieron las especies nativas. Los rendimientos disminuyeron en el siguiente orden: método convencional; labranza con palas en franjas y con control a base de herbicidas; labranza con palas en toda la superficie; labranza en franjas sin herbicidas; con herbicidas y sin labranza; y por último sin herbicidas y sin labranza. No fue posible medir la influencia del tratamiento de labranza sobre la pérdida de suelo o pérdidas por escorrentía. Sin embargo, es casi seguro que el riesgo de la erosión sea mayor en el suelo labrado en la forma convencional en comparación con cualquier otro sistema de preparación. El sistema de palas proporciona una excelente cobertura del suelo durante la fase de establecimiento de la pradera.

Una de las principales ventajas del sistema de la pala, es que requiere muy poca fuerza motriz. Se estima que la labranza con palas de la superficie total del suelo costaría, aproximadamente, la cuarta parte del costo de la labranza convencional; la labranza en franjas con palas costaría proporcionalmente menos, dependiendo del monto de la fracción de la superficie total labrada. Otra ventaja de la pala es que se adapta bien a los implementos de tiro animal y es posible manufacturarla localmente. Los resultados obtenidos en el primer año de este ensayo

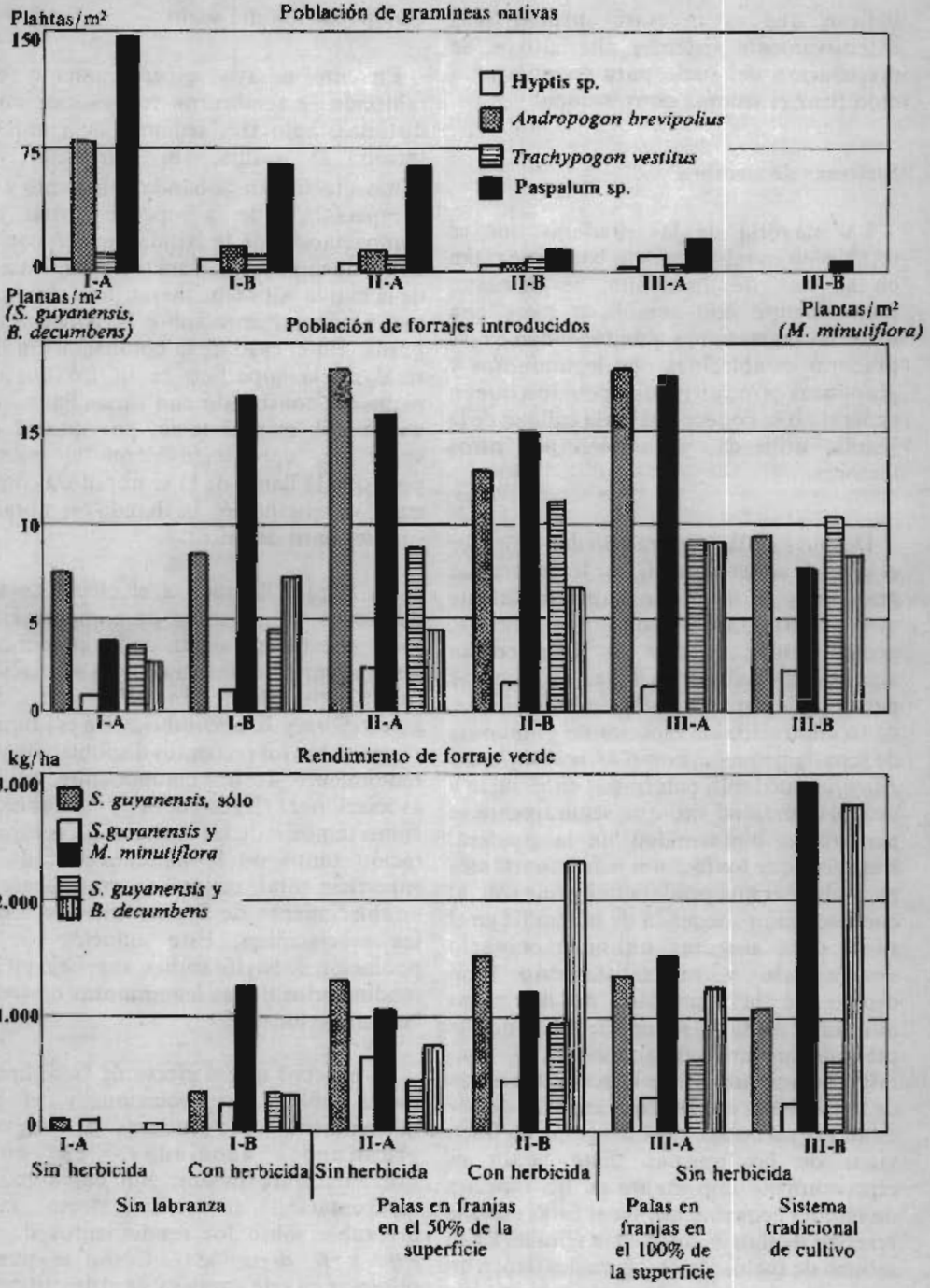


Figura 7. Efecto de diferentes métodos de preparación del suelo y de control de la vegetación nativa sobre la población de gramíneas nativas, poblaciones y rendimientos de forrajes introducidos, en Carimagua, 1975-76.

indican que es necesario probar más extensivamente sistemas alternativos de preparación del suelo para reemplazar o modificar el sistema convencional.

Sistemas de siembra

La mayoría de las praderas que se establecen en regiones de sabana que están en su fase de desarrollo, se siembran manualmente con semilla o bien, con material vegetativo. La uniformidad de las praderas establecidas con leguminosas y gramíneas es muy irregular debido a que en general no se conoce cuál es la calidad de la semilla utilizada, y también por otros factores.

Después de la preparación del suelo por el sistema convencional, por lo general las gramíneas se siembran superficialmente sin cubrirlas. Los ganaderos, generalmente, esperan a que caigan algunas lluvias fuertes antes de sembrar para que la superficie del suelo se afirme; de lo contrario, las especies de gramíneas de semilla pequeña, como *M. minutiflora* e *H. rufa*, quedarán enterradas en el suelo a una profundidad tal, que seguramente se perderá la uniformidad de la pradera. Pareciera que los factores más importantes para obtener una pradera uniforme son: a) compactación adecuada de la semilla en el suelo para asegurar un buen contacto semilla-suelo y un satisfactorio flujo capilar de la humedad, de las capas inferiores hacia la superficie en donde la plántula luchará por sobrevivir; b) cantidad balanceada y localización adecuada de fertilizantes en el área de suelo en donde están las plántulas para asegurar un buen vigor de las mismas. Este factor es especialmente importante en las especies de semilla pequeña, por tener éstas escasas reservas de nutrimentos en la semilla. En la sabana de suelos álicos, las cuales tienen un contenido extremadamente bajo de fósforo asimilable, el P tiene especial importancia para asegurar el vigor de las plántulas.

Compactación del suelo

En un ensayo específicamente establecido se sembraron tres asociaciones distintas, bajo tres sistemas de compactación: a) testigo, sin compactar; b) compactación en la banda solamente y c) compactación de la superficie total. La compactación de la banda se hizo con la llanta de una sembradora (semejante a a la de la marca Allis Chalmers), la cual se hizo pasar directamente sobre la banda sembrada. En el caso de la compactación del total de la superficie se utilizó un implemento construido con varias llantas de automóvil, el cual tenía, por unidad de superficie, aproximadamente el mismo peso que la llanta de la sembradora con la cual se compactó la banda sembrada (primer caso descrito).

La Figura 8 muestra el efecto de los diferentes tratamientos de compactación sobre el establecimiento de las praderas y los rendimientos de forraje de la asociación de **Stylosanthes** con *H. rufa*, *M. minutiflora* y *B. decumbens*. En esa figura se presentan los recuentos de población y el rendimiento de los componentes de las asociaciones (leguminosa y gramínea), como también de las malezas. La compactación tanto de la banda como de la superficie total, mejoró en gran escala el establecimiento de **Stylosanthes** en todas las asociaciones. Este aumento de la población de **Stylosanthes** se reflejó en los rendimientos de las leguminosas en todas las asociaciones.

Se observó que el efecto de la compactación sobre la población y el establecimiento de praderas a base de gramíneas asociadas, es considerablemente menor. Sin embargo, la compactación tuvo un efecto muy favorable sobre los rendimientos de *H. rufa* y *B. decumbens*. Como se puede observar en este ensayo y en el descrito con anterioridad, *M. minutiflora* es una de las especies de gramíneas que es posible establecer con mayor facilidad. Este hecho

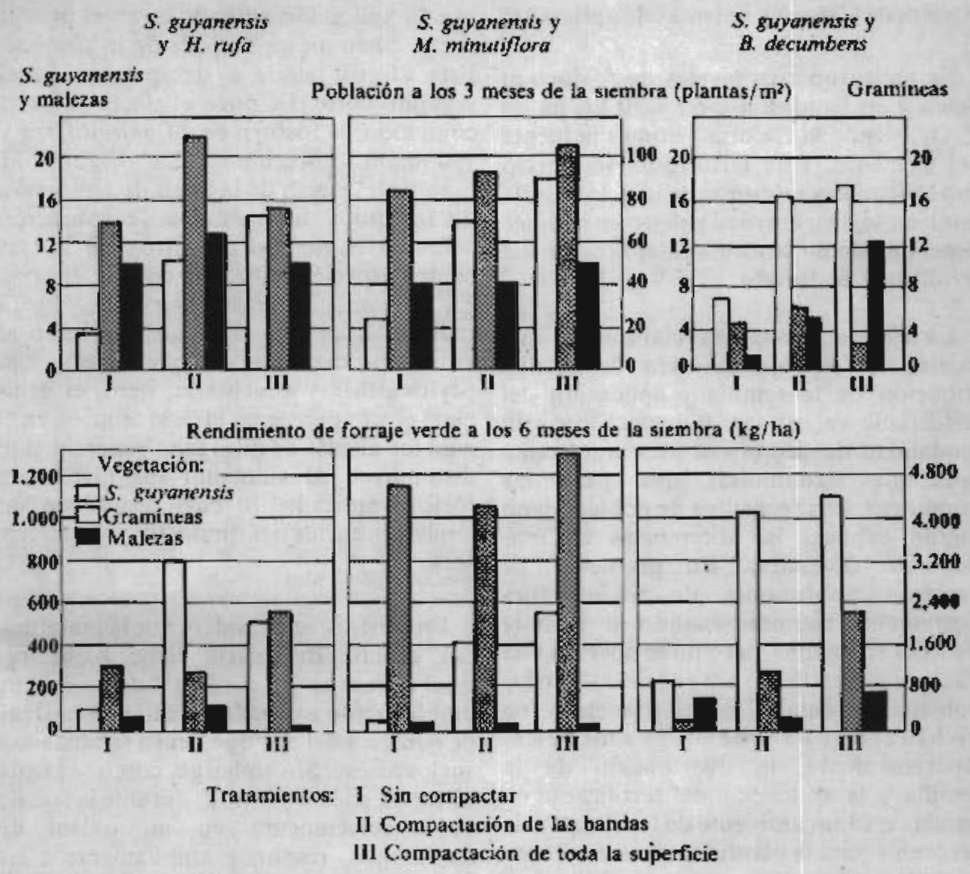


Figura 8. Efecto de los tratamientos de compactación sobre el establecimiento y comportamiento de 3 asociaciones forrajeras, en Carimagua, 1975-76 (en todas las gráficas, las poblaciones de *S. guyanensis* y malezas se indican en la escala vertical izquierda y las poblaciones de gramíneas, en la derecha).

puede explicar en buena parte su popularidad en muchas regiones de sabana. Aun cuando la población de malezas fue relativamente alta en todas las asociaciones, el peso total de las malezas, comparado con el de las plantas forrajeras, fue casi insignificante, alcanzando su nivel más bajo en praderas establecidas con la asociación **Stylosanthes-Melinis**. Obsérvese que, en algunos casos la escala de invasión de malezas es diferente para el componente gramínea y el componente leguminosa, en las diferentes asociaciones.

El ensayo sobre compactación se hizo en un suelo preparado por el sistema convencional. A medida que se logre avanzar en el estudio de sistemas alternativos de preparación del suelo, se requerirán investigaciones adicionales para determinar la necesidad de la compactación. Pareciera que la compactación es menos esencial si se realiza la labranza a base de palas en comparación con el sistema convencional de preparación del suelo, debido a que el suelo sufre menos alteraciones y la cobertura de la superficie tiende a protegerlo de los cambios bruscos de humedad, lo cual conduce a un mejor desarrollo de las plántulas, en comparación con la forma convencional en la cual el suelo queda al descubierto después de la arada.

Niveles de fósforo y sistemas de aplicación

Se aplicaron tres niveles de fósforo al voleo y en bandas: 10, 40 y 70 kg/ha de P_2O_5, siendo la Escoria Thomas la fuente del elemento. Este fertilizante se mezcló con la semilla y en consecuencia, la semilla también se distribuyó al voleo o en bandas, dependiendo de la forma de aplicacion del fertilizante fosforado.

La Figura 9 muestra claramente que existe una ventaja definida de la distribución de la semilla y aplicación del fertilizante en bandas. Pareciera que esta modalidad de siembra es más importante para las leguminosas que para las gramíneas. Los recuentos de población no logran explicar las diferencias en rendimiento obtenidas. En promedio, se lograron poblaciones de **Stylosanthes** ligeramente menores cuando se hizo la siembra en bandas, pero no se observó una diferencia significativa y consistente en las poblaciones totales de la pradera y en poblaciones de gramíneas. Aparentemente, la distribución de la semilla y la aplicación del fertilizante en bandas crea un ambiente de fertilidad más favorable para la plántula en desarrollo, en comparación con las aplicaciones al voleo. El fertilizante se concentra en la zona inmediata a la plántula y en consecuencia, la disponibilidad de fósforo asimilable es mayor durante el estado de plántula, cuando la escasez de este elemento es crítica para las especies forrajeras de semilla pequeña.

La Figura 10 muestra los efectos del fósforo y el método de aplicación sobre el contenido de fósforo en Stylosanthes y gramíneas asociadas, en el primer corte, a los cinco meses y en el segundo, a los 10 meses. El primer corte se hizo a fines de la estación lluviosa y el segundo después de la época de sequía, al inicio de otra estación lluviosa. Los niveles de fósforo tuvieron un efecto marcado sobre el contenido de fósforo en **Stylosanthes** y **Brachiaria**; la aplicación al voleo fue mucho más eficiente que la aplicación en bandas, en el primer corte, cinco meses después de la siembra. Este efecto tiende a desaparecer en el segundo corte. Es poco el efecto sobre el contenido de fósforo de *M. minutiflora* y *Paspalum plicatulum*. La Figura 11 muestra el efecto de la dosis de aplicación de fósforo y los métodos de aplicación sobre el contenido de nitrógeno de las cuatro especies utilizadas en este ensayo. En el primer corte se observó una ligera indicación de que el fósforo aplicado al voleo produce un mayor efecto en **Stylosanthes** y **Brachiaria**, pero, el principal efecto parece ser el de la dilución en el cual los niveles de nitrógeno generalmente disminuyen al aumentar los niveles de fósforo aplicado, lo cual resultó en un aumento en los rendimientos de materia seca.

En general, se considera que la gramínea del género **Brachiaria** tiene bajos requerimientos de fertilidad y es ampliamente utilizada en diferentes áreas de América del Sur que tienen sabanas con suelos álicos. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 12, durante la fase de su establecimiento en un oxisol de Carimagua, responde ampliamente a las aplicaciones de fósforo. La respuesta al potasio es menos notoria. Estos resultados concuerdan con otras observaciones y experiencias hechas en Carimagua, en donde la mayoría de las especies forrajeras responden significativamente a la aplicación de fósforo, durante su fase de establecimiento.

A principios de 1976, se estableció un ensayo para evaluar tres especies de gramíneas en asociación con kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en una zona de tierras bajas, con mal drenaje. Las gramíneas incluyeron las especies tanner, pará y alemán (*Brachiaria rugulosa, B. mutica* y *Echinochloa polystachya*). En la Figura 13 se puede observar la fuerte interacción que existe entre el fósforo y el potasio. Los rendimientos de kudzú, pará y tanner fueron extremadamente bajos sin la

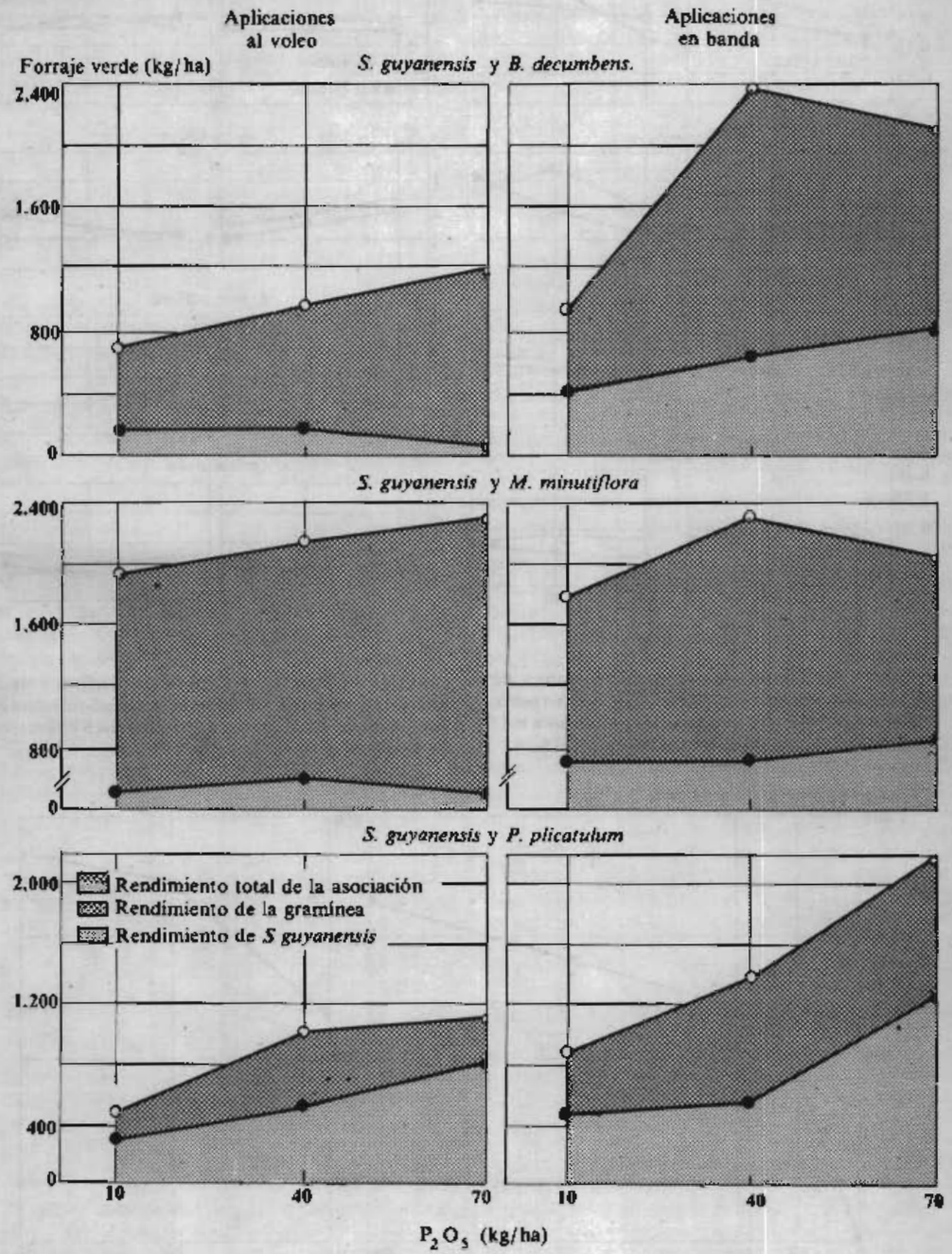


Figura 9. Efecto de 3 niveles de fósforo y de 2 métodos de siembra y de aplicación de fósforo, sobre los rendimientos de 3 asociaciones forrajeras, en Carimagua, 1975-76.

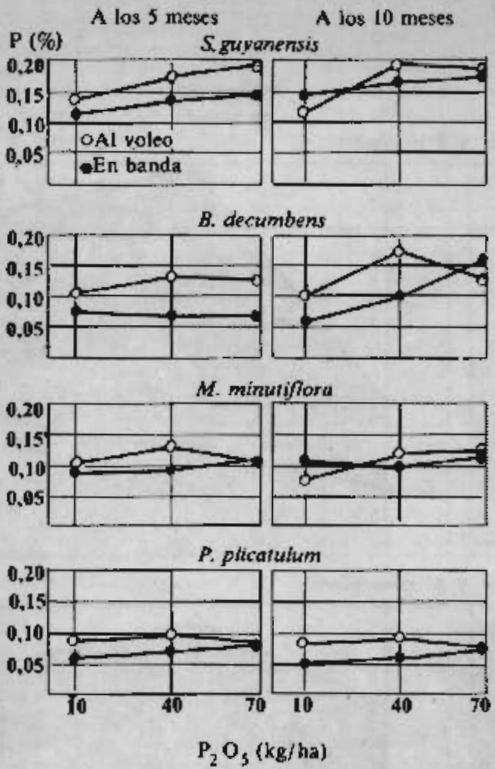


Figura 10. Efecto de 3 niveles de fósforo y de 2 métodos de siembra y de aplicación de fósforo sobre el contenido de fósforo, de 4 especies forrajeras a los 5 y 10 meses de la siembra, en Carimagua, 1975-76.

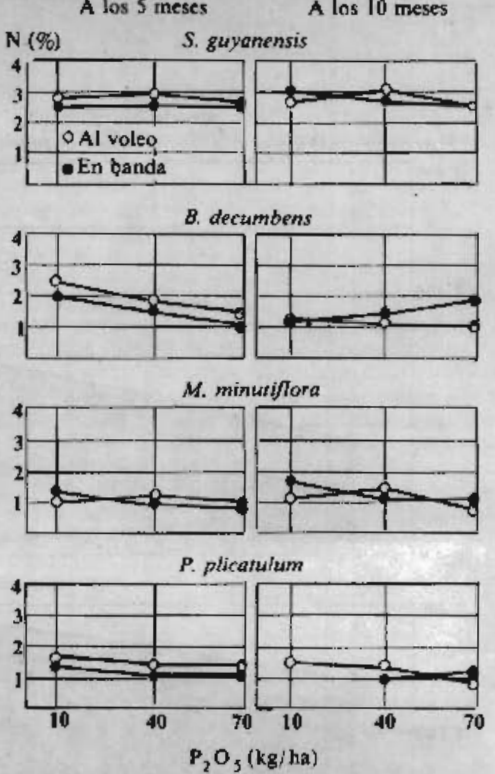


Figura 11. Efecto de 3 niveles de fósforo y de 2 métodos de siembra y de aplicación de fósforo sobre el contenido de nitrógeno, en 4 forrajes a los 5 y 10 meses de la siembra, en Carimagua, 1975-76.

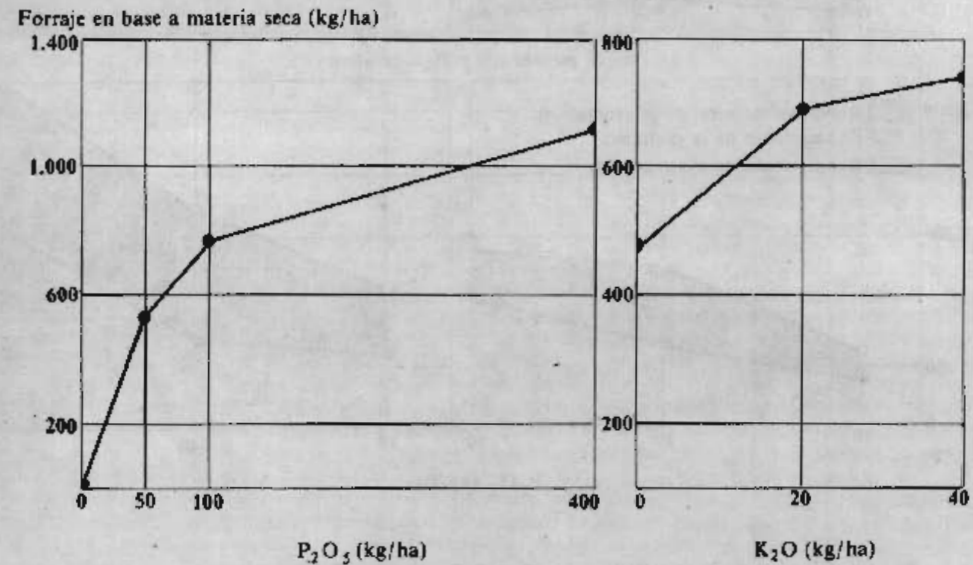


Figura 12. Efecto de fósforo y potasio sobre el rendimiento de materia seca, al primer corte de *B. decumbens*, en Carimagua, 1976.

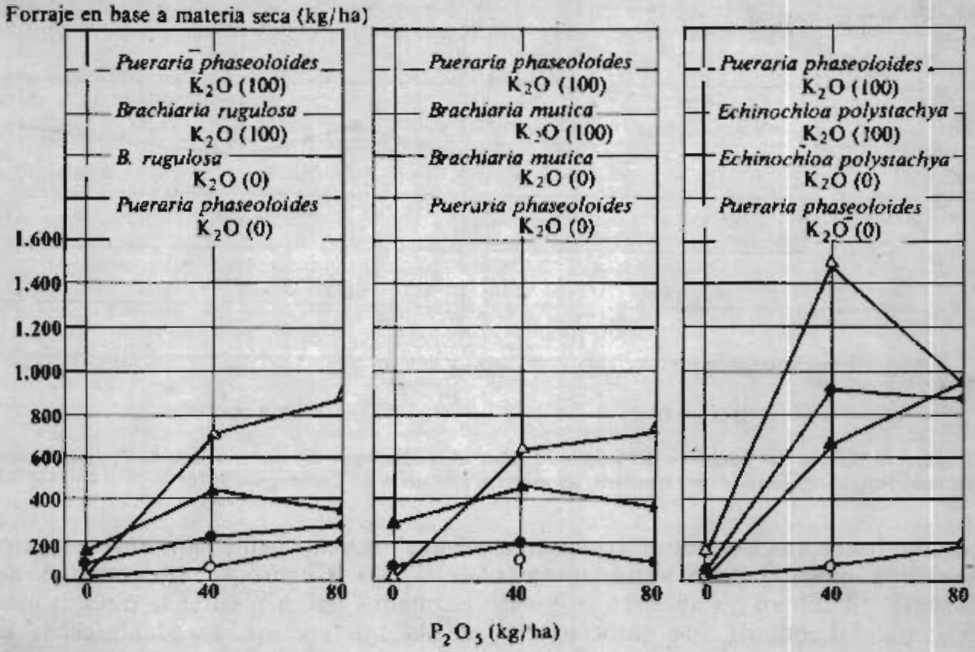


Figura 13. Efecto del fósforo y del potasio sobre los rendimientos de 3 asociaciones de gramíneas leguminosas, en un suelo mal drenado de Carimagua, 1976.

aplicación de potasio. El patrón de respuesta del pasto alemán es notablemente diferente; este pasto y el kudzú respondieron marcadamente a la aplicación de fósforo. Estas especies pueden ser promisorias para las tierras bajas mal drenadas, en la medida en que acumulan forraje de alta calidad para el pastoreo durante el verano, cuando estos suelos permanecen húmedos, en tanto que las sabanas de mayor altitud sufren de sequía severa.

Los experimentos de campo con kudzú, realizados en Carimagua, revelaron que esta especie presenta problemas nutricionales. A comienzos de 1976 se inició un ensayo en invernadero para estudiar estos problemas. En la Figura 14 se presenta el efecto del potasio y del magnesio sobre los rendimientos del kudzú, en un ensayo de invernadero, con suelo de Carimagua. La respuesta al potasio es bastante clara. Visualmente, se observó también una respuesta aparente al magnesio, pero no se logró confirmar esta observación con los rendimientos de materia seca. Los síntomas de deficiencia de magnesio, especialmente cuando se hicieron aplicaciones altas de calcio y/o potasio, desaparecieron con la aplicación de magnesio. En la Figura 15 se muestran los efectos del potasio y del magnesio. El contenido de magnesio en los tejidos fue mucho mayor cuando el magnesio se aplicó con bajos niveles de fertilización potásica, pero con dosis de 80 y 160 kg/ha, de potasio, la diferencia en el contenido de magnesio debida al magnesio aplicado, fue ligera.

MICROBIOLOGIA DEL SUELO

Se está llevando a cabo, en tres niveles de intensidad, la caracterización de una amplia colección de cepas de **Rhizobium** utilizando introducciones de plantas forrajeras promisorias como hospedantes (principalmente, Stylosanthes spp.). En primer lugar, el uso de cultivos asépticos en tubos

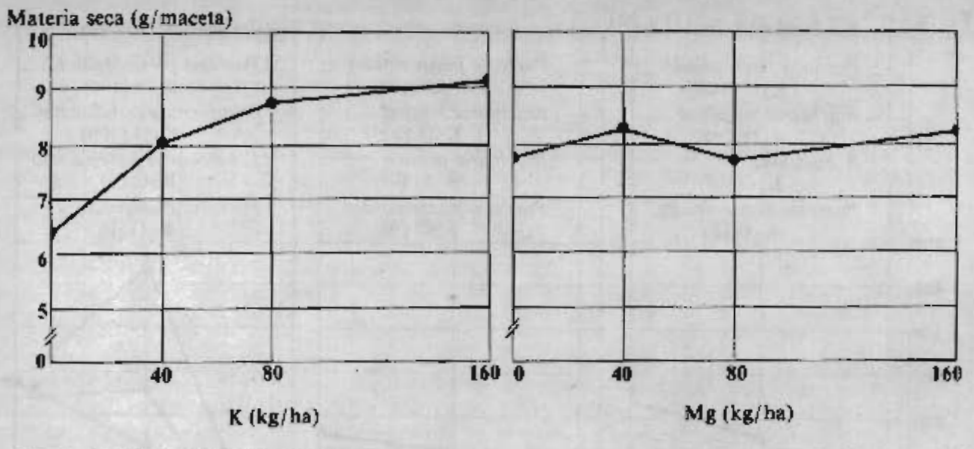


Figura 14. Efecto del potasio y del magnesio sobre el rendimiento de materia seca de *P. phaseoloides* cultivado bajo condiciones de invernadero, en macetas con suelo de Carimagua, 1976.

permite hacer una extensa determinación de compatibilidad entre el hospedante y la bacteria. El cultivo (establecido en potes del tipo Leonard) de asociaciones hospedante/bacteria permite clasificar las cepas en orden de eficiencia. En estos ensayos, el comportamiento de la cepa CIAT 79 (CB 756), que se utiliza comúnmente para inocular Stylosanthes, resultó deficiente y ocupó en promedio el décimo séptimo lugar en orden de eficiencia, en tanto que un aislamiento local (CIAT 71) ocupa frecuentemente los primeros lugares de la lista (Cuadro 8). Sin embargo, los resultados hacen resaltar la especificidad de la interacción hospedante/cepa. El aislamiento CIAT 71 no noduló en una de las introducciones de tal manera que, aunque menos eficiente, la cepa CIAT 308 (aislada en Cali, Colombia), tiene un mayor espectro de hospedantes y en consecuencia, tiene un mayor potencial como inoculante. El programa de colección e identificación de cepas altamente

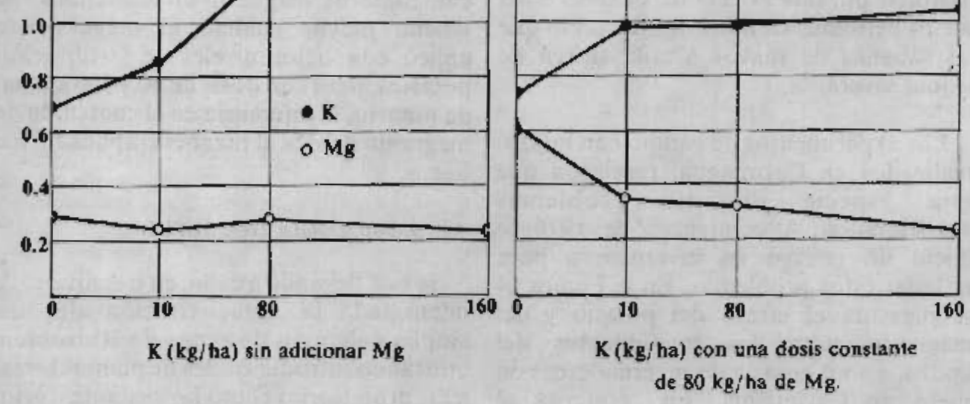


Figura 15. Efecto del potasio y magnesio sobre el contenido porcentual de esos elementos en hojas jóvenes de *P. phaseoloides*, cultivado bajo condiciones de invernadero en un suelo de Carimagua, 1976.

Cuadro 8. **Eficiencia relativa[1] de la fijación simbiótica de nitrógeno, por cepas de Rhizobium, con introducciones de Stylosanthes.**

	Introducción de Stylosanthes[3]					
Cepa[2]	184	136	107	64A	1152	1053
CIAT 71	1	4	6	4	NN	4
CIAT 301	6	5	5	22	NN	NN
CB 756	12	14	24	23	16	13
CIAT 308	3	8	7	13	2	1
CIAT 693	11	1	8	6	11	26
CIAT 530	NN[4]	NN	NN	NN	NN	3

1 Eficiencia relativa corresponde al orden que obtuvo cada cepa de 1 a 35 (se probaron 35 cepas)
2 Sólo se incluyen 6 de las 35 cepas
3 Todas las introducciones corresponden a la especie *S. guyanensis* con excepción de 1053 que pertenece a la specie *S. scabra*
4 NN = no noduló

efectivas y de amplio espectro sigue siendo una parte importante del trabajo de la unidad de microbiología del suelo para plantas leguminosas forrajeras.

En el tercer nivel de evaluación, las cepas más eficientes se seleccionaron en cultivos establecidos en materos, con suelo local esterilizado, para evaluar su tolerancia a un bajo pH, baja disponibilidad de fósforo y alto nivel de aluminio. Los cultivos en macetas confirman que las cepas CIAT 71 y CIAT 301 (aislamientos de nódulos en Stylosanthes proveniente de Brasil) son consistentemente mejores que la cepa CIAT 79 (Figura 16).

Aún queda por determinar si la superioridad de la eficiencia de estas y otras cepas se mantiene en el campo, cuando estén sujetas a la presión adicional de la competencia por sitios de infección, ejercida por poblaciones de Rhizobium que se presentan en forma natural y que tienen poca eficiencia.

USO EFICIENTE DEL FOSFORO EN LOS SUELOS TROPICALES

El manejo del fósforo es muy difícil en los suelos álicos del trópico debido a sus bajos niveles de fósforo disponible y a la alta fijación de los fertilizantes fosforados. Los resultados de investigaciones recientes señalan una serie de posibles nuevos métodos para el manejo del fósforo en los suelos tropicales orientados hacia el mejoramiento de la eficiencia de la fertilización con fósforo. Dada la urgente necesidad de lograr mejores oportunidades agrícolas y de aumentar la producción de alimentos en el trópico, se inició un extenso proyecto de investigación en el cual se coordinan los esfuerzos de un equipo de especialistas en investigaciones de laboratorio, invernadero y campo, orientados hacia el mejoramiento de la eficiencia de la fertilización con fósforo y el aumento de la productividad de los suelos tropicales.

El proyecto especial de fósforo se inició en octubre de 1975. La financiación proviene de las organizaciones denominadas International Minerals Corporation y World Phosphate Institute; parte del trabajo del proyecto se lleva a cabo en colaboración con el International Fertilizer Development Center. Las actividades de investigación sobre fósforo que no se presentan en la sección del Informe Anual dedicada al Programa de Fríjol, se resumen en esta sección sobre Ganado de Carne.

Respuesta de Stylosanthes a las fuentes de fósforo en los suelos álicos

Se iniciaron experimentos de invernadero en un oxisol (Carimagua) para seleccionar especies y ecotipos de Stylosanthes por tolerancia a bajos niveles de fósforo y por respuestas a fuentes de bajo (rocas fosfóricas) y alto (Escoria Thomas) contenido de fósforo aprovechable. El promedio de los rendimientos de dos cortes (Figura 17) mostró que las 13 especies y ecotipos estudiados respondieron satisfactoriamente a la aplicación de 200 kg/ha de P_2O_5, independientemente de las fuentes utilizadas. La única diferencia significativa en rendimien-

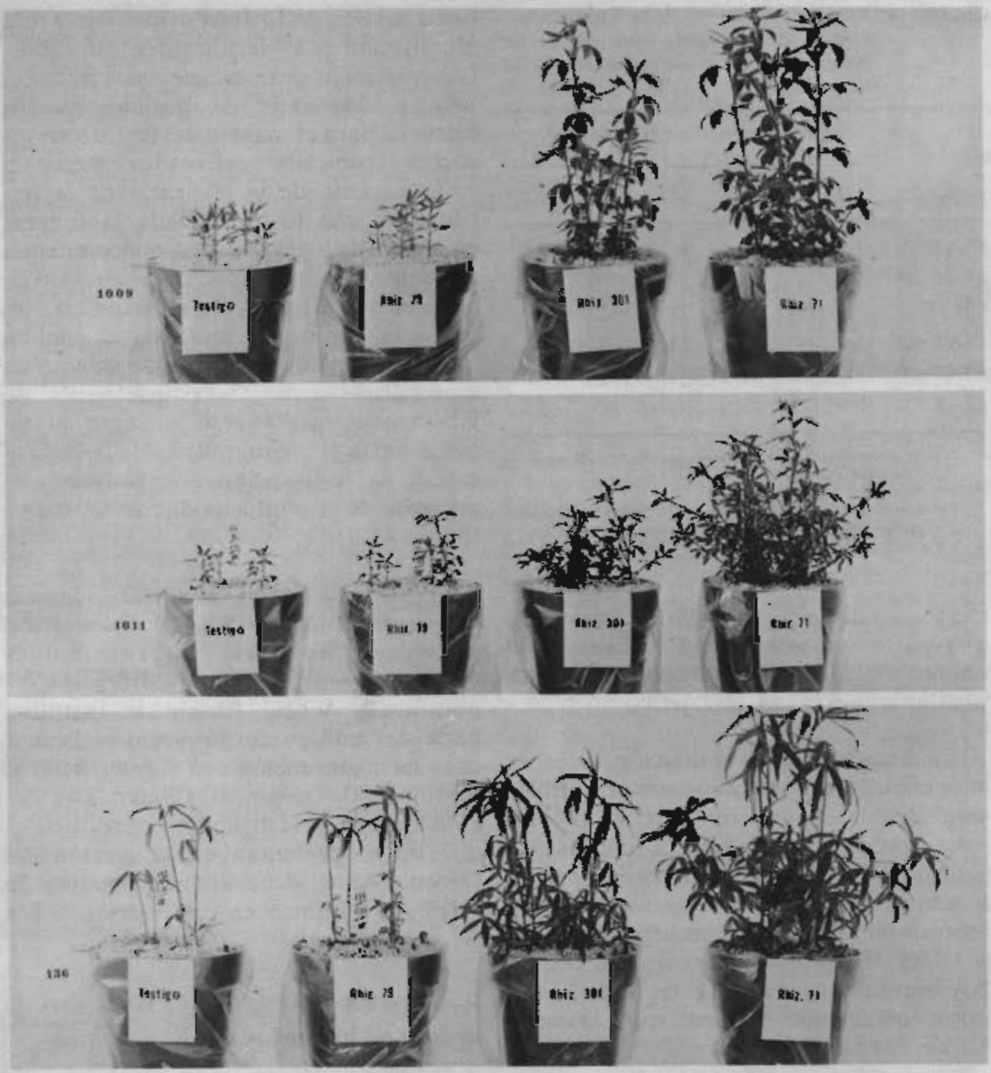


Figura 16. Respuesta de 3 introducciones de Stylosanthes a la inoculación con las cepas de Rhizobium CIAT 71 y 301, en comparación con la cepa recomendada CIAT 79 (CB 756) y plantas no inoculadas. La introducción 1009 es *S. scabra;* 1011 es *S. viscosa* y 136 es *S. guyanensis.*

to entre los tratamientos con roca fosfórica del Huila y la Escoria Thomas, se presentó con *S. scabra* 1009. La aplicación de Escoria Thomas a razón de 200 kg/ha de P_2O_5 produjo un 23 por ciento más de materia seca, en comparación con el tratamiento con roca fosfórica del Huila. Por otra parte, la roca fosfórica del Huila produjo más materia seca que la Escoria Thomas en el caso de *S. guyanensis* 136 y 1073 y *S. scabra* 1050 y 1053. Sin la aplicación de un fertilizante fosforado al suelo de Carimagua, fue imposible lograr un buen crecimiento de esta leguminosa, al menos durante su establecimiento.

Disolución de diversas fuentes de fósforo

Se iniciaron experimentos de laboratorio para determinar la solubilidad



Especies de Stylosanthes y CIAT no.		
	1	64A *guyanensis*
	2	184 *guyanensis*
	3	136 *guyanensis*
	4	1009 *scabra*
	5	1073 *guyanensis*
	6	1050 *scabra*
	7	1053 *scabra*
	8	1092 *scabra*
	9	1057 *scabra*
	10	1058 *scabra*
	11	1082 *montevidensis*
	13	1019 *capitata*

Figura 17. Especies y ecotipos de Stylosanthes seleccionados en un oxisol (Carimagua) por su tolerancia a fuentes con baja (roca fosfórica) y alta (Escoria Thomas) disponibilidad de fósforo (promedio de dos cortes del forraje).

de las rocas fosfóricas (Huila y Pesca, de Colombia; Tennessee, de EE.UU.; y Gafsa, de Marruecos), y otras fuentes de fósforo [superfosfato triple (SFT) y Escoria Thomas] aplicadas a un oxisol de Carimagua y a un suelo de cenizas volcánicas de Popayán. En general, los resultados muestran una reducción drástica en el nivel de fósforo aprovechable, extraido mediante las soluciones Bray I y Bray II después de 16 días de incubación a temperatura de invernadero, con sólo una ligera disminución posterior, después de los 35, 66 y 186 dias.

La Figura 18 muestra el efecto del tiempo de incubación sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de Carimagua, medido mediante la extracción con las soluciones Bray I y Bray II, al aplicar 300 ppm de fósforo a partir de seis fuentes diferentes. Aparentemente, para los suelos fertilizados con SFT o Escoria Thomas, es posible utilizar una de las dos soluciones de extracción para determinar el fósforo aprovechable por las plantas, pero, cuando el fósforo se aplica en la forma de rocas fosfóricas con el método Bray I se logra una mejor medida del fósforo aprovechable en el suelo. La solución de extracción Bray II es fuertemente ácida y disuelve parcialmente las rocas fosfóricas, mostrando altas concentraciones de fósforo en el suelo las cuales, por lo general, no se correlacionan con la respuesta de las plantas.

Nivel de fósforo y capacidad de fijación de los suelos ácidos tropicales

Se estudió el nivel de fósforo y las características químicas de 14 suelos ácidos de Colombia. En el Cuadro 9 se presentan algunas de las características químicas que, básicamente determinan la capacidad de fijación del fósforo. Los suelos presentan capacidades de fijación que oscilan entre el 11 y 74 por ciento. La retención del fósforo fue muy alta en los andosoles y relativamente baja en los suelos caoliníticos que presentan altos contenidos de hidróxidos de hierro.

Es evidente la influencia de la materia orgánica, del aluminio extraido con NH_4OAc a un pH de 4,8 del aluminio reactivo titulado entre pH 8,2 y 8,5 con $MgCl_2$ y de una acidez total titulada a 8,2 en $MgCl_2$ sobre la capacidad de fijación del fósforo. Los suelos con más del 10 por ciento de materia orgánica que tienen un alto contenido de aluminio reactivo y extraible, presentan una alta capacidad de fijación de fósforo. El aluminio intercambiable no se correlaciona con la retención del fósforo, lo cual indica que posiblemente gran parte de la fijación del fósforo se debe a otras formas del aluminio y posiblemente, a los hidróxidos de hierro, en el caso de los ultisoles y oxisoles.

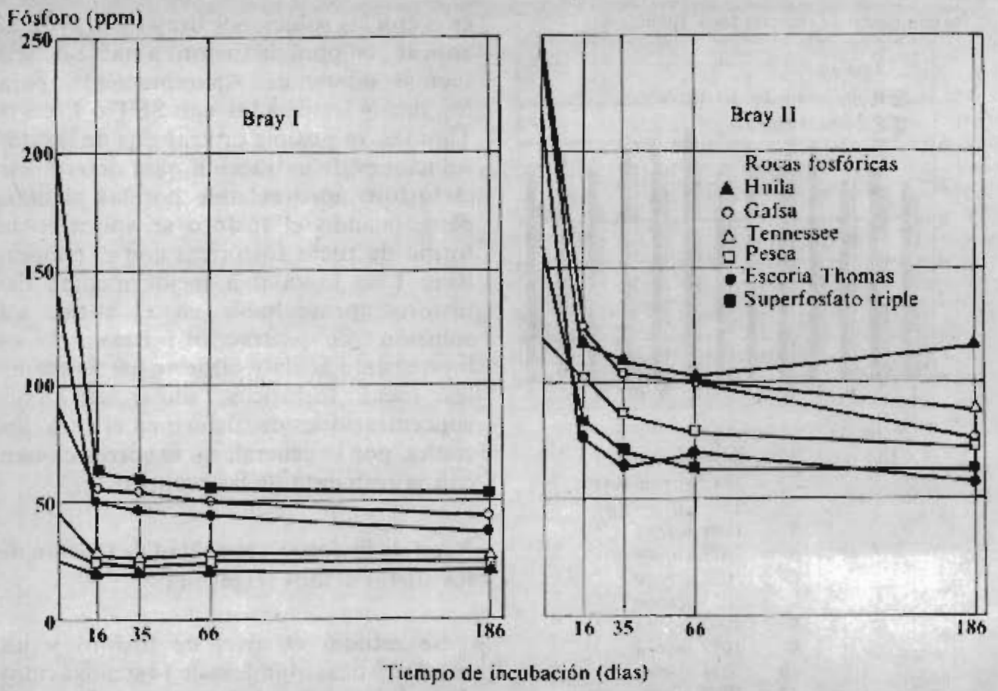


Figura 18. Efecto del tiempo de incubación sobre la solubilidad de 300 ppm de fósforo de diferentes fuentes, aplicadas a un oxisol de Carimagua.

Efecto de la aplicación de enmiendas al suelo sobre la disponibilidad del fósforo

Se estudió el efecto de la aplicación de enmiendas, como la cal y las escorias de silicatos, sobre la disponibilidad de fósforo (tanto del fósforo natural presente en el suelo, como del que proviene de diferentes fuentes de fertilizantes fosforados).

Cal

En enero de 1976 se inició un experimento de invernadero con cuatro niveles de $CaCO_3$ y tres niveles de fósforo de diferentes fuentes. Se utilizaron suelos de Carimagua y Popayán en los cuales se sembró, en forma consecutiva, fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), caupí (*Vigna sinensis*) y pasto guinea (*Panicum maximum* L.). Los resultados obtenidos con el fríjol se discuten en la sección correspondiente al Programa de Fríjol, en el presente Informe Anual.

El pasto guinea se utilizó como planta indicadora para observar el efecto residual de las aplicaciones de cal y fósforo, después de cosechados el fríjol y el caupí. La Figura 19 muestra que esta gramínea respondió muy bien a las aplicaciones de fósforo, indistintamente de las fuentes utilizadas, y que el encalamiento de los suelos ejerce un efecto negativo o nulo sobre los rendimientos de materia seca. En un estudio reciente (sin publicar), realizado por Spain, Andrew y Vanden Berg, el pasto guinea fue una de las especies de gramíneas tropicales que presentó un marcado aumento en el rendimiento al aumentar la concentración de aluminio (hasta 2,0 ppm) en la solución de cultivo. Es posible que, en el caso del suelo de Carimagua, el porcentaje más alto de saturación de aluminio (73 por ciento), en el suelo sin encalar, corresponda al

Cuadro 9. **Capacidad de fijación del fósforo y algunas características químicas de 14 suelos de Colombia.**

Suelos	Capacidad de fijación de P		pH H_2O	Materia orgánica (%)	Al extraíble pH 4.8	Al por reactivo MgCl (me 100 g)	Al intercambiable KCl	Saturación de Al (%)	Acidez total (meq/100 g)	Acidez titulada a pH 8,2	Mn		P Bray I (ppm)
	%	mgP/100 g									KCl	$HCl + H_2SO_4$ (ppm)	
Bermeo	74,0	370,0	5,5	28,8	14,2	10,8	1,4	32,7	54,0	146,8	2,7	17,7	2,1
El Mesón	72,0	360,0	5,0	16,5	15,2	11,8	1,3	76,9	31,8	162,5	1,5	10,1	1,4
La Selva	71,8	358,8	5,0	22,5	13,7	10,8	1,5	47,2	38,2	144,8	9,7	14,6	2,6
Facatativá	69,0	345,0	5,3	22,5	15,7	8,9	2,0	40,4	44,6	134,9	12,4	24,6	2,6
Unidad 10	45,5	227,5	5,5	11,8	6,2	13,7	0,5	14,1	45,6	108,3	8,9	14,8	2,8
Pamplona	33,5	167,5	5,1	9,2	6,2	11,8	4,2	38,2	42,8	51,9	6,4	11,7	2,3
Andes	33,0	165,0	5,1	6,2	1,9	6,9	0,8	6,7	6,4	14,8	92,1	136,0	1,6
Cachimbalito	29,5	147,5	4,3	9,5	4,4	6,5	3,4	62,6	43,2	45,5	16,8	23,3	3,0
Carimagua	22,0	110,0	4,2	4,3	4,1	5,5	3,1	92,0	28,4	29,2	1,5	5,9	2,1
Meléndez	18,0	90,0	5,3	6,3	1,2	7,0	0,2	2,5	4,8	31,0	61,6	116,9	1,4
Platanares	16,5	82,5	4,9	4,0	2,9	5,9	1,9	56,2	14,6	22,1	13,5	20,9	1,6
La Libertad	15,5	77,5	4,9	2,9	4,2	4,4	3,3	90,2	26,1	23,5	14,4	18,1	3,7
Lebrija	15,5	77,5	4,5	4,2	5,7	4,9	6,2	96,1	24,5	21,6	0,3	5,8	1,4
Abrego	11,0	55,0	4,6	2,9	1,5	2,9	1,7	42,4	21,6	14,7	2,7	24,8	0,7

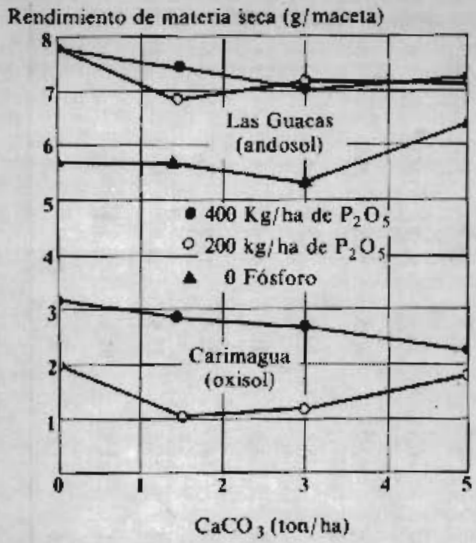


Figura 19. Efectos del nivel de aplicación de cal y fosfatos sobre los rendimientos de las partes aéreas del pasto guinea (*Panicum maximum*). Promedio de 3 fuentes de fósforo; no se obtuvo rendimiento cuando no se aplicó fósforo al suelo de Carimagua.

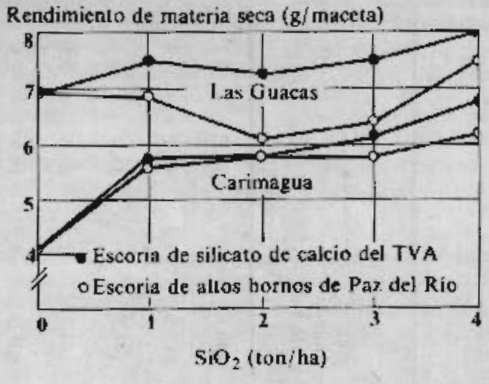


Figura 20. Efecto de la aplicación de escoria de silicato de calcio del Tennessee Valley Authority (TVA) y de escoria de altos hornos de Paz del Río (Colombia), sobre el rendimiento de materia seca de pasto guinea, (*Panicum maximum*). Promedio de 3 cortes.

óptimo nivel de aluminio en la solución del suelo para el pasto guinea. Todos estos resultados indican la posibilidad de utilizar rocas fosfóricas, en lugar de fuentes de fósforo solubles en agua, en los suelos álicos, cuando se establezcan gramíneas tropicales como el pasto guinea. El principal efecto de la cal puede ser el de proporcionar calcio a la planta.

Silicatos

Se iniciaron dos experimentos de invernadero para estudiar el efecto de la escoria de silicatos sobre la disponibilidad del fósforo aplicado en la forma de fosfatos solubles en agua, a los suelos de Carimagua y Popayán. La Figura 20 muestra el efecto de la aplicación de la escoria de silicato de calcio de Tennessee Valley Authority (TVA) y escoria de altos hornos de Paz del Río (Colombia) sobre los rendimientos de materia seca del pasto guinea, cuando se aplicaron 400 kg/ha de P_2O_5 en la forma de fosfato monocálcico. Para el suelo de Carimagua, los rendimientos aumentaron con el primer incremento de las dos escorias de silicato utilizadas (1 ton/ha de SiO_2). En el caso del suelo de Popayán, el

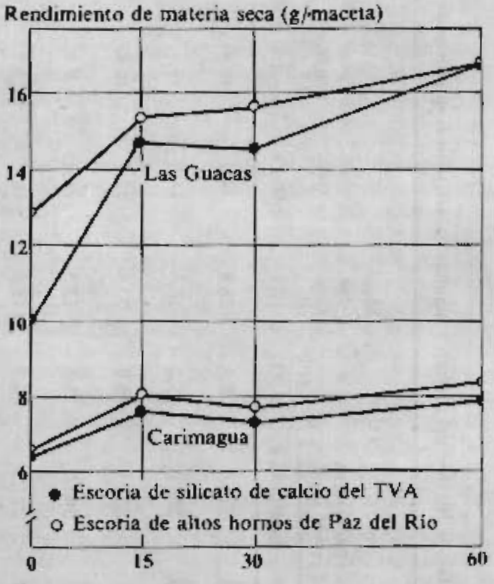


Figura 21. Efecto del tiempo de aplicación de la escoria de silicato de calcio del Tennessee Valley Authority (TVA) y de la escoria de altos hornos de Paz del Río (Colombia), antes de la siembra, sobre los rendimientos de materia seca del pasto guinea (*Panicum maximum*). Promedio de 3 cortes.

aumento del rendimiento no fue significativo para ninguno de los niveles de silicato aplicado. Ambos silicatos aumentaron el pH del suelo y disminuyeron el porcentaje de saturación de aluminio de los suelos.

El fósforo extraído con las soluciones Bray I y II aumentó al incrementar las tasas de aplicación del silicato de TVA; y disminuyó ligeramente con la aplicación de la escoria de altos hornos. En términos generales, las plantas presentaron bajos contenidos de fósforo, pero aparentemente, contenidos normales de calcio, con las aplicaciones de silicatos. Los aumentos de rendimiento se asociaron con el mejoramiento de la nutrición de las plantas con fósforo y calcio. Los tratamientos con silicatos de calcio no disminuyeron la capacidad de fijación de fósforo de los suelos (20 y 45 por ciento para los suelos de Carimagua y Popayán, respectivamente). Cuando se utilizan escorias de silicatos, su aplicación 15 días antes de la siembra, parece permitir el suficiente tiempo de reacción (Figura 21).

UTILIZACION DE LOS PASTOS

CARIMAGUA

Efecto del manejo de las praderas a base de quemas

Se continuaron las investigaciones en Carimagua para determinar los efectos de la quema, como práctica de manejo sobre la productividad de la sabana. El experimento se diseñó para comparar la quema de la sabana una sola vez, a comienzos de la estación de sequía, con la quema secuencial durante las estaciones de sequía y de lluvia. Este año, el experimento se modificó para permitir el acceso de los animales a las praderas quemadas secuencialmente 15 días después de la quema, en lugar de un mes después. El Cuadro 10 presenta los resultados de los cambios en peso de los novillos para el período noviembre 1975-noviembre 1976. Este año, el crecimiento de los animales fue

Cuadro 10. Cambios estacionales y anuales en los pesos de novillos que pastorearon sabanas tropicales en Carimagua, noviembre 1975-noviembre 1976.

Tratamientos (manejo de la pradera)	Aumentos de peso					
	Estación seca		Estación lluviosa		Año	
	g/día	kg/ animal	g/día	kg/ animal	g/día	kg/ animal
Quema del área total						
0,20 novillos/ha	337	38	251	53	282	91
0,35 "	228	26	273	57	257	83
0,50 "	116	13	188	40	164	53
Quema secuencial						
0,20 novillos/ha	306	35	385	81	359	116
0,35 "	79	9	357	75	260	84
0,50 "	-107	-12	296	62	155	50

mayor en todos los tratamientos y los aumentos en peso, observados durante la estación de sequía, son de interés particular. Aparentemente, la sabana se mejora con el tiempo aunque los mayores aumentos, durante la estación de sequía, también se pueden asociar con una estación seca con condiciones menos severas.

Manejo de especies forrajeras introducidas

Las gramíneas introducidas, *Melinis minutiflora, Hyparrhenia rufa* y *Brachiaria decumbens* y la gramínea nativa *Paspalum plicatulum*, se pastorearon durante su segundo año de establecimiento. Los resultados obtenidos en este año se presentan en los Cuadros 11 y 12. Los resultados correspondientes a **Brachiaria** se presentan en un cuadro separado debido a que el manejo de esta gramínea fue distinto durante la estación de sequía; las praderas de las tres gramíneas que aparecen en el Cuadro 11 se dejaron descansar durante la estación de sequía y la pradera de **Brachiaria** (Cuadro 12) se pastoreó durante este período. Los resultados de los años anteriores indican que, durante la estación de sequía, los animales pierden peso (en algunos casos, severamente) en todos los niveles de carga animal. Sin embargo, los resultados obtenidos con **Brachiaria** durante el año pasado, indican que los animales aumentaron algo de peso. Estos resultados se confirmaron en este año.

La productividad de *M. minutiflora, H. rufa* y *P. plicatulum* fue decepcionante. Los aumentos de peso por animal por año, son muy similares a los obtenidos en las sabanas quemadas, a fines de la estación lluviosa y los aumentos por hectárea no fueron más del doble. Sin embargo, las praderas de **Brachiaria** ofrecen un buen medio para el pastoreo durante la estación de sequía. Los aumentos de peso, durante la estación de lluvias, no son altos pero la mayor carga animal obtenida durante este período la hace una alternativa útil, con la condición de que su productividad se

Cuadro 11. **Aumentos de peso en novillos que pastorearon 3 gramíneas tropicales, durante la estación lluviosa, en Carimagua, mayo-noviembre, 1976*.**

Tratamientos	Aumento de peso/animal		Aumento de peso/ha
	g/día	kg/176 días	(kg/ha/176 días)
*Melinis minutiflora**			
0,7 novillos/ha	325	57	41
1,0 "	269	47	49
1,4 "	148	26	35
*Hyparrhenia rufa***			
0,7 novillos/ha	194	34	29
1,0 "	166	29	32
1,4 "	139	24	39
*Paspalum plicatulum****			
0,7 novillos/ha	369	65	47
1,0 "	248	44	45
1,4 "	293	52	70

* Las praderas se dejaron descansar durante la estación seca

** Las cargas animales fueron de 0,9, 1,3 y 1,7 novillos/ha, desde el inicio del pastoreo en noviembre, 1975 hasta agosto, 1976, cuando éstas se redujeron

*** En 1976 se presentó nuevamente un ataque del insecto denominado "falso medidor" pero no fue necesario trasladar los animales a otros lotes.

Cuadro 12. Aumentos de peso en novillos que pastorearon praderas de *Brachiaria decumbens*, en Carimagua.

Carga animal expresada en novillos/ha, en las épocas seca/lluviosa	Estación seca		Estación lluviosa		Aumentos de peso (kg/ha/año)
	g/día	kg/animal	g/día	kg/animal	
Segundo año de pastoreo*					
0,9/0,9 novillos/ha	254	44	322	57	95
1,3/1,3 "	258	45	289	51	130
1,7/1,7 "	199	34	182	32	118
Primer año de pastoreo**					
0,9/1,6 novillos/ha	123	21	391	69	137
1,3/2,3 "	145	25	336	59	179
1,7/3,0 "	44	8	326	57	198

* La pradera se estableció en 1974
** La pradera se estableció en 1975.

pueda mantener a través del tiempo sin la utilización de altos niveles de fertilizantes.

Suplementación de praderas tropicales en época de sequía

El ensayo de manejo de *M. minutiflora*, al comparar el pastoreo durante todo el año con suplementación y sin suplementación de nitrógeno (urea + melaza) y pastoreo sólo, durante la estación lluviosa, se continuó durante un año más. Los resultados de este año se presentan en el Cuadro 13. Para el segundo año consecutivo, la suplementación de nitrógeno afectó positivamente el aumento anual total por animal; el aumento compensatorio en los animales no suplementados fue muy pequeño. Si se mantienen buenos resultados con la suplementación, puede ser económico utilizar *M. minutiflora* durante la estación de sequía. Sin em-

Cuadro 13. Cambios en el peso de novillos que pastorearon praderas de *Melinis minutiflora*, bajo 3 sistemas de manejo, diciembre 1975-noviembre 1976.

Tratamientos (sistemas de pastoreo)	Estación seca		Estación lluviosa		Año (kg/animal)
	g/día	kg/animal	g/día	kg/animal	
Pastoreo durante todo el año					
0,44 novillos/ha	-225	-26	535	112	86
0,88 "	-182	-21	458	96	75
Pastoreo durante todo el año; urea y melaza durante la estación seca					
0,44 novillos/ha	298	34	492	102	137
0,88 "	208	24	289	61	84
Pastoreo sólo durante la estación lluviosa					
0,44 novillos/ha	-	-	599	104	-
0,88 "	-	-	292	51	-
1,3 "	-	-	268	46	-

bargo, permitir que la pradera descanse durante la estación de sequía es la forma más interesante de utilizar esta especie, si el agricultor tiene una buena pradera nativa para pastorear en ella sus animales durante la estación de sequía.

Este año se prepararon, para un nuevo ensayo, 12 lotes de 50 hectáreas cada uno con el fin de estudiar nuevas alternativas para el manejo de sabanas tropicales durante la estación de sequía y sus efectos sobre la producción animal. Esta área se utilizará durante los próximos años para adelantar varios experimentos que incluirán la suplementación de nitrógeno y minerales durante la estación de sequía y el pastoreo suplementario en praderas con asociaciones leguminosa/gramínea.

Comenzando en 1976 y durante un período de dos años, se evaluará el uso de nitrógeno (urea + harina de yuca), en diferentes niveles; además, se determinará la interacción entre la suplementación de nitrógeno y los minerales, en las diferentes estaciones del año. Como parte del ensayo del primer año, se investigó la interacción existente entre la suplementación de urea + yuca durante la estación de sequía y la suplementación de minerales (fósforo y calcio), administrados todo el año, sólo durante la estación lluviosa, o sin suplementación. En la Figura 22 se presentan los resultados de este ensayo. Los tratamientos o los efectos de interacción no fueron significativos debido a la alta variabilidad, dentro de los tratamientos, ocasionada por el consumo desigual del suplemento. Se escogió la harina de yuca como portador de urea en lugar de la melaza de caña, debido a que se consigue con mayor facilidad en la mayoría de las áreas de sabana. A pesar de que las diferencias no fueron significativas, se observó una clara tendencia en la cual los animales con suplementación mineral, durante todo el año, obtuvieron mayores aumentos de peso, en tanto que la suplementación con nitrógeno tuvo un efecto aditivo sobre aquellos animales que recibieron minerales.

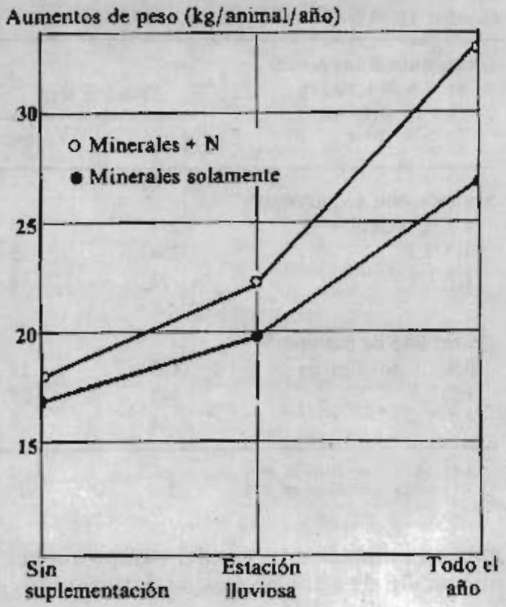


Figura 22. Relación entre la suplementación con nitrógeno durante la estación lluviosa y la suplementación con minerales durante diferentes épocas del año, en la sabana tropical de Carimagua, noviembre 1975-noviembre 1976.

También, se comparó la quema de la sabana a fines de la estación lluviosa o bien, a comienzos de la misma. Los animales que pastorearon en la sabana quemada a fines de la estación lluviosa obtuvieron un aumento de peso de 57 kilogramos durante el año, en tanto que los animales que pastorearon praderas quemadas, a comienzos de la estación lluviosa, sólo obtuvieron una ganancia de peso de 27 kilogramos. Este resultado da validez a la práctica tradicional de los agricultores de la región, quienes normalmente queman la sabana a comienzos de la estación de sequía y durante ella, al contrario de la práctica común en otras sabanas del mundo, en las cuales la quema se hace a comienzos de la estación lluviosa.

En todos los casos, los aumentos de peso obtenidos en los dos ensayos en la sabana nativa fueron superiores en el experimento

sobre "sistemas de quema" (Cuadro 10). Posiblemente esto se deba al hecho de que la quema se hace a comienzos de la estación de sequía o durante el año y a que la especie que predomina en la sabana utilizada en el primer ensayo es *Trachyrogon vestitus;* en el nuevo experimento, la especie dominante es *Leptochoryphium lanatum.* Al interpretar los resultados, se debe anotar que la quema de las sabanas, a comienzos de la estación de sequía, es incompatible tanto con la suplementación de nitrógeno durante la estación de sequía como con los requerimientos de aumento de la carga animal.

PALMIRA

Eficiencia neta de transformación de energía y de fertilizantes nitrogenados en carne

En la misma área en la cual se hizo un experimento de praderas para medir la respuesta de una pradera de pasto pangola (*Digitaria decumbens*) a la fertilización con nitrógeno y al riego (Informe Anual del CIAT, 1975), se estableció otro experimento con novillos, durante 240 días, para medir la eficiencia neta de transformación de energía y nitrógeno.

La Figura 23 muestra la relación que existe entre la carga animal y el rendimiento de carne por hectárea. La carga animal osciló entre 3,33 y 9,17 animales/ha; los niveles de fertilización con nitrógeno fueron similares a los del experimento anterior: 168, 332, 500 y 672 kg/ha/año. La respuesta combinada del aumento del nivel de nitrógeno aplicado y del aumento de la carga animal fue, esencialmente, una ecuación de tipo lineal. Los aumentos de peso oscilaron entre 1,89 y 4,94 kg/ha/día con combinaciones de niveles de fertilización y carga animal que oscilaron entre 168 kg/ha y 3,33 animales hasta 672 kg/ha y 9,17 animales, respectivamente. Al extrapolar estos aumentos de peso a valores para un año, los aumentos serían

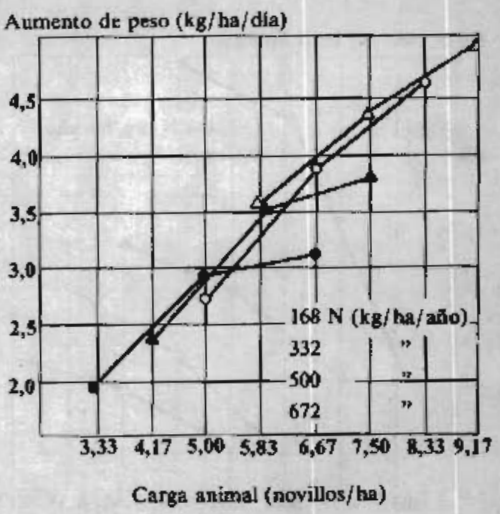


Figura 23. Aumento de peso por hectárea de novillos, en pasto pangola (*Digitaria decumbens*) fertilizado con nitrógeno y bajo riego (240 días de pastoreo). CIAT, 1976.

iguales a 690 y 1.803 kg/ha, respectivamente.

Con niveles de nitrógeno de 168 y 332 kilogramos, los aumentos con la mayor carga animal no continuaron en la forma lineal. Este resultado era de esperarse debido a que, en algún nivel de carga animal, los aumentos por hectárea deberían disminuir. Con niveles de nitrógeno de 500 y 672 kilogramos, las cargas animales no fueron lo suficientemente altas para mostrar este efecto; en consecuencia, los aumentos de peso fueron lineales.

El pasto pangola respondió satisfactoriamente a todos los niveles de fertilización con nitrógeno. El aumento de peso obtenido por kilogramo de nitrógeno aplicado fue superior a un kilogramo, en todos los tratamientos.

El incremento disminuyó a medida que se aumentó el nivel de nitrógeno de 168 a 672 kilogramos y aumentó a medida que la carga animal se hizo mayor. En la Figura 24 se muestran estas relaciones con base en una producción estimada de pasto pangola

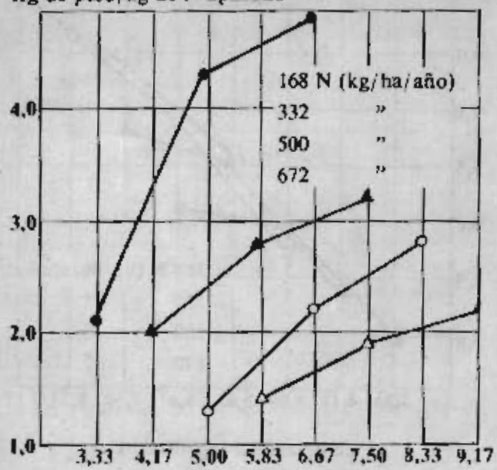


Figura 24. Aumento de peso de novillos, en praderas de pastò pangola (*Digitaria decumbens*) por cada kilogramo de nitrógeno aplicado. Se asume que cada hectárea proporciona un aumento de peso de 330 kilogramos, sin fertilización y sin riego.

de 330 kg/ha/año sin fertilización y sin riego. En consecuencia, la respuesta corresponde al efecto combinado del nitrógeno y del riego; sin embargo, el riego fue igual en todos los tratamientos.

La capacidad de selección del animal en praderas tropicales

Si se mantienen constantes los otros factores de producción, el aumento de peso de un animal en una pradera debería aumentar de acuerdo con la mayor disponibilidad de forraje para su consumo, hasta un punto en el cual el aumento no está limitado por la cantidad de forraje sino por la capacidad genética del animal. La relación obtenida en este experimento se presenta en la Figura 25.

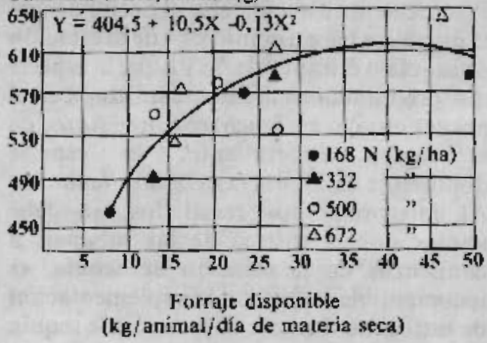


Figura 25. Relación entre el forraje disponible en una pradera de pasto pangola (*Digitaria decumbens*) y los aumentos de peso de novillos.

Cuando los animales (cruces de ganado nativo x Cebú, con un peso promedio de 300 kilogramos) tenían disponibilidad de 25 kilogramos de materia seca por cabeza, la cantidad de forraje disponible limitó el aumento de peso. Sin embargo, desde este punto en adelante, la capacidad de selección del animal le permitiría continuar consumiendo una dieta nutritiva, de acuerdo con una mayor disponibilidad de forraje. Con base en la Figura 25, este punto máximo, en el cual la disponibilidad de forraje deja de ser limitante, debería ser a los 40-45 kilogramos de forraje.

En los forrajes tropicales, al contrario de las especies de climas templados, la selección de plantas por los animales es muy activa, incluso, en especies de poco crecimiento, como el pasto pangola. En consecuencia, el punto máximo de disponibilidad de forraje para su máximo consumo, después de hecha la selección de las plantas por los animales, es alto; es importante conocerlo para planear el mejor manejo de la pradera.

SISTEMAS DE HATOS EN CARIMAGUA: EXPERIMENTO I (ICA-CIAT)

El proyecto de sistemas de hatos es un experimento relativamente amplio, diseñado para estudiar los efectos de ciertos factores de manejo sobre la producción y reproducción durante el ciclo de vida del ganado de carne, en los Llanos Orientales de Colombia. Esta zona es similar, en muchos aspectos, a otras grandes extensiones localizadas en el interior de América del Sur, en donde la principal actividad económica es la producción de ganado de carne.

Las variables de tratamiento entre hatos incluyen: a) sistemas de praderas; b) suplementación de minerales, y c) suplementación de proteína (urea) durante la estación de sequía. Los tratamientos dentro de los hatos comprenden: 1) destete precoz (84 días) versus destete normal, y 2) el uso alternativo de toros Cebú y San Martinero en cada hato.

Tratamientos establecidos en las praderas

Los tratamientos incluyen los siguientes: a) pastoreo en praderas nativas durante todo el año; b) pastoreo en pradera nativa durante la estación de sequía y en pasto gordura *M. minutiflora*) durante la estación lluviosa, y c) pastoreo en pasto gordura durante todo el año.

En 1976 no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el porcentaje de natalidad y no se registraron abortos en los tres sistemas de pastoreo (Cuadro 14); sin embargo, las vacas que pastorearon pradera nativa más pasto gordura, durante la estación de sequía, tendieron a presentar

Cuadro 14. Comportamiento reproductivo de las vacas durante el tercer año de pariciones (junio 1975-junio 1976) en el Experimento I sobre Sistema de Hatos en Carimagua.

		1976					1974-1976	
Tratamientos*	Hatos	Vacas (no.)	Nacimientos (no.)	Abortos (no.)	Natalidad (%)	Abortos (%)	Total nacimientos	Total abortos
Testigo (pradera nativa)	1	28	14	10	50.0	35.7	33	22
Pradera nativa y sal	2	33	10	3	30.3	9.1	39	6
	3	32	18	4	56.2	12.5	47	5
Pradera nativa y minerales	4	32	23	0	71.9	0.0	65	0
	5	33	28	0	84.8	0.0	67	0
Pradera nativa y pasto gordura	6	35	26	0	74.3	0.0	72	2
	7	35	31	0	88.6	0.0	72	0
Pasto gordura y minerales	8	35	28	0	80.0	0.0	69	0
	9	33	28	0	84,8	0,0	67	2

* Además de los tratamientos representados por las praderas, todos los hatos recibieron sal. Los hatos 4 y 6 también recibieron un suplemento completo de minerales y los hatos 2,4,7 y 9 recibieron un suplemento proteínico durante la estación seca de 0,5 kg de melaza, 80 g de urea y 4 g de azufre/cabeza/día.

tasas de natalidad más altas que las vacas que pastorearon en pasto gordura todo el año (81,4, 82,3 y 78,4 por ciento, respectivamente, para los tres sistemas de pastoreo). La misma tendencia prevalece cuando se promedian los resultados de los tres años; sin embargo, en los años anteriores se registraron dos abortos en cada uno de los grupos que pastorearon en la pradera nativa más pasto gordura, y en pasto gordura, durante todo el año (Cuadro 15).

El intervalo entre partos fue significativamente menor ($P < 0,01$) para las vacas que pastorearon praderas nativas más pasto gordura (15,7 meses) en comparación con las vacas en pasto gordura sólo (17,7 meses) o en pastos naturales (16,6 meses). Esto, probablemente, se debió a una mejor disponibilidad de forrajes durante todo el año, lo cual permitió que las vacas se recuperaran más rápidamente del estrés ocasionado por la lactancia.

El comportamiento reproductivo de las vacas que pastorearon permanentemente praderas de pasto gordura varió con base en la duración de la estación de sequía, debido a que la calidad y cantidad del forraje de esta gramínea se reduce en forma notoria durante este período (Cuadro 16). En 1976 se perdieron dos vacas, aparentemente, debido a una escasez de forraje durante la estación de sequía; sin embargo, el principal efecto de esa severa estación de sequía, probablemente, se manifestará en el comportamiento reproductivo de las vacas en 1977.

Suplementación

Con minerales

Uno de los tratamientos que dio un resultado consistentemente positivo fue el suministro, con libre acceso, de una mezcla completa de minerales. En 1976 se registró un 82,1 por ciento más de nacimientos en los hatos que recibieron minerales (51 nacimientos) en comparación con aquellos hatos que sólo recibieron sal (28 nacimientos). Se presentaron seis abortos en los hatos que recibieron sal y ningún aborto entre las vacas que recibieron el suplemento mineral (Cuadro 14).

La tasa de natalidad de las vacas que recibieron mineral fue casi el doble de la de las vacas que no recibieron este suplemento. En tanto que los abortos explican en parte el bajo porcentaje de natalidad, aún existe un 26 por ciento de reducción de la tasa de natalidad ocasionada por la ausencia de minerales que quizás causó anestro* o abortos tempranos no constatados.

El promedio de tres años del comportamiento reproductivo de los hatos con minerales y sin minerales fue paralelo a los resultados obtenidos en 1976; las tasas de natalidad fueron de 71,9 versus 47,7 por ciento; los abortos fueron de 0 versus 10 por ciento; el promedio de nacimientos por vaca fue de 2,13 versus 1,43; para las vacas que recibieron minerales, el intervalo entre partos fue 1,4 meses más corto. Esto se explica en parte con base en el hecho de que las vacas no abortaron, factor que alarga el intervalo entre partos. El hecho de que las vacas que recibieron minerales presentaron un mayor número de concepciones por vaca (2,13) en comparación con las vacas que sólo recibieron sal (1,58), indica que la suplementación mineral es importante en la fertilidad de las vacas como también para el mantenimiento de la preñez en vacas que pastorearon en suelos deficientes en minerales.

Con nitrógeno no proteínico más energía

A los hatos 2, 4, 7 y 9 se les suministró diariamente, durante la estación seca, una mezcla de melaza-urea-azufre (500-80-4 g/cabeza/día). El período de suplementación está determinado por la estación seca, que varía en duración y severidad. Al

* Ausencia de estros.

Cuadro 15. Intervalos entre partos, concepciones, abortos y nacimientos, desde mayo de 1973 hasta junio de 1976, en el Experimento I sobre Sistemas de Hatos en Carimagua.

Tratamientos	Hatos	Vacas (no.)	Intervalos entre partos* (meses)	Total de concepciones	Promedio de concepciones/vaca	Total de abortos	Promedio de abortos/vaca	Total de nacimientos	Promedio de nacimientos/vaca	Nacimientos (%)
Minerales										
Sal	2,3	65	18,0	103	1,58	11**	0,17**	93	1,43	47,7
Sal + mineral	4,5	65	16,6	132	2,13	0	0,0	132**	2,13	71,9
Tipo de pradera										
Pasto natural	4,5	65	16,6	132	2,03	0	0,0	132	2,13	71,0
Pasto natural + pasto gordura	6,7	70	15,7**	146	2,08	2	0,03	144	2,06	68,6
Pasto gordura	8,9	68	17,7	138	2,03	2	0,03	136	2,00	66,7
Suplementación										
Ninguna	3,5,6,8	135	16,6	268	1,98	6	0,04	262	1,94	64,7
Urea + melaza	2,4,7,9	133	16,8	251	1,88	8	0,06	243	1,83	60,9
Destete										
Normal	2-9	225	17,4	403	1,79	13	0,06	390	1,73	57,8
Precoz	2-9	40	13,7**	103	2,56**	2	0,05	101	2,52**	84,2

* Calculado en vacas que tuvieron uno o más partos, de los cuales uno se presentó después de junio de 1975
** Diferencias significativas al nivel de 0,01.

Cuadro 16. Porcentaje de nacimientos por año, para el periodo 1974-1976, en el Experimento I sobre Sistemas de Hatos en Carimagua.

Tratamiento	Hato	Tasa de nacimientos (%)			Promedio de 3 años*	
		1974	1975	1976	Tasa de nacimientos (%)	Intervalo entre partos (meses)
Testigo	1	51,8	18,5	50,0	39,3	18,4
Pradera nativa	2	33,3	54,5	30,3	39,4	20,2
y sal	3	18,7	74,2	56,2	49,0	17,2
Pradera nativa	4	59,4	71,9	71,9	67,7	16,0
y minerales	5	60,6	57,6	84,8	67,7	17,2
Pradera nativa y	6	54,3	77,1	74,3	68,6	15,5
minerales + pasto gordura	7	51,4	65,7	88,6	68,6	16,2
Pasto gordura	8	65,7	51,4	80,0	65,7	17,6
y minerales	9	78,8	39,4	84,8	67,7	18,2

* Calculado con base en vacas que tuvieron 2 o más partos, de los cuales uno se presentó después de junio de 1975.

igual que en los años anteriores, en 1976 no se observó aumento alguno en el comportamiento reproductivo debido a la suplementación (69,2 versus 74,1 por ciento de nacimientos con suplementación y sin suplementación, respectivamente). Los promedios de tres años (Cuadro 15) muestran una ligera desventaja para las vacas que recibieron suplementación, fenómeno que se debe investigar aún más, debido a que persiste año tras año y es contrario al efecto esperado.

Destete precoz

Al comenzar el experimento, se seleccionaron cinco vacas de cada hato (2-9) para destetar sus terneros a los 84 días de edad. Los terneros de todas las otras vacas, en cada hato, se destetaron al tiempo normal de ocho meses.

El comportamiento reproductivo del grupo destetado precozmente (el 14 por ciento de todas las vacas en los ensayos) es significativamente mejor que el de las otras vacas (Cuadro 15). En tres años, las vacas a las que se les destetaron sus terneros precozmente, presentaron una reducción en el intervalo entre partos de 27,3 por ciento (13,7 meses); un 43 por ciento más de concepciones por vaca (2,56); y 45,7 por ciento más de nacimientos por vaca (2,52), en comparación con las vacas a las cuales se les destetaron sus terneros en el tiempo normal.

Entre las vacas a las cuales se les destetaron sus terneros precozmente no hay una que no haya tenido por lo menos un ternero, pero el 10,9 por ciento de aquellas vacas a las que no se les suministró minerales y 3,4 por ciento de las que pastorearon praderas de pasto gordura (con minerales) pero con destete normal, nunca han tenido terneros. En el Cuadro 17 se presenta el número de terneros producidos por las vacas cuyas crías se destetaron precoz y normalmente.

Los resultados indican que una combinación del destete precoz con la suplementación mineral en praderas nativas, produciría, en forma consistente, un 70 por ciento de nacimientos. Al convertir el promedio de nacimientos por vaca (1,73 y 2,52 para el destete normal y destete precoz, respectivamente) en un período de tres años, al porcentaje de nacimientos, se demuestra que con el

Cuadro 17. Porcentaje de vacas que tuvieron 0, 1, 2 o 3 terneros en un periodo de 3 años de nacimientos (1973-1976) en el Experimento 1 sobre Sistemas de Hatos en Carimagua.

		No. de terneros							
		0		1		2		3	
		Destete							
Tratamientos	Hato	Normal	Precoz	Normal	Precoz	Normal	Precoz	Normal	Precoz
Minerales									
Sal	2, 3	10,9	0,0	60,0	30,0	29,1	30,0	0,0	40,0
Sal + minerales	4, 5	0,0	0,0	19,2	0,0	73,1	30,0	7,7	70,0
Pradera									
Pasto natural	4, 5	0,0	0,0	19,2	0,0	73,1	30,0	7,7	70,0
Pasto natural + Pasto gordura	6, 7	0,0	0,0	13,3	0,0	78,3	30,0	8,4	70,0
Pasto gordura	8, 9	3,4	0,0	8,6	0,0	82,8	40,0	5,2	60,0
Destete	2-9	3,6	0,0	24,9	7,5	66,2	32,5	5,3	60,0

destete precoz se pueden lograr 26 terneros/100 vacas/año (58 versus 84 por ciento de nacimientos). En efecto, esta práctica resuelve en parte el problema del estrés nutricional de la vaca durante su periodo más crítico (lactancia).

Análisis de minerales

En un proyecto colaborativo con la Universidad de Florida y la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional, un aspirante al grado de Ph.D. adelantó, durante 1976, un análisis detallado para determinar la composición mineral de las praderas y los parámetros de niveles de minerales en el suero sanguíneo de las vacas del proyecto de Sistemas de Hatos.

De las praderas

Los resultados de los análisis de las praderas se han resumido en los Cuadros 18 y 19. El contenido de nitrógeno en los pastos naturales aumentó a medida que disminuyó la precipitación, en tanto que el del pasto gordura disminuyó significativamente ($P < 0,01$) durante la estación seca. No se observaron diferencias significativas en los valores de digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* entre los diferentes períodos; sin embargo, el pasto gordura presentó un valor de digestibilidad ligeramente mayor, pero significativo ($P<0,01$), en comparación con los pastos naturales. El contenido de fósforo en los pastos naturales fue menor ($P<0,01$) que el del pasto gordura en la época lluviosa. En la estación seca, ambos pastos presentaron contenidos de fósforo similares debido a un aumento en el contenido de fósforo en el pasto natural y a una disminución del contenido de fósforo en el pasto gordura. En ambos pastos, el contenido de calcio y de magnesio disminuyó en la estación seca. En la época lluviosa, el pasto gordura presentó un mayor contenido de calcio ($P<0,01$) en comparación con el pasto natural. En ambos pastos se presentó un aumento en los valores de potasio y sodio durante la estación seca. Los contenidos de cobre y cobalto fueron mayores en la estación seca que durante la lluviosa ($P<0,01$). El pasto gordura presentó mayor contenido de cobre que el pasto natural ($P<0,01$). Los valores de hierro,

Cuadro 18. Digestibilidad de la materia orgánica in vitro (DMOIV) y el contenido promedio de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio en pasto natural y pasto gordura*.

Período**	Observaciones (no.)	Variables (%)						
		DMOIV	Nitrógeno	Fósforo	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio
Pasto natural								
A comienzos de la estación lluviosa	20	44,33a***	1,31b	0,10a	0,15b	0,19	0,85a	0,009a
A fines de la estación lluviosa	16	43,60a	1,42bc	0,11a	0,12a	0,14b	78a	0,009a
Estación seca	24	45,52a	1,52c	0,15b	0,12a	0,14b	1,01b	0,016b
Pasto gordura								
A comienzos de la estación lluviosa	12	47,78b	1,43c	0,21c	0,23d	0,20c	1,10c	0,006a
A fines de la estación lluviosa	16	48,94b	1,50c	0,24c	0,20c	0,18c	1,17c	0,007a
Estación seca	8	49,34b	1,21a	0,17b	0,13a	0,13a	1,19d	0,011b

* Los valores se expresan en base a materia seca
** A comienzos de la estación lluviosa: mayo-agosto; a fines de la estación lluviosa: septiembre-diciembre; estación seca: enero-abril
*** Los promedios de la misma columna seguidos por letras distintas son significativamente diferentes (P< 0.01).

manganeso, zinc y molibdeno no variaron de un período a otro. Los contenidos de hierro y manganeso en el pasto natural fueron mayores que los del pasto gordura, en tanto que el contenido de zinc fue superior en el pasto gordura (P<0,01).

La concentración de la mayoría de los nútrimentos en el pasto nativo aumentó durante la estación seca, probablemente debido al efecto de la quema practicada en aquellos períodos que permitieron al ganado seleccionar los retoños jóvenes.

Cuadro 19. Contenido promedio de microelementos en pasto natural y pasto gordura*

Pasto	Período**	Observaciones (no.)	Microelementos (ppm)					
			Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Cobalto	Molibdeno
Natural	A comienzos de la estación lluviosa	20	555b***	161b	15,7b	1,5a	0,07a	0,44a
	A fines de la estación lluviosa	16	618b	156b	9,4a	1,5a	0,09a	0,50a
	Estación seca	24	540b	227c	14,2b	2,0b	0,13b	0,68a
Gordura								
	A comienzos de la estación lluviosa	12	326a	92a	18,5c	2,6c	0,06a	0,50a
	A fines de la estación lluviosa	16	308a	106a	18,6c	2,4c	0,06a	0,51a
	Estación seca	8	646a	78a	17,9c	3,0d	0,15b	0,43a

* Los valores se expresan en base a materia seca
** A comienzos de la estación lluviosa: mayo-agosto; a fines de la estación lluviosa: septiembre-diciembre; estación seca: enero-abril
*** Los promedios de la misma columna seguidos por letras distintas son significativamente diferentes (P< 0.01).

Cuadro 20. Niveles de fósforo inorgánico en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas con suplementación de sal o una mezcla completa de minerales.

Tratamiento	Hato*	Fecha de la toma de las muestras									
		Abril 1975		Junio 1975		Octubre 1975 (mg %)		Diciembre 1975		Marzo 1976	
Sal	2	5,21	(33)**	2,98	(33)	3,45	(32)	4,59	(33)	4,54	(33)
	3	3,03	(33)	3,57	(32)	5,02	(32)	3,26	(29)	6,76	(32)
Complemento completo de minerales	4	5,13	(32)	4,96	(32)	5,98	(31)	5,17	(31)	6,48	(31)
	5	4,77	(32)	4,00	(33)	5,83	(33)	6,32	(32)	5,81	(32)
Promedio de los hatos 2 y 3		4,12ay	(66)***	3,27ax	(65)	4,24ay	(64)	3,97ay	(62)	5,63az	(65)
Promedio de los hatos 4 y 5		4,95by	(64)	4,44bx	(65)	5,91bz	(62)	5,75bz	(63)	6,14bz	(63)

* Los hatos 2 y 4 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con los cuales se calculó el promedio

*** Los promedios en la misma línea seguidos por letras distintas (x, y, z) y los promedios en la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c), son significativamente diferentes ($P<0,01$).

Del suero sanguíneo

Los niveles de fósforo inorgánico en el suero sanguíneo se presentan en el Cuadro 20 y en la Figura 26. El suministro de un suplemento mineral completo aumentó los niveles de fósforo en el suero sanguíneo en todas las épocas de muestreo ($P<0,01$); el

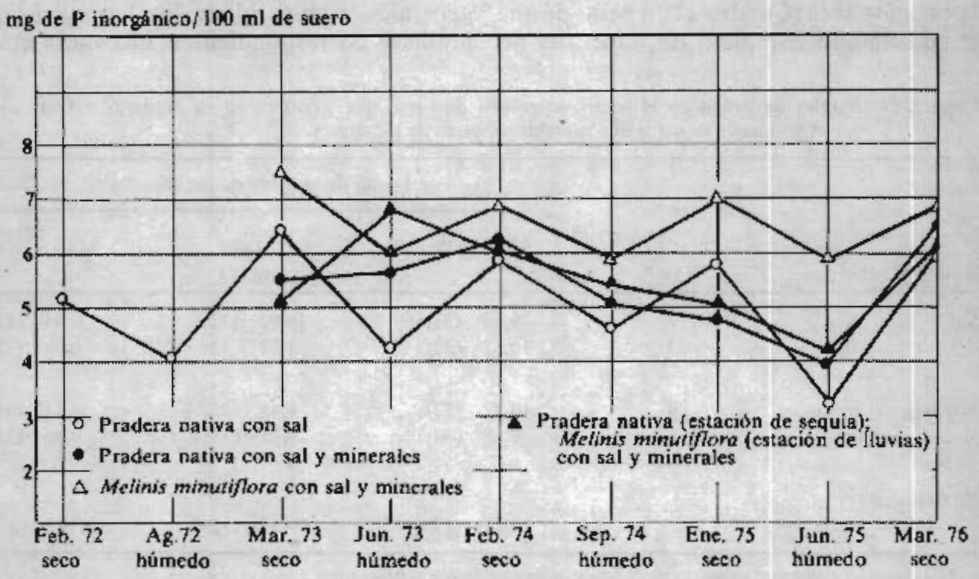


Figura 26. Niveles de fósforo inorgánico en el suero sanguíneo de hembras Cebú, desde antes del primer apareo hasta los 6 años de edad, en los Llanos Orientales de Colombia.

efecto fue más marcado durante la estación de lluvias. En ambos tratamientos, los niveles de P en el suero fueron más bajos a principios de la estación lluviosa cuando las vacas presentan aumentos rápidos de peso y más alto en la estación seca, cuando las vacas pierden peso. Las vacas que recibieron el suplemento urea-melaza-azufre durante la estación seca presentaron menores niveles de P en el suero en hatos a los cuales se les suministró sólo sal (6,76-4,54 mg por ciento), pero mayores niveles de P en los hatos con suplemento mineral completo (5,81-6,48 mg por ciento). El estado fisiologico de los animales también afectó el nivel de fósforo en el suero. El valor promedio para las vacas en la lactancia fue de 4,46 mg por ciento en comparación con 5,05 mg por ciento para las vacas secas (P<0,01). El suministro de un suplemento completo de minerales no afectó los niveles de calcio en el suero, pero el nivel de calcio fue afectado por la época del año. Como se indica en el Cuadro 21, el nivel de calcio en el suero fue mayor a comienzos de la estación de lluvias, en comparación con las otras épocas (P< 0,01). La suplementación completa aumentó el nivel de magnesio en el suero (P<0,01) en la estación seca (Cuadro 22), a pesar de que el suplemento completo de minerales no incluía magnesio. Los suplementos de urea-melaza-azufre también aumentaron los niveles de magnesio en el suero (P<0,01). El nivel de cobre en el suero (Cuadro 23) aumentó debido al suministro de un suplemento completo de minerales (P<0,01) durante la época lluviosa, pero no fue asi en la estación seca, en la cual el valor fue menor en comparación con el de la época de lluvias. El nivel de zinc en el suero (Cuadro 24) se vió afectado por la época del año y por el estado fisiológico de las vacas. Las vacas secas presentaron un mayor nivel de zinc en el suero (109,9µg por ciento) en comparación con las vacas en lactancia (101,9 µg por ciento) (P<0,01).

COMPARACION DE LAS VACAS QUE PASTOREARON EN DIFERENTES PRADERAS

Las praderas comparadas fueron las siguientes: a) nativa (hatos 4 y 5); b) combinación de pasto natural y pasto gordura (hatos 6 y 7) y c) pasto gordura (hatos 8 y 9). En los hatos 6 y 7, los cuales pastorearon la pradera nativa durante la estación seca y pasto gordura durante la estación de lluvias, el contenido de minerales en el suero fue, en términos generales, similar al de los hatos en las praderas correspondientes. Las vacas que

Cuadro 21. Niveles de calcio en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas, con suplementación de sal o una mezcla completa de minerales.

Tratamiento	Hato*	Fecha de la toma de las muestras		
		Abril 1975	Oct. 1975	Marzo 1976
		(mg %)		
Sal	2	9,80 (33)**	10,01 (32)	9,95 (33)
	3	10,67 (33)	9,39 (32)	9,01 (32)
Suplemento completo de minerales	4	10,32 (32)	9,43 (32)	9,11 (31)
	5	9,58 (30)	9,35 (32)	9,56 (32)
Promedio de todos los hatos		10,12y (128)***	9,55x (128)	9,41x (128)

* Los hatos 2 y 4 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio

*** Los promedios en la misma línea, seguidos por letras distintas (x,y,z) y los promedios en la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c), son significativamente diferentes ($P < 0,01$).

Cuadro 22. Niveles de magnesio en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas con suplementación de sal o una mezcla completa de minerales.

Tratamiento	Hato*	Fecha de la toma de las muestras		
		Abril 1975	Oct. 1975	Marzo. 1976
		(mg %)		
Sal	2	2,38 (33)**	2,17 (32)	2,37 (33)
	3	2,42 (33)	2,25 (32)	2,61 (33)
Suplemento completo de minerales	4	2,31 (32)	2,26 (32)	2,71 (31)
	5	2,32 (30)	2,07 (32)	2,73 (32)
Promedio de los hatos 2 y 3		2,40ay (66)***	2,21ax (64)	2,49ay (65)
Promedio de los hatos 4 y 5		2,31ay (62)	2,17ax (64)	2,72by (63)

* Los hatos 2 y 4 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca
** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio
*** Los promedios en la misma línea, seguidos por letras distintas (x,y,z) y los promedios en la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c), son significativamente diferentes (P<0,01).

pastorearon praderas de pasto gordura presentaron niveles de P en el suero sanguíneo mayores que los de las vacas que pastorearon praderas nativas, con excepción de los valores determinados en el muestreo realizado en octubre (Cuadro 25). Los altos niveles de fósforo en el suero, determinados en junio, son un indicativo de que el pasto gordura puede mantener el nivel de fósforo durante el período de rápido aumento de peso, a comienzos de la época lluviosa.

La suplementación de urea-melaza-azufre aumentó los niveles de fósforo en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon pastos naturales, pero disminuyó el nivel en las vacas que pastorearon pasto gordura (P<0,01). Nuevamente, se observó el efecto del estado fisiológico de los animales en

Cuadro 23. Niveles de cobre en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas, con suplementación de sal y una mezcla completa de minerales.

Tratamiento	Hato*	Fecha de la toma de las muestras	
		Oct. 1975	Marzo. 1976
		(µg %)	
Sal	2	80,3 (31)**	68,1 (33)
	3	84,4 (32)	61,1 (32)
Suplemento completo de minerales	4	86,7 (32)	58,8 (31)
	5	113,0 (32)	59,6 (32)
Promedio de los hatos 2 y 3		82,4ay (63)***	64,7ax (65)
Promedio de los hatos 4 y 5		99,8by (64)	59,2ax (63)

* Los hatos 2 y 4 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca
** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio
*** Los promedios en la misma línea seguidos por letras distintas (x,y,z), y los promedio en la misma columna, seguidos por letras distintas (a,b,c), son significativamente diferentes (P<0,01)

Cuadro 24. Niveles de zinc en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas, con suplementación de sal o una mezcla completa de minerales.

Tratamiento	Hato*	Fecha de la toma de las muestras: Oct. 1975 (µg %)	Marzo. 1976 (µg %)
Sal	2	100,9 (30)**	112,1 (33)
	3	98,4 (31)	113,2 (32)
Suplemento completo de minerales	4	102,7 (32)	124,8 (31)
	5	95,1 (32)	107,2 (32)
Promedio de todos los hatos		99,2x (125)***	114.2y (128)

* Los hatos 2 y 4 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio

*** Los promedios en la misma línea, seguidos por letras distintas (x,y,z), y los promedios en la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c), son significativamente diferentes (P<0,01)

este ensayo comparativo. Al igual que en el primer ensayo comparativo, los niveles de calcio en el suero menores (P<0,01), durante la estación seca (Cuadro 26). Las vacas que pastorearon pasto gordura tendieron a presentar altos niveles de calcio en el sueron (P<0,05), pero, menores niveles de magnesio (P<0,01). Los datos del Cuadro 27 también indican que la suplementación de urea-melaza-azufre disminuye los niveles de magnesio en el suero de vacas que pastorearon en pasto gordura (P<0,05). En la época de lluvias, las vacas que pastorearon la pradera nativa durante todo el año, presentaron niveles más altos de cobre en el suero que las de los otros hatos a pesar de que, en todos los tratamientos, el nivel de cobre en el suero

Cuadro 25. Niveles de fósforo inorgánico en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en pradera nativa, nativa más pasto gordura y pasto gordura.

Pradera	Hato	Fecha de la toma de las muestras: Abril 1975 (mg%)	Junio 1975 (mg%)	Oct. 1975 (mg%)	Marzo 1976 (mg%)
Nativa	4	5,13 (32)**	4,96 (32)	5,98 (31)	6,48 (31)
	5	4,77 (32)	4,00 (33)	5,83 (31)	5,81 (32)
Nativa + pasto gordura	6	5,18 (35)	4,72 (33)	5,37 (34)	5,66 (35)
	7	4,93 (34)	4,37 (35)	4,98 (35)	6,15 (35)
Pasto gordura	8	5,44 (35)	6,20 (33)	5,47 (33)	7,66 (35)
	9	5,67 (33)	5,60 (32)	5,29 (33)	5,94 (32)
Promedio de los hatos 4 y 5		4,95ay (64)***	4,44ax (65)	5,91bz (62)	6,14az (63)
Promedio de los hatos 6 y 7		5,06axy(69)	4,54ax (68)	5,17ay (69)	5,91az (70)
Promedio de los hatos 8 y 9		5,55bx (68)	5,90by (65)	5,38ax (66)	6,84bz (67)

*En el período de las muestras correspondientes a octubre 1975, los hatos 6 y 7 pastoreaban en praderas de pasto gordura y en los otros períodos en praderas nativas. Los hatos 4, 7 y 9 recibieron un suplemento de urea-azufre durante la estación seca

**Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio.

***Los promedios de la misma línea seguidos por letras distintas (x,y,7) y los promedios de la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c) son significativamente diferentes (P<0,01)

Cuadro 26. Niveles de calcio en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas, nativa más pasto gordura, y pasto gordura.

Pradera	Hato*	Fecha de la toma de las muestras: Abril 1975	Oct. 1975 (mg %)	Marzo 1976
Nativa	4	10,38 (32)**	9,43 (32)	9,11 (31)
	5	9,38 (30)	9,35 (32)	9,56 (32)
Nativa + pasto gordura	6	10,33 (35)	10,42 (34)	9,50 (35)
	7	9,88 (33)	9,82 (35)	9,73 (35)
Pasto gordura	8	10,50 (35)	10,01 (34)	9,19 (32)
	9	9,97 (33)	9,80 (32)	9,62 (32)
Promedio de todos los hatos		10,12c (198)***	9,81b (199)	9,46a (197)

* En el período de toma de las muestras correspondientes a octubre 1975, los hatos 6 y 7 pastoreaban en praderas de pasto gordura y en los otros períodos, en praderas nativas. Los hatos 4, 7 y 9 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio

*** Los promedios de la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c) son significativamente diferentes (P 0,01)

fue más alto en la época lluviosa que en la seca (Cuadro 28). Los niveles de zinc en el suero de las vacas que pastorearon en praderas nativas fueron más altos en la época seca (P<0,01), al igual que en el experimento comparativo anterior (Cuadro 29). El pastoreo en praderas de pasto gordura no ejerció efecto alguno sobre el nivel de zinc en el suero. Las vacas secas presentaron 110,5 µg por ciento de zinc en el suero, valor que fue más alto al de las vacas en lactancia (103,6 µg por ciento) (P<0,01).

A finales del año, se inició un análisis más detallado de los componentes

Cuadro 27. Niveles de magnesio en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativas, nativas más pasto gordura, y pasto gordura.

Pradera	Hato*	Fecha de la toma de las muestras: Abril 1975	Oct. 1975 (mg %)	Marzo 1976
Nativa	4	2,31 (32)**	2,26 (32)	2,71 (31)
	5	2,32 (30)	2,07 (32)	2,73 (32)
Nativa+ pasto gordura	6	2,32 (35)	1,98 (34)	2,29 (35)
	7	2,21 (33)	2,10 (35)	2,52 (35)
Pasto gordura	8	1,94 (35)	2,16 (34)	2,26 (32)
	9	2,13 (33)	1,76 (32)	2,10 (32)
Promedio de los hatos 4 y 5		2,31by (62)***	2,17bx (64)	2,72cz (63)
Promedio de los hatos 6 y 7		2,28by (68)	2,04ax (69)	2,41bz (70)
Promedio de los hatos 8 y 9		2,03bx (68)	1,97ax (66)	2,18az (64)

* En el período de toma de las muestras correspondientes a octubre 1975, los hatos 6 y 7 pastoreaban en praderas de pasto gordura y en los otros períodos, en praderas nativas. Los hatos 4, 7 y 9 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio

*** Los promedios de la misma línea seguidos por letras distintas (x,y,z) y los de la misma columna seguidos por letras distintas (a,b,c) son significativamente diferentes (P<0,10).

Cuadro 28. Niveles de cobre en el suero de vacas que pastorearon en pradera nativa, nativa más pasto gordura y pasto gordura.

Pradera	Hato*	Fecha de la toma de las muestras: Oct. 1975 (µg %)		Marzo 1976 (µg %)	
Nativa	4	86,7	(32)	58,8	(31)
	5	113,0	(32)	59,6	(32)
Nativa + pasto gordura	6	87,7	(34)	62,7	(34)
	7	83,8	(34)	63,8	(35)
Pasto gordura	8	86,6	(34)	75,7	(32)
	9	87,7	(31)	66,9	(32)
Promedio de los hatos 4 y 5		99,8by	(64)	59,2ax	(63)
Promedio de los hatos 6 y 7		95,8ay	(68)	63,2ax	(69)
Promedio de los hatos 8 y 9		87,1ay	(65)	66,3ax	(64)

* En el período de toma de las muestras correspondientes a octubre 1975, los hatos 6 y 7 pastoreaban en praderas de pasto gordura y en los otros períodos, en praderas nativas. Los hatos 4, 7 y 9 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca.

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio.

*** Los promedios de la misma línea seguidos por letras distintas (x y y) y los de la misma columna seguidos por letras distintas (a y b) son significativamente diferentes (P<0,01).

sanguíneos mediante la utilización de la prueba del perfil metabólico, el cual ayudará en la interpretación de los datos de comportamiento de la producción, relacionando el estado metabólico de la vaca con su comportamiento, medido en términos de producción. En la sección de Salud Animal de este informe se presentan más detalles de esta investigación.

PROYECTO DE DESTETE PRECOZ EN EL CIAT

En un ensayo de destete precoz, iniciado en 1975 en tres ganaderías privadas de los Llanos Orientales de Colombia, se registró un aumento promedio en la tasa de preñez de las vacas (cuatro meses después del destete) de 600 por ciento, cuando sus terneros se destetaron a los 90 días del parto, en comparación con las vacas que aún lactaban a sus terneros. Los terneros destetados precozmente se trajeron a la sede del CIAT en marzo de 1975, en donde se les asignó uno de cuatro regímenes alimenticios (Cuadro 30) durante 55 días (Período 1). Pasado el Período 1, se les permitió a todos los terneros pastorear en praderas de pasto pará (*Brachiaria mutica*) (Período 2), hasta que cumplieron 18 meses de edad (Cuadro 30 y Figura 27). Como se indicó el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1975), durante el Período 1 de este experimento, los terneros que recibieron concentrado obtuvieron ganancias de peso en forma más rápida (P<0,01) que los terneros sin concentrado.

En el Período 2 de este experimento, todos los grupos que no recibieron concentrado con anterioridad, incrementaron su promedio de aumentos de peso diario (PAD). A pesar de que en el Período 2 el PAD fue similar en todos los grupos, el mejoramiento de manejo más significativo, en comparación con el Período 1, se observó en los grupos a los que se les suministró previamente *Stylosanthes*

Cuadro 29. Niveles de zinc en el suero sanguíneo de vacas que pastorearon en praderas nativa, nativa más pasto gordura, y pasto gordura.

Pradera	Hato*	Fecha de la toma de las muestras: Octubre 1975 (µg %)		Marzo 1976 (µg %)	
Nativa	4	102,7	(32)	124,8	(31)
	5	95,1	(32)	107,2	(32)
Nativa + Pasto gordura	6	108,6	(34)	105,7	(34)
	7	100,7	(32)	104,2	(35)
Pato gordura	8	124,8	(25)	112,9	(32)
	9	99,5	(31)	103,1	(32)
Promedio de los hatos 4 y 5		98,0a	(64)***	115,8b	(63)
Promedio de los hatos 6 y 7		104,8a	(66)	105,0a	(69)
Promedio de los hatos 8 y 9		110,8a	(56)	108,0a	(64)

* En el período de toma de las muestras correspondiente a octubre 1975, los hatos 6 y 7 pastoreaban en praderas de pasto gordura y en los otros períodos, en praderas nativas. Los hatos 4 y 9 recibieron un suplemento de urea-melaza-azufre durante la estación seca.

** Las cifras entre paréntesis corresponden al número de observaciones con las cuales se calculó el promedio.

*** Los promedios de la misma línea seguidos por letras distintas (a y b) son significativamente diferentes (P<0,01).

Cuadro 30. El efecto del forraje y del concentrado sobre el crecimiento de terneros destetados precozmente desde los 4 hasta los 18 meses de edad.

Forraje	Aumentos de pesos (kg)					
	Concentrado					
	Ninguno		750 g/cabeza/día (período)*		Promedio	
	Aumento de peso	Aumento diario (promedio)	Aumento de peso	Aumento diario (promedio)	Aumento diario	Aumento diario (promedio)
Gramínea (pradera)						
Cynodon nlemfuensis (estrella)						
Período 1	21,7	0,394ab**	27,6	0,502c	24,6	0,448a
Período 2	147,7	0,339	152,0	0,411	149,8	0,405
					174,4	0,410
Brachiaria mutica (pará)						
Período 1	11,7	0,200a	16,7	0,304	13,8	0,252
Período 2	141,0	0,381	126,3	0,341	133,6	0,361
					147,4	0,347
Leguminosa (suministrada en el establo)						
Desmodium distortum						
Período 1	19,0	0,345ab	27,7	0,504c	23,4	0,424a
Período 2	143,0	0,386	142,3	0,384	142,6	0,386
					166,0	0,390
Stylosanthes guyanensis						
Período 1	8,7	0,158	17,0	0,309	12,8	0,233
Período 2	137,0	0,370	147,0	0,397	142,0	0,384
					154,8	0,364
Promedio						
Período 1	15,1	0,274	22,2	0,404		
Período 2	142,0	0,384	141,8	0,383		

* Período 1 = 55 días (del cuarto al sexto mes de vida del ternero). Período 2 = 370 días (del sexto al décimo octavo mes de vida del ternero); todos los terneros pastorearon en praderas de pasto pará

** Las cifras de las columnas seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes ($P \leq 0.01$)

guyanensis y pasto pará, los cuales presentaron aumentos de peso 134 y 90,5 por ciento más rápidos, respectivamente, durante el Período 2 en comparación con el Período 1. Es necesario anotar que el Stylosanthes se picó finamente antes de suministrarlo a los terneros, lo cual evitó el consumo selectivo y explica en parte el mal comportamiento, en términos de producción, de los terneros que recibieron esta dieta.

Los grupos que recibieron concentrado en el Período 1 obtuvieron aumentos

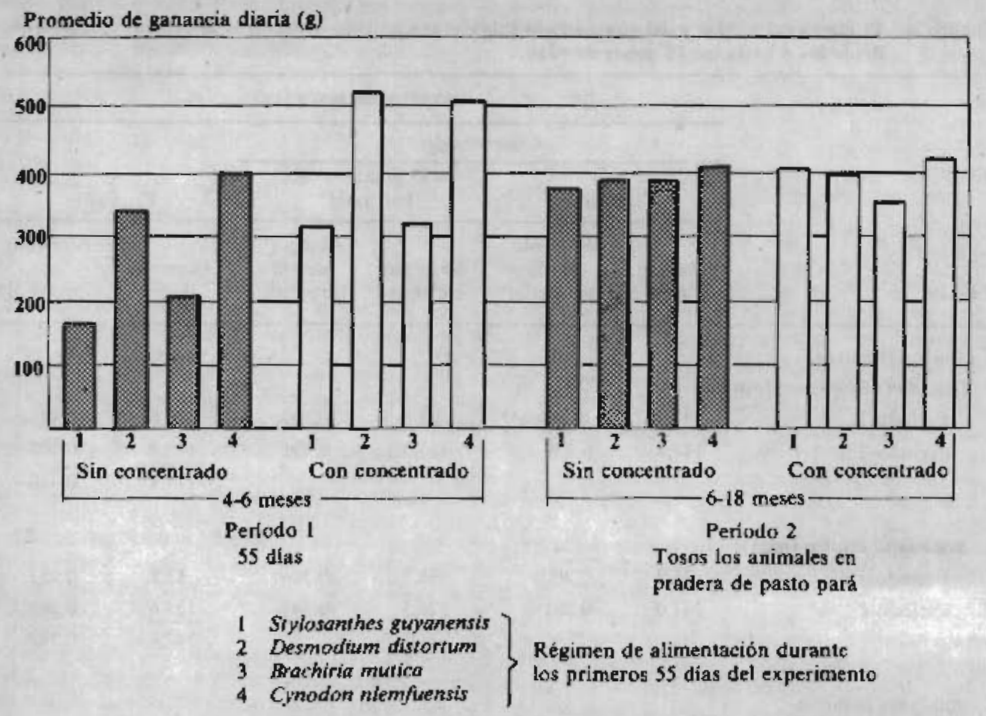


Figura 27. Efecto del tipo de forraje (con y sin concentrado) sobre el crecimiento y desarrollo de terneros destetados a temprana edad, de los 4 a los 18 meses de edad.

diarios de peso más rápidamente (promedio de 47,4 por ciento) en comparación con los que no recibieron concentrado (274 versus 404 g/día para los grupos sin concentrado y con concentrado, respectivamente). Los dos grupos que obtuvieron los aumentos de peso más rápidos, en el régimen alimenticio con concentrado en terneros que pastorearon pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) o se les suministró *Desmodium distortum*, obtuvieron ganancias de peso a una tasa más baja cuando se les permitió pastorear en praderas de pasto pará, en tanto que los dos grupos de crecimiento más lento con concentrados, obtuvieron aumentos más rápidos durante el Período 2, cuando no se les suministró concentrado.

Con base en los datos de aumentos de peso (Cuadro 31) se pone de manifiesto el hecho de que el pasto estrella, utilizado en este experimento, proporcionó el mejor forraje. Inicialmente, los animales que pastorearon en pasto estrella obtuvieron aumentos de 8,6 por ciento más altos que el promedio del experimento, en tanto que los animales que inicialmente pastorearon en pasto pará obtuvieron aumentos 8,9 por ciento más bajos que el promedio. En virtud de una diferencia de 92,2 por ciento entre los mayores y menores aumentos en el Período 1, y una diferencia de sólo 12,1 por ciento en el Período 2, pareciera que el régimen alimenticio, durante los primeros dos meses, fue más determinante sobre la diferencia en el peso final que el régimen alimenticio durante el Período 2.

En virtud de que al final del experimento aún existe la diferencia de peso entre los grupos, ocasionada por el régimen alimenticio del Período 1, el retraso del crecimiento —debido al régimen alimenticio durante los primeros meses de vida del ternero— no será balanceado por el crecimiento com-

pensatorio logrado en praderas de pasto pará a los 18 meses de edad.

No fue posible comparar el peso final (18 meses) de estos animales con el de sus compañeros destetados normalmente en las ganaderías privadas de donde se trajeron; sin embargo, sus pesos a los 18 meses de edad son tan aceptables como los de los animales de la misma edad en el Experimento 1 sobre Sistemas de Hatos en Carimagua. Son necesarios futuros estudios sobre proyectos de destete precoz para establecer un régimen de manejo de las praderas y de los animales, que se pueda adaptar a un programa en regiones en las cuales se requiere el destete precoz para mejorar la reproducción, aliviando así las vacas del estrés ocasionado por la lactancia.

EVALUACION DE FORRAJES CULTIVADOS INTENSIVAMENTE

Ocasionalmente, en algunas partes del trópico se suministra a los rumiantes las partes aéreas de la planta de yuca que quedan en el campo después de cosechar las raíces. Los resultados obtenidos en un ensayo realizado en 1973 (Informe Anual del CIAT, 1973) demostraron que es posible producir grandes cantidades de materia seca (20 ton/ha/año) y proteína (4 ton/ha/año) cuando la yuca se siembra especialmente para producir forraje.

El análisis de la parte aérea de la planta (Cuadro 32) muestra que las hojas tienen un alto contenido de proteína (28 por ciento) y que la totalidad de la planta contiene aproximadamente 20 por ciento de proteína cuando se corta a intervalos de 90 días. Las hojas de alta calidad constituyen más de la mitad del peso de la planta; este hecho aumenta el potencial que tiene la yuca como cultivo forrajero.

Con el fin de evaluar la calidad del forraje de yuca en dietas para rumiantes, se inició un ensayo con 24 novillos de raza Cebú a los cuales se asignó al azar uno de los tres tratamientos que se describen en el Cuadro 33. Todos los forrajes suministrados a los novillos se cortaron y picaron frescos diariamente y se les brindó a voluntad, permitiendo un rechazo de aproximadamente el 10 por ciento. La caña de azúcar (planta entera) se cosechó en un patrón de rotación, de manera que la caña siempre tenía aproximadamente un año de edad. Todos los animales se alimentaron individualmente; cada tratamiento tuvo ocho replicaciones.

Los cangres de yuca se sembraron en caballones (1,2 metros de ancho) con un

Cuadro 31. Efecto del régimen de praderas durante los primeros 2 meses después del destete y hasta los 18 meses de edad sobre el comportamiento de los animales, medido en términos de producción *

	Pradera durante los primeros 55 días				
	Cynodon nlemfuensis	*Desmodium distortum*	*Stylosanthes guyanensis*	*Brachiaria mutica*	Promedio
No. de animales	6	6	6	6	
Peso inicial (kg) (4 meses)	59,6	66,2	67,5	61,6	63,7
Peso al destete (kg) (9 meses)	146,7	151,7	120,7	128,0	136,8
Peso final (kg) (18 meses)	234,0	232,2	222,3	209,0	224,4
Aumento de peso (kg)	174,4	166,0	154,8	147,4	160,6
Cambio del peso promedio para el experimento (%)	+8,6	+3,4	-3,7	-8,9	

* Todos los grupos pastoreados en praderas con pasto pará, entre los 6 y los 18 meses de edad.

Cuadro 32. **Análisis aproximado del forraje de yuca cortado a los 90 días. CIAT, Palmira, 1976**

	Parte de la planta (%)		
	Hoja	Pecíolo	Tallo
Porcentaje de la planta total	52,0	15,0	33,0
Contenido de materia seca	29,0	18,0	15,0
Nitrógeno	4,38	1,65	1,76
Proteína (N x 6,25)	28,0	11,3	11,0
Extracto etéreo	15,3	14,3	13,0
Fibra cruda	9,0	21,9	25,2
Cenizas	8,1	8,5	7,8

espaciamiento entre planta y entre hileras de 0,3 metros, lo cual dio aproximadamente 100.000 plantas/ha. El forraje se cortó cada 90 días a 20 centímetros de la superficie del suelo. Se hicieron siete cortes, durante un período de 18 meses, antes de que el rebrote se redujera sustancialmente. La gramínea *Desmodium distortum* se sembró en hileras espaciadas a 60 centímetros y se cortó cada 60 días. La producción se redujo marcadamente después del tercer corte debido a que la floración se presentó poco tiempo después de cada corte sucesivo.

El promedio de aumento diario, la eficiencia alimenticia y el consumo de materia seca no fueron afectados significativamente por las diferentes fuentes de proteína (Cuadro 33). Debido a un inesperado bajo consumo de yuca y de *D. distortum*, los animales del grupo 1 consumieron cantidades significativamente mayores de proteína/cabeza/día. En virtud de que el comportamiento

Cuadro 33. **Comportamiento, en términos de producción, de novillos de 18 meses de edad alimentados con 3 fuentes diferentes de proteínas, más caña de azúcar recién picada, durante 112 días*.**

Parametros	Tratamientos		
	Caña + 1,6 kg de torta de algodón	Caña + forraje de yuca	Caña + *D. distortum*
No. de animales	8	8	8
Peso inicial (kg)	230	241	241
Peso final (kg)	303	311	306
Promedio de aumento diario de peso, (kg)	0,657	0,621	0,584
Promedio de consumo diario de caña (kg)	3,67	4,03	3,31**
Promedio total de consumo diario (kg)	5,29	5,55	5,25
Eficiencia alimenticia	8,00	8,90	9,00
Kg de proteína/kg de aumento de peso	1,13	0,74	0,74
Proteína en el suplemento (%)	46,0	22,1	16,8
Proteína en la dieta (%)	14,0***	8,0	8,2

* Los datos sobre alimentos se presentan en base a materia seca
** Significativamente ($P<0,05$) menor que el tratamiento 2
*** Significativamente ($P<0,01$) mayor que los tratamientos 2 3.

animal (medido en términos de producción) no fue diferente entre los grupos; pareciera que los animales del grupo 1 consumieran una cantidad excesiva de proteína la cual fue utilizada ineficientemente. Los grupos 2 y 3 recibieron aproximadamente la misma cantidad de proteínas; sin embargo, el grupo 2 consumió una cantidad de caña de azúcar significativamente mayor, lo cual se reflejó en aumentos ligeramente mayores. Debido al menor consumo de proteínas, los grupos 2 y 3 fueron un 51,7 por ciento más eficientes en la conversión de la proteína en ganancias de peso.

Durante el ensayo se cosecharon aproximadamente 0,28 hectáreas de caña madura (13.250 kilogramos de materia seca), la cual proporcionó la mayor parte de la energía para el aumento de peso de 1.664 kilogramos. Al extrapolar estos datos a cifras anuales, la producción de caña sería de 47.321 kg/ha de materia seca, los cuales proporcionarían la suficiente energía para obtener un aumento de peso de 5.423 kilogramos. En consecuencia, una hectárea de caña de azúcar bien administrada, la cual puede proporcionar el 70 por ciento de los requerimientos de materia seca, sería suficiente para alimentar aproximadamente 30 novillos para levante y engorde, bajo las condiciones de una zona cañera.

Los resultados obtenidos en este ensayo demuestran que el forraje fresco de yuca se puede suministrar favorablemente a los rumiantes y puede competir con otras fuentes de proteína vegetal. No se observaron signos de toxicidad de HCN u otros efectos adversos al suministrar a los animales yuca fresca recién cortada.

Las futuras investigaciones en esta área se deben orientar hacia la determinación de la calidad del forraje de yuca y su utilización eficiente, en diversas etapas del sistema de producción de ganado de carne.

SALUD ANIMAL

INTRODUCCION

El Grupo de Salud Animal está conformado por la Unidad de Patología Animal y la Unidad de Microbiología Animal, las cuales tienen como objetivo el desarrollo de programas de medicina preventiva para el ganado de carne, con énfasis en la interacción compleja entre las enfermedades y la nutrición. Con base en lo anterior, se continuaron los estudios sobre epidemiología de la tripanosomiasis y leptospirosis, y sobre los aspectos económicos de las enfermedades del ganado de carne.

Con el fin de complementar estos trabajos, se iniciaron estudios sobre los perfiles metabólicos del ganado Cebú. Este estudio está contribuyendo al conocimiento del complejo patológico-nutricional denominado "secadera"

TRIPANOSOMIASIS
(*TRYPANOSOMA VIVAX, T. EVANSI*)

Algunos trabajos de tesis, realizados por estudiantes, dieron resultados de gran importancia; estas investigaciones se extenderán otro año con la colaboración del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Centro Internacional de Medicina (ICM), la Universidad de Antioquia y el London School of Hygiene and Tropical Medicine.

La especie *T. vivax* es un agente patógeno importante transmitido por la mosca tsetse bajo las condiciones del continente africano. Durante este siglo

también se ha comprobado, en varias ocasiones, su presencia en todos los países latinoamericanos del litoral Atlántico, entre Panamá y la desembocadura del río Amazonas, en Brasil. También se ha constatado su presencia en las dos islas de las Indias Occidentales, en el mar Caribe: Guadalupe y Martinica. Sin embargo, las referencias que se encuentran en la literatura no guardan conexión; además, la ausencia de un medio serológico para su diagnóstico ha retardado las investigaciones en diversas áreas básicas como son: la confirmación de que el tripanosoma es idéntico a la especie *T. vivax* transmitida por la mosca tsetse de Africa; la determinación de la verdadera distribución geográfica de la infección en América; la definición de la prevalencia e incidencia dentro de su distribución geográfica; la identificación de las formas de transmisión en América, en ausencia de la mosca tsetse; la investigación de la posibilidad de un ciclo selvático de transmisión, y la estimación de la importancia económica de la infección.

En 1973, un becario de la Unidad de Patología Animal del CIAT estableció una prueba indirecta de anticuerpos fluorescentes PIAF para confirmar la presencia del parásito. Durante 1976, otro estudiante hizo algunas modificaciones a esta técnica y aplicó dicha prueba a las condiciones del Valle del Cauca en Colombia, en donde se presentan casos clínicos asociados con los tripanosomas. Se concluyó que la infección es endémica en la totalidad del Valle, hecho que anteriormente no se conocía. No se determinó cuál es el medio de transmisión pero se establecieron las características del vector. Se demostró que los aspectos clínicos de la enfermedad tienen un importante impacto económico para los ganaderos individuales. Se observaron condiciones similares a las que se presentan en Africa con la mosca tsetse. Sin embargo, existe bastante confusión en relación con el diagnóstico de la tripanosomiasis, anaplasmosis y babesiosis.

Estos resultados brindaron la base para realizar una amplia investigación. Se preparó un lisado a partir de un aislamiento colombiano el cual se envió al London School of Hygiene and Tropical Medicine para hacer el análisis de sus patrones enzimáticos y para compararlo con los aislamientos procedentes de Africa. Los resultados obtenidos de pruebas serológicas, realizadas en 197 fincas de ocho departamentos de Colombia, indicaron la posibilidad de que el tripanosoma sea endémico en todas las regiones tropicales de Colombia en donde existe la industria ganadera. También, se obtuvieron muestras de suero de Brasil, Ecuador, El Salvador y Paraguay, y se espera recibir muestras de Costa Rica, Panamá y Perú. Estas muestras se utilizarán para investigar la posibilidad de una distribución geográfica más amplia de la que ya se conoce hasta el momento. Sin embargo, la interpretación de estos resultados requiere su confirmación mediante la prueba PIAF bajo condiciones de campo. Se comprobó que no hay posibilidad de fluorescencia cruzada que confunda la presencia de anaplasmosis, babesiosis o de *T. evansi*, pero, *T. theileri* y toxoplasmosis deben llegar hasta su comprobación final como causas potenciales de diagnóstico errado. La utilización de esta prueba, bajo las condiciones de Colombia, pareciera ser confiable para el diagnóstico de *T. vivax* a nivel de hato.

El Centro Internacional de Medicina de Cali está colaborando en la búsqueda de un vector y en la preparación de una lista de artrópodos que atacan al ganado en fincas en las cuales ocurre la transmisión de esta enfermedad.

Aun cuando *T. evansi* no es un patógeno importante para el ganado en América del Sur, las epidemias de la enfermedad en equinos puede obstaculizar severamente el manejo del ganado bovino en las fincas. Se consideraba anteriormente que la epidemiología de la infección sólo incluía animales domésticos. Las evidencias

obtenidas en 1975 indican que la capibara o chiguiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*) es un roedor salvaje de los Llanos de Colombia que aloja a los tripanosomas. En 1976, un becario del CIAT demostró que, mediante el uso de una técnica de reproducción asexual y una prueba de aglutinación en tarjeta, los aislamientos obtenidos de perros, caballos y capibaras en la misma localidad, eran antihigiénicamente similares.

LEPTOSPIROSIS

Algunos trabajos hechos anteriormente (Informe Anual del CIAT, 1975) mostraron que el 63,5 por ciento de los animales en los Llanos Orientales de Colombia presentaban reacciones serológicas positivas a diversas especies de Leptospira. Los tipos más prevalentes fueron *L. hardjo* y *L. sejroe; L. hardjo* produjo un mayor número de reacciones fuertes (1:400 o más).

Con el fin de ampliar estos estudios se seleccionó un hato de una de las fincas que estaba bajo observación, debido a sus elevadas tasas de aborto y a la alta prevalencia de la leptospirosis. El hato está formado por 100 vacas reproductoras y siete toros que pastorean en 400 hectáreas de sabana nativa, con suplemento de sal y harina de hueso. La finca está situada a 65 kilómetros de Puerto López, en la carretera que conduce a Puerto Gaitán, en el departamento del Meta.

El principal objetivo de este estudio fue el de obtener más conocimientos acerca de la patogénesis, epidemiología y efecto sobre la productividad de varios tipos de Leptospira y a la vez, desarrollar un método práctico de medicina preventiva.

En la prueba inicial para comprobar infecciones de Leptospira se encontró un 70,5 por ciento de reactores de uno o más serotipos. El suero se examinó para comprobar la presencia de 15 serotipos diferentes que se presentan en el ganado; las especies más prevalentes fueron *L. hardjo* y *L. sejroe*. Las mayores titulaciones (reacciones más fuertes) fueron de *L. hardjo*. Se hicieron dos muestreos adicionales de suero y se examinaron mediante la prueba de aglutinación al microscopio (PAM), con cepas estándar obtenidas en el Centro Panamericano de Zoonosis, de Buenos Aires. El Cuadro 34 presenta el número de

Cuadro 34. Vacas del hato experimental en los Llanos, que registraron abortos durante un período de 10 meses, y sus titulaciones a *Leptospira hardjo*.

Vacas (no.)	Abortos (no.)	Titulación a *L. hardjo*
1	1	200
2	1	800
3	2	100
4	1	50
5	2	50
6	2	50
7	1	0*
8	1	50
9	2	1.600
10	2	100
11	2	100
12	1	400
13	1	100
14	1	100
15	1	50
16	1	400
17	1	200
18	1	0*
19	2	200
20	1	200
21	1	1.600
22	1	200
23	1	1.600
24	1	0*
25	1	100
26	2	400
27	1	800
28	1	100
29	1	0*
30	1	800

* Cuatro vacas en las cuales no se encontraron anticuerpos en la sangre.

animales de este hato con reacciones a *L. hardjo* en comparación con el número de abortos constatados en cada animal. Los anticuerpos de *L. hardjo* se utilizan como indicadores para rastrear* a patogénesis de la infección, en virtud de que este serotipo se cita en la literatura como el más patogénico para el ganado, en regiones del mundo similares a los Llanos Orientales de Colombia.

Se hizo la necropsia a seis animales con altas titulaciones serológicas (1:800) de *L. hardjo*. Todos los animales presentaron lesiones visibles en los riñones, caracterizadas por áreas necróticas en el cortex, y en los lóbulos atrofiados de los riñones. Cuando se observaron en el microscopio, las lesiones mostraron una nefritis crónica intersticial compatible con la leptospirosis. Se aisló una cepa de **Leptospira** de estas vacas y la bacteria aislada está en proceso de clasificación y tipificación.

Las pruebas de funcionamiento del riñón pueden proporcionar un medio para determinar la evolución de la enfermedad. Se utilizaron cuatro pruebas clínico-patológicas. Ocho vacas del hato de ensayo, las cuales presentaron altas titulaciones de **Leptospira**, fueron sometidas a prueba para determinar la gravedad específica y pH de la orina, y nivel de creatinina en el suero sanguíneo. Los resultados se compararon con los obtenidos en vacas con bajas titulaciones. Los promedios que se presentan en el Cuadro 35 muestran una menor gravedad específica en las vacas infectadas. En este caso, el rinón no puede concentrar la orina suficientemente, y en consecuencia, la gravedad específica se reduce. El nivel de creatinina es otro parámetro que también se utiliza para medir el funcionamiento de los riñones; aumenta, cuando se deteriora el funcionamiento del riñón. La determinación del nivel de creatinina en el suero sanguíneo parece ser una prueba confiable de diagnóstico, debido a que no se afecta por el catabolismo de la proteína de la dieta o por el ejercicio. El grupo de animales con altas titulaciones de **Leptospira**, presentó valores ligeramente altos de creatinina en el suero.

A pesar de que el hato está activamente infectado con **Leptospira** (21 animales presentan titulaciones de *L. hardjo* de 1:400 o más), no todos los animales con titulaciones dignificativas presentaron abortos en los últimos 10 meses (Cuadro 34). Es más, se registraron abortos en vacas que no tienen anticuerpos de **Leptospira** que se puedan comprobar. Esto podría significar que los animales infectados con **Leptospira** no siempre abortan y que también se presentan en el hato abortos

* Se ha dado a la palabra "rastrear" un significado equivalente a "trace" o "monitor" en inglés. N. del E.

Cuadro 35. **Comparación de parámetros en el suero sanguíneo y orina, de vacas del hato experimental en los Llanos, con diferentes titulaciones de Leptospira.**

	Vacas (no.)	Promedio de titulaciones de *L. hardjo*	Orina*		Creatinina en el suero sanguíneo**
			Gravedad específica	pH	
Animales con altas titulaciones	8	800	1.008	6,28	2,36
Animales con bajas titulaciones	8	50	1.019	6,42	2,00

* Promedio de 3 muestras (días consecutivos)

** Promedio de 2 muestras tomadas con 10 semanas de diferencia.

debido a otras causas desconocidas. Valdría la pena investigar la interacción existente entre la nutrición y las afecciones patológicas bajo tales circunstancias. Los perfiles metabólicos (los cuales se discuten más adelante en esta sección), pueden ser útiles para este propósito.

Sería útil conocer el patrón de transmisión de la leptospirosis para diseñar una medida de medicina preventiva para su control. Los roedores salvajes alojan, comunmente, organismos de Leptospira. Se capturaron 80 roedores salvajes en un bosque al cual tiene acceso el hato experimental de 100 vacas y se hicieron cuatro aislamientos de **Leptospira**, mediante cultivos de tejidos del riñón. Se hicieron tres aislamientos de **Leptospira**, encontrados en **Proechymis** sp. (rata espinosa), que se clasificaron como *L. australis** y uno en *Caluromys philander*, que se clasificó como *L. tarassovi*. El ganado de esta finca presenta reacciones serológicas significativas a *L. hardjo* y *L. sejroe*. En consecuencia, si los animales salvajes no son diseminadores o portadores de las mismas especies de **Leptospira** que afectan al ganado bajo las condiciones de las sabanas bajas, probablemente la bacteria se perpetúa a través del ganado portador. Esta hipótesis abre la posibilidad de controlar la diseminación de la infección mediante el tratamiento de los animales portadores. Además, si la leptospirosis es la causa principal de los abortos, la productividad se podría aumentar reduciendo la tasa de infección de la enfermedad. En este hato, se están ensayando dos medidas de medicina preventiva para su aplicación inmediata. A los animales del hato se les asignó uno de los siguientes grupos de tratamiento: a) un grupo de 35 vacas es tratado con antibióticos; b) un grupo de 35 vacas es vacunado con tipos específicos; y c) un grupo testigo de 30 vacas no recibió tratamiento.

El primer grupo se trató con estreptomicina para reducir la excreción de organismos de Leptospira a través de la orina de los animales portadores reduciendo asi el peligro de contagio; se aplicaron dos dosis con un intervalo de 12 semanas. La aplicación de la segunda dosis se programó para fines del año 1976.

El segundo grupo de animales se trató con una vacuna comercial que contiene los tipos *L. pomona, L. hardjo* y *L. grippotyphosa*. No existen vacunas comerciales que incluyan las especies de Leptospira que prevalecen en las sabanas tropicales.

El haber logrado aislar **Leptospira** del ganado afectado indica la posibilidad de producir infecciones experimentales y de adelantar un estudio más detallado sobre la patogénesis, patogenicidad y evolución de la enfermedad, bajo condiciones controladas.

FIEBRE AFTOSA

Aspectos económicos de su control

Se continuaron los estudios sobre el impacto económico de la fiebre aftosa en el ganado de carne. Se inició un proyecto en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), con el fin de obtener datos de campo confiables que se puedan utilizar para medir el impacto económico de la fiebre aftosa y los beneficios de la inversión en su control. La metodología desarrollada en colaboración con el grupo de Economía del CIAT, utilizará los datos colectados para dar orientación a las instituciones nacionales en planeación de futuras estrategias de control. Los datos se están colectando en una zona de la región de Urabá, departamento de Antioquia, Colombia; también, se diseñó una encuesta para una región del departamento de Córdoba (Sección de Economía en este capítulo).

* El Centro de Zoonosis de Buenos Aires confirmó estas clasificaciones.

PERFILES METABOLICOS Y EL COMPLEJO DENOMINADO "SECADERA"

En las sabanas de tierras bajas tropicales de América Latina, se están haciendo esfuerzos para aumentar la producción de carne con un costo mínimo. Sin embargo, algunas de las tecnologías mejoradas y de las nuevas prácticas de manejo ayudan a limitar aún más la producción, y pueden introducir factores "escondidos" que ponen en peligro la salud metabólica de los animales, agravando el efecto general de debilitamiento ocasionado por agentes nocivos que no siempre son de mucha importancia cuando la nutrición es adecuada. Se espera que el estudio de los perfiles metabólicos sea una herramienta valiosa para rastrear el estado de salud de los animales a nivel de hato, como también para predecir y diagnosticar la naturaleza de los problemas existentes.

Los perfiles metabólicos rastrean o determinan la eficiencia de la ración alimenticia para efectos de obtener una buena producción y se basan en la evaluación de parámetros clínicos sanguíneos. La esencia conceptual del método radica en el hecho de que el desequilibrio entre el consumo y la producción se refleja en concentraciones anormales de metabolitos claves en la sangre, lo cual conduce a un desequilibrio fisiológico y a una condición de enfermedad. La prueba del perfil metabólico (PPM)* utiliza los parámetros clínicos sanguíneos en un sistema analítico combinado, basado en la identificación de las anormalidades patológicas en las desviaciones estadísticas de la media de la población.

El Experimento 1 sobre Sistemas de Hatos que se llevó a cabo en Carimagua, brindó oportunidad para ensayar el método en ganado de carne. Bajo este concepto, la PPM se está utilizando en vacas reproductoras de raza Cebú para seguir el desarrollo de situaciones patológicos críticas que surgen de diversas prácticas de manejo y de suministro de insumos para producir carne.

Debido al diseño original del experimento, no fue posible medir simultáneamente los efectos de la suplementación mineral y de la calidad de la pradera sobre los perfiles metabólicos. Para superar esta dificultad y para los propósitos del análisis estadístico, los hatos se dividieron en dos grupos principales. El grupo 1 comprende cuatro hatos que pastorean en pastos naturales (identificados con los números 2, 3, 4, 5) con los cuales se midió el efecto de la suplementación mineral. El grupo 2 comprende seis hatos con suplementación mineral (4, 5, 6, 7, 8, 9) los cuales midieron el efecto de la calidad de la pradera. También se tomaron en cuenta los efectos del estado de lactancia entre y dentro de los grupos. El hato 1 tiene el sistema convencional de manejo y sirve como testigo negativo. El comportamiento del ganado bajo condiciones naturales medido en términos de la producción y la reproducción, se tomó —en el diseño original del Experimento 1 sobre Sistemas de Hatos— como base para medir el efecto de las prácticas mejoradas de manejo utilizadas en los otros hatos. Se está analizando el efecto del estado reproductivo de las vacas sobre los parámetros sanguíneos y sobre peso y los aumentos de peso. En el modelo de ensayo se incluyen cuatro estados reproductivos de las vacas: a) en lactancia y preñadas; b) secas y preñadas; c) en lactancia y sin preñar, y d) secas y sin preñar. En el capítulo sobre Biometría de este Informe Anual, se presentan más detalles del diseño experimental de los perfiles metabólicos en el Experimento 1 sobre Sistemas de Hatos.

Como ejemplo del mecanismo analítico del ensayo, se presentan en el Cuadro 36 los valores medios comparativos para los perfiles metabólicos, peso y aumento de peso, en diferentes praderas y bajo tratamiento con minerales. Los muestreos se hicieron en junio y agosto de 1976.

En ambos meses, el tipo de pradera

* Payne y otros. Compton (1970).

Cuadro 36. Valores medios comparativos de los perfiles metabólicos, peso y aumentos de peso bajo diferentes variables, independientes de la distribución del hato. Experimento I sobre sistemas de Hatos en Carimagua (junio-agosto, 1976).

				Parámetros sanguíneos													
Tratamiento	Hato	Mes 1976	No. de vacas	Hematocrito (%)	Glucosa (mg/100 ml)	Urea (mg/100 ml)	P (mg/100 ml)	Ca (mg/100 ml)	Mg (mg/100 ml)	Na (meq/litro)	K (meq/litro)	Proteína total (g/100 ml)	Albúmina (g/100 ml)	Globulina (g/100 ml)	Hemoglobina (g/100 ml)	Peso (kg)	Aumento de peso (kg)
Testigo	1	Junio	26	37,42	67,18	29,12	3,26	10,62	2,48	137,01	5,73	7,99	2,64	5,35	14,17	324,08	10,92
		Agosto	26	43,15	76,73	29,58	2,92	10,78	2,26	140,13	5,63	8,45	2,48	5,97	14,58	311,65	-12,42
Minerales (grupo 1)																	
Sal	2,3	Junio	63	34,16	93,11	36,51	3,93	10,34	2,14	150,63	6,34	7,40	2,66	4,74	14,53	322,03	19,35
		Agosto	63	42,35	77,37	28,33	2,08	10,57	2,16	137,66	5,61	8,14	2,60	5,54	15,59	311,62	-9,38
Sal + minerales	4,5	Junio	64	32,68	59,38	30,95	4,53	9,50	2,25	147,98	6,54	7,65	2,75	4,91	13,45	338,33	20,53
		Agosto	64	41,41	81,18	19,84	4,51	10,91	2,41	141,07	5,21	8,39	2,52	5,86	14,11	334,39	-2,25
Pradera (grupo 2)*																	
Pasto natural	4,5	Junio	64	32,68	59,38	30,95	4,53	9,50	2,25	147,98	6,54	7,65	2,75	4,91	13,45	338,33	20,53
		Agosto	64	41,41	81,18	19,84	4,51	10,91	2,41	141,07	5,21	8,39	2,52	5,86	14,11	334,39	-2,25
Pasto natural + pasto gordura	6,7	Junio	68	34,59	67,00	34,46	4,68	9,48	1,98	148,36	5,99	7,80	2,67	5,12	13,43	337,44	31,38
		Agosto	67	43,24	77,39	14,68	5,41	10,38	2,24	146,29	5,55	8,19	2,57	5,64	14,63	337,87	-0,25
Pasto gordura	8,9	Junio	61	32,13	48,79	29,40	6,34	9,64	1,76	151,71	6,05	6,96	2,46	4,45	13,33	312,36	23,44
		Agosto	61	42,95	68,03	12,63	5,55	11,15	2,38	141,06	5,42	8,00	2,41	5,59	14,47	308,15	-4,21
Suplementación (estación seca)**																	
Ninguna	3,5,6,8	Junio	126	32,89	64,96	34,07	4,66	9,69	2,09	149,93	6,42	7,48	2,66	4,82	13,61	321,73	19,00
		Agosto	126	42,03	73,24	17,73	4,16	10,53	2,35	136,91	5,39	8,01	2,50	5,50	14,42	312,76	-8,15
Urea + melaza	2,4,7,9	Junio	130	33,92	69,32	31,72	5,03	9,78	1,97	149,35	6,04	7,43	2,22	4,80	13,74	333,86	20,65
		Agosto	129	42,29	78,18	19,95	4,62	10,95	2,24	146,13	5,49	8,34	2,54	5,80	14,96	333,78	-19,10
Destete																	
Normal	2 - 9	Junio	219	33,36	67,29	33,12	4,86	9,72	2,03	150,25	6,27	7,43	2,63	4,79	13,67	324,55	24,41
		Agosto	217	42,38	76,39	19,30	4,42	10,75	2,30	141,83	5,47	8,18	2,54	5,63	14,68	321,58	-2,50
Precoz	2 - 9	Junio	37	33,78	66,54	31,46	4,82	9,85	2,05	145,73	5,98	7,64	2,66	4,97	13,73	347,68	20,30
		Agosto	38	43,18	74,42	16,35	4,38	10,73	2,28	140,34	5,33	8,23	2,43	5,80	14,83	332,82	-12,26

* DMS entre los valores medios a niveles de 0,01 y 0,05
** Desde diciembre, 1975 hasta marzo, 1976

afectó diversos parámetros sanguíneos. Se determinaron diferencias significativas en el hematocrito en los niveles de glucosa, urea, fósforo, albúmina y hemoglobina.

En junio, los valores medios de hematocrito, glucosa y urea fueron significativamente más altos en los hatos que pastorearon praderas de pastos naturales + pasto gordura (números 6, 7), en comparación con los que sólo pastorearon praderas nativas (4,5) ($P<0,01$) y pasto gordura (8,9) ($P<0,01$). En contraste, para el mismo mes, los valores medios de fósforo en el suero sanguíneo fueron superiores en los animales que pastorearon praderas de pasto gordura, en comparación con los que pastorearon pastos naturales + pasto gordura ($P<0,01$) y pasto natural sólo ($P<0,01$). Los niveles de albúmina para el mismo mes fueron más altos en los animales que pastorearon praderas de pastos naturales y pastos naturales + pasto gordura, en comparación con los que sólo pastorearon pasto gordura ($P<0,01$). En términos generales, este parámetro siguió la misma tendencia de la urea, con la cual se relaciona cercanamente en virtud de que ambos reflejan el consumo de proteínas.

En agosto, que es un mes muy seco en los Llanos, los niveles medios de urea y albúmina en el suero sanguíneo fueron significativamente más altos ($P<0,01$) en los hatos que pastorearon praderas de pastos naturales (4,5), en comparación con los de pasto gordura (8,9). Para el mismo mes, los valores de hematocrito y de hemoglobina fueron más altos ($P<0,01$ y $P<0,05$, respectivamente) en el ganado que pastoreó pastos naturales + pasto gordura (6,7), en comparación con los animales que sólo pastorearon praderas nativas. Los niveles medios de glucosa, los cuales posiblemente siguen la misma tendencia de la urea y albúmina, fueron más altos en los animales que pastorearon praderas nativas con pasto gordura, en comparación con el ganado que sólo pastoreó praderas de pasto gordura ($P<0,01$). Los niveles medios de fósforo en el suero sanguíneo, siguieron siendo más altos ($P<0,01$) en aquellos animales que pastorearon praderas de pasto gordura (8,9), en comparación con los de las praderas nativas.

El Cuadro 36 presenta el efecto de la suplementación mineral sobre los perfiles metabólicos de los hatos que pastorearon sabanas nativas. En junio, los valores medios de hematocrito, glucosa, urea, calcio y hemoglobina, fueron más altos ($P<0,01$) en los hatos 2 y 3 sin suplemento, en comparación con los hatos 4 y 5 que recibieron suplementación mineral. Sin embargo, los valores medios de fósforo fueron más altos ($P < 0,01$) en los hatos 4 y 5 que recibieron suplemento, en comparación con los hatos 2 y 3 que no recibieron minerales.

En agosto, los niveles medios de urea, potasio y hemoglobina fueron más altos ($P<0,01$) en los hatos 2 y 3 sin minerales, en comparación con los hatos 4 y 5 con suplemento mineral. Al igual que en junio, los niveles medios de fósforo fueron más altos ($P<0,01$) en los hatos 4 y 5 con minerales. Los niveles de magnesio y globulinas también tuvieron valores medios más altos ($P<0,01$) en los hatos 4 y 5, en comparación con los hatos 2 y 3. La interpretación de estos resultados preliminares se debe hacer cuidadosamente, puesto que se requieren muchos más estimativos. Es muy importante disponer de datos anuales que reflejen los cambios estacionales de la calidad y cantidad de forraje.

Como se indicó el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1975), la condición conocida como "secadera" es un problema muy importante que se presenta en las sabanas de tierras bajas tropicales de Colombia y posiblemente, en regiones similares productoras de ganado de carne en otros países de América Latina. De las 37 fincas incluidas en la encuesta hecha el año pasado en los Llanos, 13 (35 por ciento) informaron que en ellas existía esta condición. La opinión que comparten los

médicos veterinarios que trabajan en los Llanos, es que el estrés nutricional, en los animales portadores de anaplasmosis, ocasiona el recrudecimiento de la infección clínica. Otras infecciones y enfermedades parasitarias, como la leptospirosis, tripanosomiasis y babesiosis, también se han involucrado como factores que contribuyen al complejo. La mayoría de los casos de secadera se presenta en vacas de 3 a 11 años de edad, con un promedio de 5,5 años. Los animales afectados caminan con dificultad, sufren de ataxia y anemia severa y frecuentemente mueren por inanición.

La desnutrición es un problema muy difundido en el ganado de las sabanas álicas tropicales de Colombia y de otros países debido al bajo valor nutricional de los pastos naturales, especialmente, durante la estación seca. Los animales con un bajo nivel de nutrición presentan constantemente un equilibrio metabólico delicado. Este equilibrio se trastorna fácilmente por cambios en el consumo de nutrimentos y en la producción. En los Llanos, el estrés ocasionado por el parto y la lactancia es de tal magnitud (como se ha observado repetidamente en las vacas del experimento sobre Sistemas de Hatos), que el equilibrio metabólico de los animales se trastorna totalmente, si no se les suministra un insumo nutricional adecuado, antes y después del parto. Los animales entran en un estado de desequilibrio el cual, eventualmente puede conducir a la secadera.

Los datos obtenidos hasta la fecha mediante la aplicación de la PPM al Experimento 1 sobre Sistemas de Hatos, apoyan la hipótesis de que la condición es ocasionada por la desnutrición y que frecuentemente conduce a la inanición y muerte de los animales.

Si, como se cree, la secadera en los Llanos se debe a un bajo nivel nutricional y al estrés ocasionado por la lactancia en las vacas, la tasa de nacimientos de las vacas Cebú de la región es importante para entender mejor este complejo. Si las tasas anuales de nacimientos en los Llanos oscilan entre 42 y 52 por ciento se puede deducir que las hembras en edad de reproducción no estarán en cualquier momento sujetas al estrés de la preñez o al estrés de la lactancia. Esta debe ser la explicación que se puede aplicar a los informes de casos de secadera que aparecen entre grupos de vacas, aparentemente sanas, todas bajo el mismo régimen de manejo.

LA ANAPLASMOSIS Y LA BABESIOSIS: DOS ENFERMEDADES MUY IMPORTANTES DE LA GANADERIA TROPICAL.

De noviembre de 1975 a noviembre de 1976, el programa de trabajo del Grupo de la Universidad de Texas A&M radicado en CIAT y financiado por la Agencia Estaounidense para el Desarrollo Internacional, se orientó hacia el diseño de medios más eficientes y económicos para controlar las enfermedades del ganado, ocasionadas por hemoparásitos en el trópico. Las actividades de investigación se concentraron en los siguientes puntos: a) desarrollo de un método de diagnóstico más práctico; b) epizootiología de las enfermedades ocasionadas por hemoparásitos; c) evaluación de sistemas de inmunización para el control de la anaplasmosis y babesiosis, y d) adiestramiento.

Desarrollo de un método para diagnosticar infecciones de babesia

Se desarrolló una prueba rápida de aglutinación de latex (RAL) para diagnosticar infecciones con *Babesia argentina*. A pesar de que la prueba de fijación del complemento (FC) y la prueba indirecta de anticuerpos fluorescentes (PIAF) se utilizan rutinariamente como pruebas de diagnóstico de infecciones de Babesia en el ganado, es necesario desarrollar una prueba más rápida y confiable para comprobar la presencia de estas infecciones.

La prueba de aglutinación, la cual utiliza partículas de latex (0,82 micrones de diámetro) sensibilizadas con antígenos de *B. argentina*, probó ser un método efectivo para diagnosticar *B. argentina* en infecciones naturales y artificiales. En la Figura 28 se ilustran las reacciones visuales de la prueba.

En las infecciones experimentales de *B. argentina*, las primeras reacciones observadas de aglutinación positiva coincidieron con la aparición de parasitemias. Se observaron reacciones positivas en suero que se había almacenado durante 18 meses y al cual se le conocía su reacción positiva. Los animales con infecciones naturales de *B. argentina*, que se determinaron mediante el frotis sanguíneo y con la prueba PIAF y la prueba FC, también presentaron reacciones a la prueba RAL.

Se comprobó la presencia de anticuerpos a **Babesia** en muestras de sangre seca, al ser éstas sometidas a la prueba PIAF. Se confirmó que el secamiento de la sangre en papel de filtro se puede utilizar como fuente de anticuerpos a la infección de **Babesia** en el ganado. Se observó buena correlación entre la titulación de anticuerpos de muestras duplicadas de suero y de sangre seca tomada de animales infectados con **Babesia**. La utilización de muestras de sangre seca para la prueba PIAF es más practica y económica, que la utilización de muestras de suero para diagnosticar la babesiosis bovina bajo condiciones de campo en el trópico.

La prueba FC y la PIAF se utilizaron para determinar la respuesta de los anticuerpos de **Babesia** en terneros, antes y después de la ingestión de calostro de vacas inmunes a la babesiosis, en comparación con la respuesta de los anticuerpos de terneros artificialmente infectados con **Babesia**. La habilidad de FC y PIAF para encontrar anticuerpos en el calostro, fue muy similar. Durante la primera semana de vida, las titulaciones serológicas fueron positivas para *B. bigemina* y *B. argentina* y persistieron hasta 20 semanas. Se considera que la protección de los terneros contra la babesiosis clínica, se debe a los anticuerpos presentes en el calostro de vacas inmunes.

Epizootiología

Durante el año, se obtuvieron datos adicionales acerca de la prevalencia de la anaplasmosis y babesiosis entre los hatos de ganado de carne y de leche en el Valle del Cauca de Colombia. Estos datos, junto con los resultados de estudios epizootiológicos anteriores realizados en la región de la costa norte y en los Llanos Orientales de Colombia, se presentan en el Cuadro 37. La alta prevalencia de reactores indica que la anaplasmosis y la babesiosis son

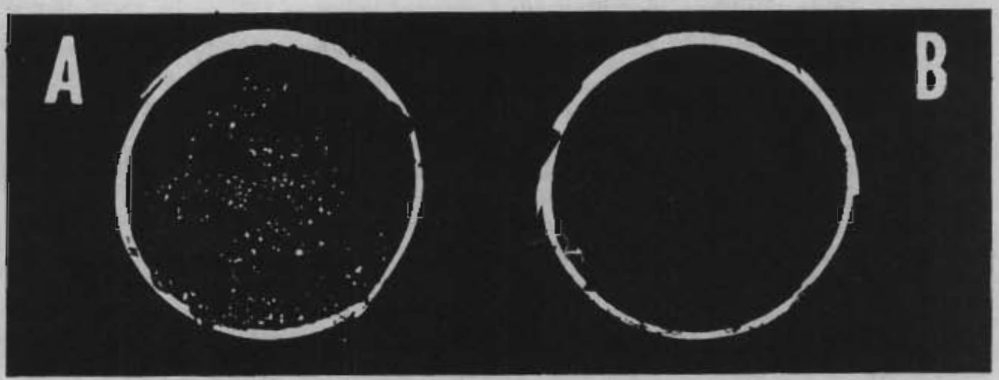


Figura 28. Patrón de aglutinación observado en la prueba rápida de aglutinación de látex para diagnóstico de la infección con *Babesia argentina*. (A) Reacción positiva con suero de un animal infectado con *B. argentina* y (B) reacción negativa con suero de un animal no infectado.

Cuadro 37. Prevalencia y rango de reactores de Anaplasma y Babesia en Colombia, expresado en porcentaje.

Regiones	Especies		
	A. marginale	*B. bigemina*	*B. argentina*
Costa del Caribe	93 (63-100)	77 (56-90)	ND*
Llanos Orientales	72 (18-91)	59 (38-92)	12 (0-43)
Valle del Cauca (ganado lechero)	62 (16-98)	60 (24-94)	44 (12-69)
Valle del Cauca (ganado de carne)	63 (0-89)	23 (0-58)	26 (0-75)
Total	72 (0-100)	55 (0-90)	19 (0-75)

* No disponible.

endémicas en las principales áreas productoras de ganado de carne de la costa norte y Llanos Orientales, como también en el Valle del Cauca. El amplio rango de reactores entre los hatos de estas áreas endémicas, indica que existe una gran población de ganado nativo no infectado y en consecuencia, susceptible, esta indicación comprueba la afirmación hecha por algunos ganaderos de que la anaplamosis y en menor grado, la babesiosis, están entre las principales enfermedades del ganado en estas regiones.

Inmunización contra anaplasmosis y babesiosis

El procedimiento de inmunización, aplicando la dosis mínima infectiva, se evaluó el año pasado utilizando estabilizados almacenados en una cuba con hielo seco a -60°C. Con base en la observación de que los organismos pierden su viabilidad después de ocho meses de almacenamiento, se prepararon nuevos estabilizados y se almacenaron en nitrógeno líquido a -196°C. Los estabilizados se titularon con diferentes diluciones, dosis y forma de inoculación, con el fin de encontrar el método más práctico para su utilización bajo condiciones de campo.

Se sometió a prueba la infectividad de diluciones seriadas (con concentraciones que variaban de 10 a 10 unidades) de estabilizados de *Anaplasma marginale*. Todas las diluciones fueron infectivas al inyectarlas por vía intravenosa (IV) y subcutanea (SC), con excepción de la dilución 10^{-3} al administrarla por vía SC. Se observó una correlación directa entre la cantidad de inóculo y la respuesta de los anticuerpos, pero las reacciones clínicas se observaron con mayor frecuencia cuando se utilizaron las mayores diluciones. Con el fin de encontrar un método práctico, se escogió la dilución 10^{-2} administrada por vía SC, para la inmunización de los animales en fincas comerciales.

Los estabilizados de **Babesia** se utilizaron sin diluir y con diluciones de 10 partes hasta 10^{-2}. La dilución 10^{-2} sólo fue infectiva para el estabilizado de *B. argentina*. Las inoculaciones de los estabilizados por vía SC no dieron resultados consistentes para el caso de ambas especies de **Babesia**. Las diluciones 10^{-1}, administradas por vía IV, dieron respuestas más uniformes sin que se presentaran reacciones clínicas severas y fueron adoptadas para inmunizar a los animales en fincas comerciales. En el Cuadro 38 se presentan las respuestas hematológicas y serológicas de las diluciones actualmente utilizadas en el campo.

Intentos para atenuar la infectividad de *Babesia argentina*

Debido a que algunos de los animales utilizados en anteriores experimentos de

Cuadro 38. Media de los resultados de la respuesta hematológica y serológica de la titulación de estabilizados que se han almacenado en nitrógeno líquido.

Organismos*	Dilución	Dosis/ forma de aplicación**	Animales infectados/ totales utilizados	Incubación de parasitemia (días)	Máximos valores de parasitemia	Máxima titulación FC	Disminución del hematocrito	Animales tratados (no.)
Anaplasma marginale	10^{-2}	2cc/S.C.	10/10	28	2,5	1/80	-9%	6/10
Babesia bigemina	10^{-1}	2cc/IV	10/10	7	0,9	1/40	-7%	2/10
Babesia argentina	10^{-1}	2cc/IV	6/6	15	0,01	1/20	-4%	1/6

* El estabilizado de *A. marginale* contenía 1,2 x 10^9 organismos/ml. El estabilizado de *B. bigemina* contenía 2 x 10^8 organismos/ml. El estabilizado de *B. argentina* contenía 4 x 10^8 organismos/ml.

**SC = subcutanea; IV = intravenosa.

campo sufrieron reacciones severas por infección de *B. argentina*, se hicieron intentos para atenuar la patogenicidad del aislamiento existente mediante el método descrito por Callow y Mellors, en Australia. Con este propósito, se utilizan 12 terneros esplenectomizados. Se utilizó un grupo de 10 terneros para evaluar la vacuna, en comparación con una vacuna no atenuada. Después de su exposición a las condiciones de campo, se encontró que todos los animales presentaban resistencia a la infección natural transmitida por garrapatas de la especie *Boophilus microplus*.

Se inmunizaron en el campo diversos grupos de terneros con esta cepa obtenida por inoculación seriada de terneros esplenectomizados. Ninguno de los terneros requirió un tratamiento específico. La información obtenida hasta el momento indica que hubo cierto grado de alteración. Es necesario hacer más evaluaciones bajo condiciones de laboratorio y de campo, antes de considerar esta cepa como atenuada.

Programa de inmunización en el campo

En ocho fincas comerciales de ganado lechero y ganado de carne, localizadas en el Valle del Cauca, se está evaluando la factibilidad y economía del sistema de inmunización contra la anaplasmosis y babesiosis, basado en el procedimiento de la dosis mínima infectiva. Hasta el momento, se han incluido en el experimento 285 terneros; la mitad recibió vacuna y la otra mitad se utilizó como testigo. Después de la vacunación de los animales se hicieron muestreos de sangre y mediciones de peso en cada grupo, con el fin de determinar la respuesta a la vacunación bajo condiciones de campo. La evaluación del programa de inmunización aún se lleva a cabo en siete fincas. En las Figuras 29 y 30 se presentan

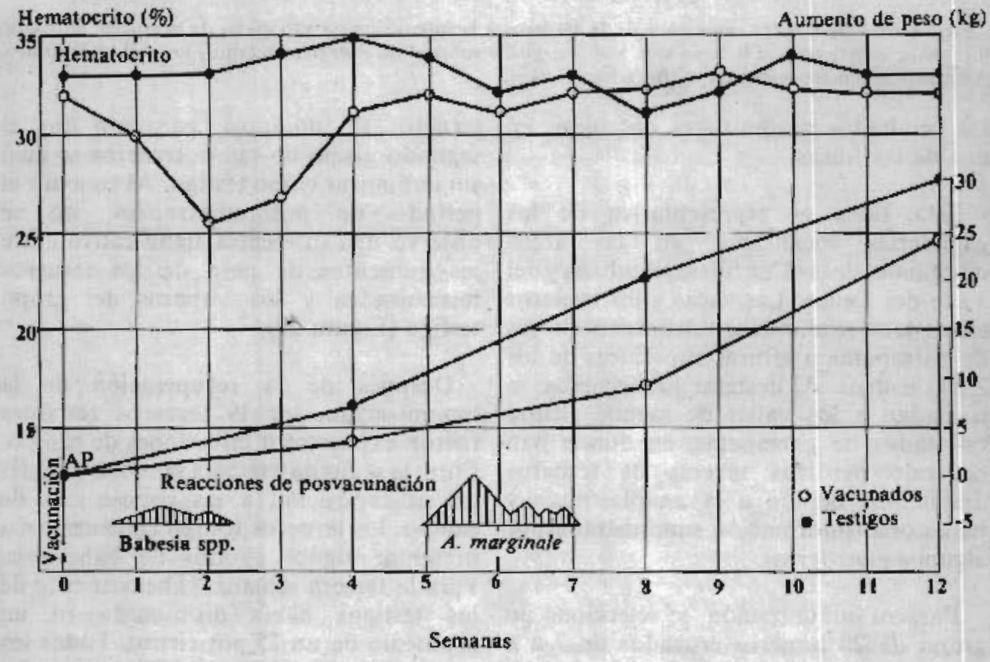


Figura 29. Efecto de la vacunación contra *A. marginale* y Babesia spp. y sus relaciones con el nivel de hematocrito y los aumentos de peso (AP) en 16 terneros, antes de ser expuestos a condiciones de campo (finca San Julián).

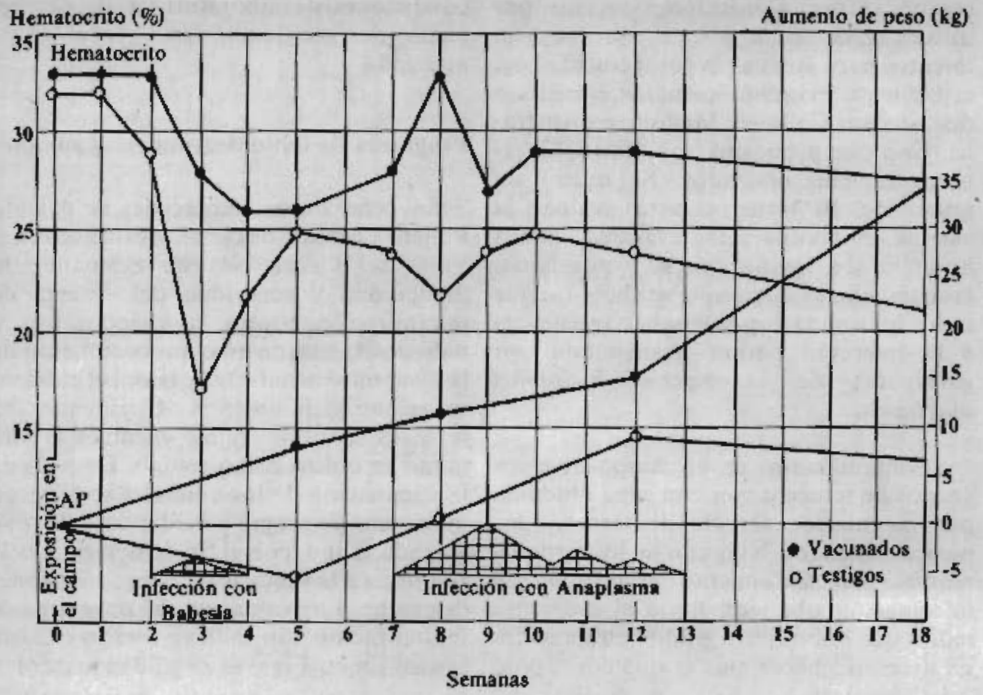


Figura 30. Efecto de la exposición de 16 terneros a la infestación de garrapatas de la especie *Boophilus microplus*, infectadas con Babesia spp. y *A. marginale* sobre el nivel de hematocrito y los aumentos de peso (AP), bajo condiciones de campo (finca San Julián).

los resultados preliminares obtenidos en una de las fincas.

Esta finca es representativa de las ganaderías localizadas en las áreas marginales de las Cordilleras Andinas y del Valle del Cauca. Las vacas y los terneros sin destetar se mantienen en praderas libres de garrapatas a alturas superiores de los 2.200 metros. Al destetar los terneros, se trasladan a los valles de menor altitud infestados de garrapatas, en donde han ocurrido pérdidas severas de terneros destetados, debido a la anaplasmosis y babesiosis (información suministrada por algunos ganaderos).

Para su inmunización, se seleccionó un grupo de 20 terneros cruzados de 7 a 8 meses de edad, de los cuales uno murió. Los terneros se pesaron y se dividieron en dos grupos, con base en la similitud de su peso corporal. Uno de los grupos de 11 terneros se inmunizó, en tanto que el segundo grupo de nueve terneros se dejó sin inmunizar como testigo. Al concluir el período de posinmunización, no se observó una diferencia significativa entre los aumentos de peso de los terneros inmunizados y los terneros del grupo testigo (Figura 29).

Después de la recuperación de la inmunización, los 19 terneros restantes fueron expuestos a infecciones de campo. Entre la segunda y tercera semana, después de su exposición a las condiciones de campo, los terneros testigo comenzaron a presentar signos agudos de babesiosis. Para la tercera semana, el hematocrito de los testigos había disminuido en un promedio de un 15 por ciento. Todos los terneros testigo recibieron un tratamiento específico contra la babesiosis. Los terneros inmunizados desarrollaron baja parasitemia de Babesia y pequeñas dis-

minuciones en su hematocrito pero no requirieron tratamiento.

Todos los terneros, inmunizados y testigos, desarrollaron parasitemias evidentes de Anaplasma durante la séptima semana después de su exposición a las condiciones de campo. Todos los terneros testigo y algunos de los inmunizados, requirieron un tratamiento específico contra la anaplasmosis.

Al final del período de exposición de campo (18 semanas), los terneros inmunizados obtuvieron un aumento promedio de peso de 27 kilogramos más por cabeza en comparación con los terneros testigo, diferencia que es estadísticamente significativa (Figura 30).

Proyecto colaborativo sobre inmunización contra anaplasmosis

Se estableció un proyecto colaborativo entre la Universidad de Illinois, la Universidad de Texas A&M, el ICA y el CIAT para la evaluación de métodos de inmunización contra la anaplasmosis bovina; este proyecto había sido discutido y aprobado durante una reunión celebrada por grupos colaboradores en marzo de 1976, en la sede del CIAT. El proyecto se inició en julio, con 130 terneros de la raza Normanda en la Estación Experimental de Tibaitatá, del ICA, localizada cerca de Bogotá (2.600 metros de altura; temperatura media de 14°C). Los terneros se examinan periódicamente y se investigan diversos parámetros para establecer información básica, antes de aplicar los procedimientos de inmunización a comienzos de 1977. Los métodos de inmunización empleados serán evaluados bajo condiciones de campo en una zona en donde la anaplasmosis es endémica, cuando los terneros se trasladen a la Estación Experimental de Turipaná, del ICA, localizada cerca de Montería, departamento de Córdoba (50 metros de altura; temperatura media de 27°C).

LA ACAROLOGIA EN LA TRANSMISION DE ENFERMEDADES HEMOPARASITARIAS

Las actividades de la Unidad de Acarología CIAT se adelantan, como un proyecto especial, con la financiación del Ministry of Overseas Development del Reino Unido.

En los continentes que tienen áreas tropicales se han registrado pérdidas severas en la producción pecuaria, debidas a infestaciones de garrapatas. En el Continente Americano, aproximadamente el 70 por ciento de la población de ganado se encuentra en zonas infestadas con garrapatas (entre 32°N y 32°S de latitud, con unos pocos focos hasta latitudes de 35°). Las garrapatas no sólo son vectores importantes de enfermedades hemoparasitarias sino que también reducen los aumentos de peso y además, afectan el comportamiento del hospedante, en términos de producción y de reproducción, a través de sus efectos parasíticos directos. Las garrapatas transmiten toda clase de agentes infecciosos conocidos (protozoarios, ricketsias, hongos, bacterias, espiroquetas y virus) e infestan batracios, reptiles, aves y mamíferos.

En 1976, el programa de investigación sobre acarología se concentró en hacer estudios de identificación y distribución de garrapatas, transmisión de enfermedades y ecología sobre el hospedante y sobre el ciclo de transmisión de enfermedades en el cual participa el hospedante. Las actividades de difusión de la información y de adiestramiento se integraron con los trabajos de investigación.

La unidad colaboró en la identificación de garrapatas colectadas en 45 especies de aves, las cuales se atraparon en la Estación Experimental de Carimagua, como parte de un estudio no relacionado con el CIAT. Un punto de especial interés es el hecho de que las aves migratorias que se encuentran en Colombia, pueden introducir nuevas

especies de garrapatas y/o enfermedades que afectan al hombre y/o a los animales.

Identificación y distribución de las garrapatas

Se amplió la lista de especies de garrapatas que tenía como base de referencia la Unidad de Acarología del CIAT para incluir 32 hospedantes y 23 especies de garrapatas. Los Llanos Orientales de Colombia, constituyeron la principal área de colección; se hicieron recolecciones menos amplias en la costa norte de ese país y los departamentos colombianos de Valle del Cauca, Tolima y Cundinamarca. La colección de garrapatas se utiliza con gran frecuencia para el adiestramiento de becarios en taxonomía.

Transmisión de enfermedades

La creencia común de que la garrapata de la especie *Boophilus microplus* es el principal transmisor de *Anaplasma marginale*, no tiene apoyo sólido en las evidencias experimentales. Después de hacer una serie de ocho ensayos sobre transmisión de Anaplasma por *B. microplus*, se encontró que la única forma eficaz de transmisión de *A. marginale* es por transferencia de la infección de un estadio a otro del desarrollo de las garrapatas en un hospedante (transestadios) y por la transferencia de la infección a otros hospedantes a través de los estadios de desarrollo de las garrapatas (intraestadios). La transmisión transovárica (transferencia de la infección a través del huevo de las garrapatas a la siguiente generación) no fue nunca observada durante estos ensayos. En el campo, la transmisión intraestadial por *B. microplus* entre animales, sólo sería posible si las prácticas de manejo permitieran la aposición cercana de los animales. Este tipo de transmisión mecánica sería más factible con garrapatas que requieren de dos a tres hospedantes para completar su ciclo de vida; *B. microplus* requiere sólo uno.

Ecología de las garrapatas sobre y fuera del hospedante

Un becario candidato al doctorado continuó el estudio ecológico de las garrapatas de importancia económica a la industria ganadera colombiana. Este trabajo hace énfasis en tres áreas del mejoramiento del control de garrapatas: a) la disponibilidad de datos ecológicos locales para lograr una mayor eficiencia de la aplicación tradicional de acaricidas químicos; b) poner mayor atención a los mecanismos, evaluación y utilización del ganado con resistencia natural a las garrapatas; y c) la necesidad continua de desarrollar técnicas revolucionarias de control biológico de garrapatas.

Los estudios de incidencia natural estacional de *B. microplus* en ganado *Bos taurus* y *B. indicus* sin tratamiento con acaricidas, cubrieron 17 de los 20 meses del programa (cuatro estaciones secas y tres lluviosas) en el Valle del Cauca. El número de garrapatas que parasitan el ganado en épocas específicas del año se comparó con el número, supervivencia y longevidad de las garrapatas criadas en recipientes de campo (sin parasitar ganado) entre los 1.000 metros (enzoótica) y los 2.500 metros (epizoótica), bajo condiciones controladas. Las garrapatas no parasitarias fueron limitadas geográfica y estacionalmente (época del año) por la inhibición del desarrollo de los huevos ocasionada por la baja temperatura y más adelante, por la estación, por el desecamiento de los huevos y larvas. La tolerancia del ganado a distintos niveles de infestación de garrapatas, bajo diversas condiciones ambientales, se observó concurrentemente, mediante el rastreo de los cambios en los niveles de hemoglobina y valores del hematocrito del ganado infestado en el campo y del ganado experimental con altos y bajos niveles nutricionales e infestaciones artificiales hechas una sola vez o varias. Los efectos de los hemoparásitos y endoparásitos se eliminaron, en gran medida, por la

utilización controlada de drogas. A pesar de que la buena nutrición aumentó la resistencia y tolerancia del ganado a las garrapatas, los niveles relativamente bajos de infestación de garrapatas, aún ocasionaron disminuciones significativas en los valores sanguíneos.

En los estudios de campo, en corrales y en establos, se determinó que existen ciertas regiones del cuerpo del ganado en las cuales las poblaciones de *B. microplus* son más altas. Las garrapatas migran hacia estas regiones, sea cual sea el sitio en que se coloquen las larvas; su distribución se asocia con distintos regímenes de temperatura en la superficie de la piel. En consecuencia, sobre las garrapatas puede operar una presión microambiental, además de la resistencia inmunológica del hospedante. Actualmente, este trabajo se enfoca hacia la determinación de posibles tasas diferenciales de mortalidad de garrapatas en diversas regiones del cuerpo del hospedante, debido a factores microclimáticos y de densidades de población de garrapatas, en una región dada, para procurar su alimento.

Por atracción diferencial, las garrapatas pueden mostrar alternativa o adicionalmente su preferencia por diversas regiones del cuerpo para su establecimiento en la piel. Se iniciaron estudios preliminares para determinar la validez de este concepto de "predilección por sitios de alimentación", que pudieran tener *B. microplus* y *Anocentor nitens* en bovinos y equinos; se pondrá mayor énfasis en estas investigaciones en los primeros meses de 1977. Este comportamiento de las garrapatas podría tener un potencial aprovechable utilizando las fases de prealimentación de las garrapatas las cuales son más vulnerables y así aumentar su mortalidad parasítica.

Algunos ganaderos en Colombia han indicado que los animales que pastorean pasto gordura (*M. minutiflora*) presentan menores niveles de infestación de garrapatas en comparación con el ganado que pastorea en otras praderas nativas o de pastos mejorados. En un ensayo preliminar, hecho durante la estación seca, se colocaron 40.000 larvas de *B. microplus* en la base de las plantas de pasto gordura. Transcurridos 34 días, todas las larvas murieron en tanto que el testigo de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) presentaba garrapatas viables aún después de 10 semanas, cuando el ensayo había concluído. Este ensayo se está repitiendo durante la estación lluviosa; además, se ha propuesto el establecimiento de un ensayo, a escala de prueba de pastoreo, para complementar los datos preliminares existentes y adicionar las observaciones obtenidas sobre una posible interacción entre las garrapatas, gramíneas y el ganado en pastoreo. El ideal sería poder observar la relación garrapata/vaca/gramínea en un mínimo de dos estaciones completas (dos lluviosas y dos secas), con el fin de observar los cambios en la población de garrapatas, en los aumentos de peso del ganado y en la durabilidad de las praderas. También sería ventajoso comparar diversas praderas mejoradas y diferentes especies nativas, como testigo.

Difusión de información sobre acarología

El personal de la Unidad se reunió con 50 visitantes aproximadamente, los cuales tenían interés en los problemas relacionados con las garrapatas. Se preparó una serie de 78 diapositivas a color y en blanco y negro para facilitar el estudio de garrapatas (esta serie fue complementada con una narración y comentarios en español). Se amplió el cubrimiento de la revisión de literatura (Informe Anual del CIAT, 1975) para incluir la distribución geográfica, hospedantes e investigadores en relación con 200 especies de garrapatas de la región faunística neotropical.

COOPERACION INTERNACIONAL

Se desarrolló un proyecto colaborativo con la Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuaria (EMBRAPA), en la estación experimental localizada en Campo Grande, Mato Grosso, en el occidente brasileño. El objetivo de este proyecto era determinar la prevalencia de cinco enfermedades importantes en la región, la cual está bajo el control directo del Centro Nacional de Ganado de Carne. La información obtenida se utilizará como base en la planeación de futuras investigaciones en el área de salud animal. Se diseñó y adelantó un estudio colaborativo entre el grupo de salud animal de EMBRAPA y las unidades de Biometría y de Salud Animal del CIAT.

Se tomaron muestras de 620 animales procedentes de 62 fincas. Este tamaño de muestra permite determinar estimativos de prevalencia de enfermedades con un nivel de confiabilidad del 95 por ciento. La prevalencia promedio de hemoparásitos fue significativamente menor que las cifras que se habían dado para los Llanos Orientales de Colombia. Con relación a las enfermedades de la reproducción, la media de prevalencia de la leptospirosis (72,8 por ciento) es similar a la encontrada en los llanos colombianos; se requieren todavía más investigaciones acerca de la importancia de esta enfermedad en el comportamiento reproductivo.

El personal del CIAT estudió los resultados de esta investigación con el equipo de ganado de carne que trabaja en Campo Grande, y se hicieron recomendaciones para desarrollar futuras actividades de investigación en el área de salud animal. También, se sugirieron algunas prácticas de manejo y se están discutiendo futuros proyectos colaborativos, los cuales incluyen actividades de adiestramiento.

ECONOMIA

Durante 1976, la labor del grupo de Economía del Programa de Ganado de Carne se concentró en tres áreas: a nivel macro, a) evaluación económica de distintas alternativas en el control de fiebre aftosa, y b) el comportamiento productivo de la industria ganadera en Colombia; y a nivel micro, c) evaluación económica de los sistemas de producción en los Llanos Orientales de Colombia, y de los factores internos y externos a la finca que condicionan la adopción de tecnologías.

EVALUACION ECONOMICA DE ALTERNATIVAS EN EL CONTROL DE FIEBRE AFTOSA

Como parte de la metodología desarrollada en colaboración con Salud Animal y Biometría, en 1975 se diseñó y se informó acerca de un modelo epidemiológico de aftosa para zonas endémicas. Este modelo simula la incidencia anual y prevalencia de la fiebre aftosa a largo plazo, mediante la aplicación de procesos estocásticos de semi-Markov.

Objetivos

Sobre la base del modelo epidemiológico mencionado, durante 1976 se desarrolló una metodología que permite evaluar distintas alternativas que van desde no controlar la enfermedad, pasando por distintos grados de intensidad de vacunación y finalmente, erradicación. Se pretende así determinar un nivel óptimo de control para una región o país, desde el punto de vista económico.

Igualmente, el modelo permite evaluar las "externalidades" que se presentan en el control de la fiebre aftosa, por ser una enfermedad altamente contagiosa. El nivel óptimo de control (u óptimo privado) resulta inferior al óptimo social, ya que cada productor sólo considera en su

decisión los beneficios internos a su finca, subestimando el beneficio total que de hecho se logra al reducir la probabilidad de contagio a las restantes fincas. Este último beneficio constituye lo que se denomina "externalidad".

Con el fin de obtener resultados que permitan verificar la validez y factibilidad de la metodología, se eligió la costa norte de Colombia como región de estudio. Dicha zona es relevante no sólo por su importancia ganadera, sino también por su ubicación estratégica como zona limítrofe con el área libre de aftosa (Panamá, hacia el norte).

Metodología

Con el fin de estimar las pérdidas económicas ocasionadas por aftosa se formularon (en lenguaje FORTRAN para su uso en computador) dos modelos microeconómicos en los que se simula el desarrollo y producción del hato y el flujo de caja de fincas ganaderas. Uno es para fincas de cría con lechería y el otro para actividades de levante y/o ceba. Las pérdidas económicas consideradas fueron las siguientes: morbilidad, mortalidad prematura y costo de recursos adicionales requeridos en el manejo de animales enfermos. Dichas pérdidas se midieron como la diferencia entre el flujo de ingreso a través del tiempo de las fincas con la enfermedad y sin ella. El beneficio de cada nivel de control corresponde a la reducción que se logra en las pérdidas económicas ocasionadas por la enfermedad. A su vez, la comparación de costos y beneficios de cada alternativa de control permite estimar la estrategia óptima desde el punto de vista económico.

En ambos modelos, el punto de partida es un hato estabilizado cuyos parámetros de producción reflejan la tecnología disponible en la región.

Modelo de cría con lechería

El ingreso bruto anual del hato estabilizado sin aftosa se determinó a partir de las ventas de vacas de desecho, del número y peso de los terneros a la venta, y de la producción de leche por vaca. El ingreso neto se obtuvo deduciendo los gastos variables. Considerando un brote de aftosa, para la obtención del flujo de ingresos brutos de la finca a través del tiempo, se utilizaron los valores de morbilidad (medida por su incidencia) y aumentos en mortalidad estimados mediante el modelo epidemiológico. Estos valores dependen tanto del nivel de vacunación de la finca como del nivel de vacunación de la región. De esta manera, en el año del brote de aftosa, a cada animal enfermo se asociaron nuevos parámetros de producción tales como: menor producción de leche, menor natalidad, menor peso de terneros y vacas de ceba vendidos en ese año, y mayores gastos de manejo. El modelo también contempla los cambios ocurridos en el tamaño y composición del hato tanto en el año de brote como en períodos futuros. La variable de decisión utilizada para retornar al tamaño y composición del hato de prebrote es el número de terneras retenidas en la finca para remplazos fuera de la finca por el riesgo de reintroducción de la enfermedad. La cantidad de terneras disponibles para remplazo está limitada por la tasa de natalidad existente*.

Modelo de levante y/o ceba

En las fincas de levante y/o ceba, el ingreso neto se estimó en forma mensual en base a la información sobre edad y peso de los novillos flacos a la compra, una curva de peso promedio según la edad, la tasa de mortalidad media, los precios de venta y de compra, y los gastos medios por novillo. La edad y peso de venta de los novillos se determinó maximizando el valor actualizado del ingreso neto esperado. Para los cálculos de ventas y compras por finca

* Este supuesto a nivel de finca, permite generalizar sus conclusiones a nivel regional, en donde la actividad de adquisición para remplazo es limitada.

se supuso que dichas transacciones se efectuan continuamente durante el año* Con el fin de generar el flujo de ingreso de la finca con aftosa, se utilizaron los datos de morbilidad y mortalidad ocasionados por la enfermedad, y la curva de peso por edad con la enfermedad** El modelo calcula la nueva edad óptima de venta de los animales enfermos cuando no es posible remplazarlos inmediatamente por animales sanos debido a la cuarentena que se impone a las fincas con brote. El componente demográfico del modelo de simulación proyecta subsecuentemente el desarrollo del hato, en el que los animales sanos se venden a una edad y los enfermos a otra. El flujo de ingreso con fiebre aftosa se proyectó hasta el mes en el que salió del hato el último animal afectado.

* Este supuesto a nivel de finca, permite generalizar los resultados a nivel regional.

**Los parámetros de producción con aftosa fueron extraidos de: Proyecto de Sanidad Animal - Combate de la Fiebre Aftosa y Control de la Brucelosis, Documento No. 16, ICA noviembre de 1970.

Resultados obtenidos

A continuación se presentan los resultados de simulación obtenidos con el modelo hasta el momento, para una población bovina de aproximadamente 4 millones de cabezas que corresponden a un hato estabilizado. Estas cifras son equivalentes al tamaño aproximado del hato total del departamento de Córdoba en la costa norte de Colombia.

En el Cuadro 39 se presentan los resultados de morbilidad y en el Cuadro 40 los de mortalidad anual por fiebre aftosa en el largo plazo para cada nivel de vacunación en la finca, a diferentes niveles de vacunacion regional, obtenidos en base al modelo epidemiológico.

Los resultados obtenidos a nivel de finca fueron llevados a nivel regional mediante ponderación de los mismos según la proporción de la existencia total que representa cada tipo de finca.

En el Cuadro 41 se presentan los costos y beneficios privados y sociales anuales, a nivel regional en una situación de

Cuadro 39. Morbilidad anual a largo plazo ocasionada por la fiebre aftosa, en función del nivel de vacunación en la finca y en la región*

Nivel de vacunación en la finca (%)	Nivel de vacunación en la región (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	19,0	17,7	16,3	15,1	14,1	12,2	10,6	5,5	4,7	3,3	2,5
10	18,2	16,4	15,2	14,1	13,2	11,5	10,0	5,3	4,5	3,1	2,3
20	16,6	15,1	14,0	13,0	13,1	10,6	9,3	4,9	4,3	3,0	2,2
30	15,1	13,7	12,7	11,9	11,1	9,7	8,5	4,5	3,9	2,7	2,1
40	13,5	12,3	11,4	10,7	10,0	8,8	7,7	4,1	3,6	2,5	1,9
50	11,6	10,6	9,9	9,2	8,7	7,7	6,7	3,7	3,2	2,2	1,7
60	8,9	8,2	7,7	7,2	6,8	6,0	5,3	3,0	2,6	1,8	1,4
70	5,4	5,0	4,8	4,5	4,3	3,8	3,4	2,0	1,7	1,2	1,0
80	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,2	1,1	0,8	0,6
90	1,17	1,12	1,08	1,05	1,01	0,95	0,9	0,6	0,54	0,41	0,33
100	0,162	0,159	0,157	0,155	0,153	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08

* Se refiere al cubrimiento anual promedio, con 3 ciclos de vacunación.

Cuadro 40. Mortalidad anual a largo plazo ocasionada por la fiebre aftosa, en función del nivel de vacunación en la finca y en la región (x 1.000).

Nivel de vacunación en la finca (%)	Nivel de vacunación en la región (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	4,75	4,42	4,07	3,77	3,51	3,05	2,65	1,37	1,17	0,82	0,62
10	4,18	3,77	3,49	3,24	3,02	2,64	2,3	1,2	1,03	0,72	0,53
20	3,48	3,16	2,94	2,73	2,54	2,22	1,94	1,03	0,89	0,62	0,46
30	2,87	2,6	2,41	2,25	2,1	1,85	1,61	0,85	0,74	0,52	0,40
40	2,02	1,84	1,71	1,6	1,5	1,32	1,15	0,62	0,54	0,37	0,28
50	1,16	1,06	0,98	0,92	0,86	0,77	0,67	0,37	0,32	0,22	0,17
60	0,62	0,57	0,54	0,5	0,47	0,42	0,37	0,21	0,18	0,13	0,10
70	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,1	0,09	0,06	0,05
80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

equilibrio de largo plazo, para distintos niveles de vacunación. Se supone un costo unitario anual de control constante e independiente de la escala de vacunación. Puede observarse que los beneficios netos anuales a nivel social adquieren su valor máximo al 90 por ciento de vacunación, siendo ésta por ende la estrategia óptima de vacunación. Cabe destacar que dados los supuestos adoptados, la estrategia de vacunación a nivel privado resulta sensiblemente inferior (60 por ciento). A título ilustrativo se presentan en el Cuadro 41 los beneficios netos anuales promedios por cabeza en existencia.

Cuadro 41. Costos y beneficios anuales, privados y sociales, correspondientes a diferentes niveles de vacunación, en la costa norte de Colombia* expresados en millones de Col $, 1975.

Nivel de vacunación	Costos anuales (1)**	Beneficios brutos. privados (2)	Beneficios netos privados (3)= (2) - (1)	Beneficios brutos sociales (4)	Beneficios netos sociales (5) = (4) - (1)
0	-	(430,1)***	(430,1)	(430,1)	(430,1)
10	11,5	35,2	23,7	64,4	52,9
20	22,9	61,9	38,9	122,3	99,4
30	34,4	85,5	51,1	173,0	138,6
40	45,8	110,4	64,5	220,7	174,8
50	57,3	122,4	65,1	274,2	216,9
60	68,8	135,8	67,0	323,2	254,4
70	80,3	85,7	55,4	386,6	306,3
80	91,7	85,4	-6,3	404,1	312,4
90	103,2	65,8	-37,3	415,8	312,6
100	114,7	54,0	-60,6	421,5	306,8

* Con una población bovina total de 4.410.372

** Se supone que no hay discrepancias entre costos privados y sociales. Se utilizó un costo de vacunación por cabeza de $25/año.

*** Esta es la pérdida anual por aftosa estimada para una situación endémica, según supuestos adoptados.

Para analizar lo que ocurría en materia de estrategias óptimas frente a aumentos en el costo unitario de vacunación, se evaluaron los beneficios netos a costos 50 y 100 por ciento superiores al costo unitario supuesto originalmente. En ambos casos la estrategia privada bajó al 40 por ciento en tanto que la social bajó al 70 por ciento de vacunación*.

Cabe anotar que, debido a la ausencia de información primaria confiable, los resultados de simulación se basan en datos de fuentes secundarias, y en datos provenientes de otros países adaptados a las condiciones de la costa norte de Colombia. Por ello, los resultados presentados deben ser interpretados con cautela. A efectos de obtener resultados válidos para dicha región y dado lo específico que son los parámetros epidemiológicos en cada región particular, durante el corriente año se firmó un convenio con el ICA tendiente a obtener la información primaria relevante en las regiones de Urabá y Córdoba (costa norte de Colombia). Dicho convenio involucra las disciplinas de Salud Animal, Biometría y Economía del CIAT, y los departamentos de Economía, Producción Pecuaria y Biometría del ICA. El objetivo es comparar las pérdidas por aftosa bajo dos niveles de vacunación y proyectar los costos y beneficios de controlar aftosa a otros niveles de vacunación con la ayuda del modelo desarrollado. Con este propósito se seleccionó una muestra de fincas en Urabá, actualmente sin aftosa en las que se están efectuando mediciones periódicas. Además, se están realizando mediciones paralelas en fincas donde se han presentado brotes de aftosa. Se diseñó también un muestreo de predios en la región de Córdoba con el fin de determinar la frecuencia de brotes, las tasas de ataque y de letalidad con aftosa. Este estudio ya se ha iniciado previéndose completarlo a mediados del próximo año.

Como etapas siguientes de la investigación, se plantea la evaluación económica de estrategias alternativas tales como erradicación a través de matanza y la secuencia vacunación-erradicación.

PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA GANADERA EN COLOMBIA

Continuando con el estudio de la industria ganadera colombiana, se evaluó el comportamiento de las existencias y sacrificios de vacunos durante el período 1940-1970.

En Colombia, la carne vacuna es el producto que tiene mayor ponderación en la canasta familiar. Durante el período 1940-1975 el consumo por habitante varía de acuerdo a los ciclos de matanza, observando una tendencia ligeramente decreciente. Ello se debe a que los aumentos en producción fueron compensados por aumentos en la población y en las exportaciones.

La información disponible en la actualidad no parece ser suficiente para el diseño de una política económica tendiente a lograr aumentos significativos en la producción. Ello requiere un esfuerzo por identificar, y en lo posible cuantificar las relaciones económicas fundamentales que permitan anticipar los efectos de diversas variables e instrumentos de política económica sobre el comportamiento de la inversión y venta de ganado, y sobre el consumo de carne. Este trabajo intenta dar un paso en esa dirección.

Una vez calculadas las series de inventarios por edad y sexo para el período 1940-1970, se construyó un modelo de oferta, demanda, e inventarios en el que se incluyen variables económicas tales como precios del ganado, precios de cultivos, ingreso disponible y variables de políticas —tales como reforma agraria, crédito y

* Tal sería el caso, por ejemplo, si los costos por animal vacunado en la campaña antiaftosa de Urabá fueran cargados a los costos privados de la vacunación.

control de precios—. Este modelo permite cuantificar e identificar los parámetros fundamentales en el contexto de corto plazo. El mismo está basado en modelos teóricos desarrollados para explicar el comportamiento de productores ganaderos, aplicados con éxito en trabajos similares para Argentina, Brasil y Chile.

Resultados preliminares

En líneas generales, los resultados del modelo econométrico están de acuerdo a lo esperado en el modelo teórico. La función de demanda agregada de vacuno es relativamente inelástica respecto a precio y a ingreso.

El comportamiento de los precios en las funciones de oferta (matanza) está de acuerdo a lo esperado en el corto plazo en cuanto a signo y magnitud. A nivel agregado la matanza de hembras reacciona inversamente a precio (Figura 31). Esto implica que al subir el precio del ganado los productores retienen vientres para generar mayor oferta en el futuro, y en consecuencia sus ventas disminuyen en el corto plazo.

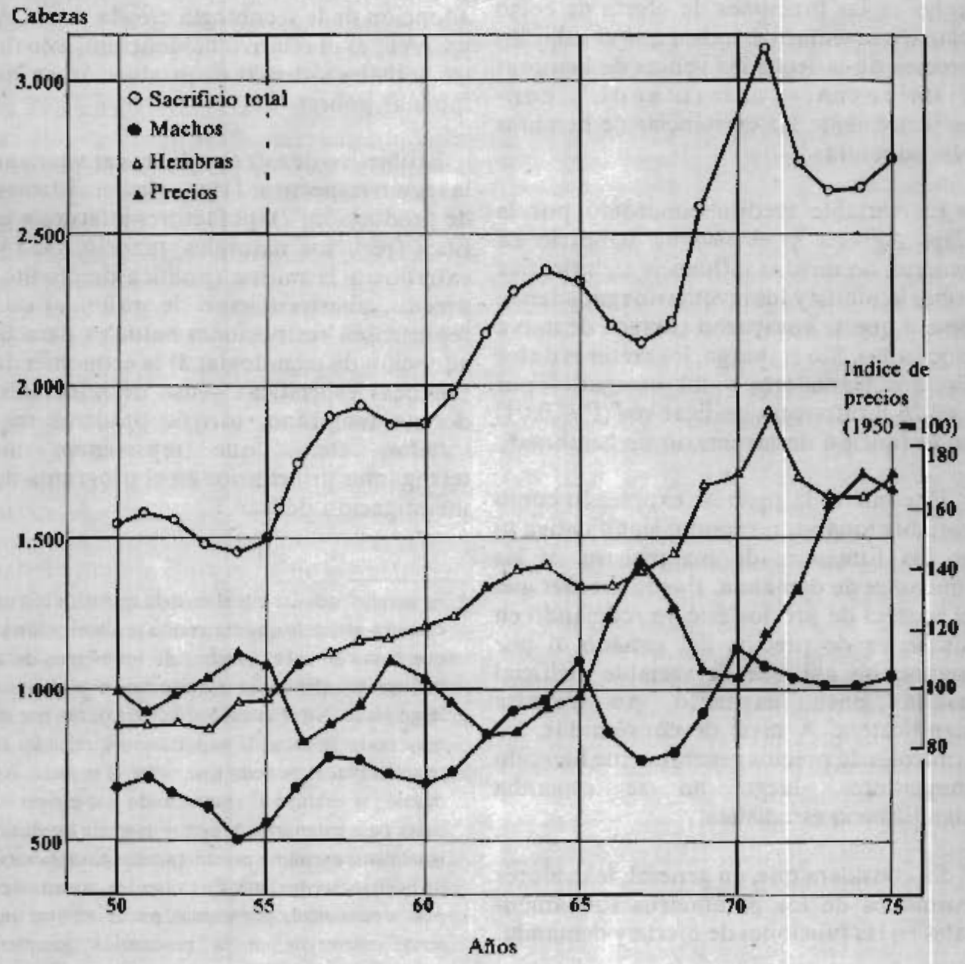


Figura 31. Sacrificios, incluyendo datos no registrados y exportaciones en pie, y precios reales del ganado de carne en Colombia, 1950-1975.

Dichos resultados son consistentes con el comportamiento observado en los inventarios de ganado frente a variaciones en los precios. Así, las elasticidades precios de los inventarios poseen signo positivo, indicando que al subir los precios crecen los inventarios tanto de hembras como de machos.

Por otra parte, al subir los precios esperados de los cultivos (algodón, arroz, maíz y fríjol), se observa una disminución en los inventarios.

El comportamiento de los precios de la leche en las funciones de oferta de corto plazo, e inventarios, indica que al subir los precios de la leche las ventas de hembras disminuyen, aumentando consecuentemente las existencias de hembras reproductoras.

La variable crédito concedido por la Caja Agraria y el sistema bancario en general, no mostró influencia significativa sobre la oferta y los inventarios ganaderos, pese a que se ensayaron rezagos de uno a cinco años. Sin embargo, los créditos de los Fondos Ganaderos y los otorgados por Ley 26 resultaron significativos ($P < 0,01$) en la función de inventario de hembras*

El control de precios, expresado como variable binaria, no resultó significativa ni en las funciones de matanza ni en las funciones de demanda. Puede suceder que el control de precios esté ya reflejando en las series de precios del ganado al por mayor; de ahí que la variable artificial usada para captarlo no resulte significativa. A nivel de consumidor, los controles de precios generalmente han sido inoperantes, luego no se esperaba significancia estadística.

Se considera que, en general, los valores estimados de los parámetros fundamentales en las funciones de oferta y demanda, sus respectivas elasticidades de corto plazo, representan una primera aproximación a su verdadera magnitud y signo*

Es de esperar que el esfuerzo realizado en este estudio estimule una mayor atención a la generación de estadísticas básicas, que permitan dar respuestas a los interrogantes que se plantean.

SISTEMAS DE PRODUCCION EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Un problema serio para evaluar el posible impacto y las restricciones para la adopción de la tecnología creada por ICA y CIAT, es el relativo desconocimiento de los actuales sistemas de producción en las sabanas pobres.

El objetivo de este estudio es caracterizar la región respecto a: 1) los actuales sistemas de producción; 2) los factores internos a la finca (recursos naturales, manejo, etc.) y externos a la misma (política de credito, precios, abastecimiento de insumos) que representan restricciones actuales para la adopción de tecnología; 3) la economía de prácticas específicas —uso de minerales, destete temprano, uso de praderas mejoradas, etc.— que representen interrogantes prioritarios en el programa de investigación de CIAT.

* Nótese que los créditos de Fondos Ganaderos y por Ley 26 son créditos supervisados.

* Es preciso señalar que el modelo solo mide efectos de corto plazo; lo que representa una limitación ya que como se sabe, muchos de los efectos de la política económica se manifiestan a mediano y largo plazo. No se incluyó el sector externo por ser muy corto la serie de exportaciones oficiales en relación con el período que cubre el modelo. Así mismo, se excluyó el contrabando por carecer de bases para estimarlo. Aspectos de clima quedaron igualmente excluídos por dificultades para elaborar un buen índice de clima. En Colombia, la escasez de pastos ocasionada por sequías, puede implicar una seria restricción en la producción ganadera resultado en variaciones en la matanza. Estos y muchos otros aspectos macroeconómicos de la ganadería colombiana quedan aún sin dilucidar.

El estudio se realiza en la región de influencia de Carimagua, y tiene por objeto profundizar y documentar con datos empíricos los resultados obtenidos en trabajos previos (Informe Anual del CIAT, 1975).

Metodológicamente, como instrumento de análisis de la información obtenida, se utilizará el modelo de simulación a nivel de finca (HATSIM) desarrollado en CIAT.

En base a estudios agrológicos, climáticos y de vegetación natural realizados por FAO y a mapas viales, se seleccionó una zona de 300.000 hectáreas. El censo de las fincas de la región se obtuvo de fotografías aéreas y oficinas de catastro, complementado con reconocimiento en el terreno. Los principales criterios para la selección de fincas fueron: a) escala de operación en base a extensión, dado que ésta era la única información disponible; b) localización, especificada en base a la existencia de vías de comunicación y a la distancia a los centros de comercialización de insumos y productos; c) orientación —cría o ceba— y d) uso de minerales.

De un total de 200 fincas que cumplían con las condiciones típicas (suelos pobres y menos del 20 por ciento en tierras bajas), se seleccionaron 16 fincas, analizando hasta ahora seis de ellas en detalle, como los primeros contactos en la zona. A cada una de las fincas escogidas se espera realizar visitas mensuales durante 18 meses, habiendo comenzado en abril de 1976. Hasta el momento se han estudiado los recursos naturales, se ha numerado el ganado, se han llevado registros mensuales durante 6 meses, pesando el ganado con el fin de medir distintos parámetros tecnológicos.

Los principales factores externos a la finca que se analizan son: precio del ganado, costo de transporte, grado de utilización (costo de oportunidad) de tierras con pastos naturales en zonas cercanas (pie de monte) y, en general, factores externos que inciden en el grado de intensificación, especialización y localización de la ganadería en la zona. Los principales factores internos a la finca se agruparon en: a) recursos naturales —forma de la finca, proporción de tierras altas y bajas, calidad de suelo, tipo de sabana o de pasto— e infraestructura; b) prácticas de manejo —división, rotación y capacidad de carga de los potreros, control de quemas, prácticas sanitarias, numeración, uso de minerales, destete precoz, forma de transporte, edad y época de venta—; c) producción —natalidad, mortalidad, aumentos de peso, época de entore, pérdida de peso—; d) gastos e ingresos —valor de compra y venta de insumos y productos, jornales—.

Observaciones preliminares

Las principales observaciones obtenidas hasta el momento indicarían que:

a) Existe una especialización bien marcada entre la zona de pie de monte y la zona de sabana. En el año de 1975 se extrajeron del departamento del Meta 131.459 cabezas de ganado gordo —retén de Bogotá—, de los cuales solo 3.000 cabezas provenían de la región de sabanas —reten de Puerto López—. Por este último reten pasaron más de 30.000 reses flacas, para ser engordadas en el pie de monte.

b) Para las tierras más fértiles del pie de monte existe tecnología poco intensiva en capital —control de malezas, rotación de potreros— que aumenta la capacidad de carga sin reducir los aumentos de peso diario por animal.

c) Para la zona de sabana el precio del transporte por camión ha crecido aproximadamente en 10 y 25 por ciento real en los dos últimos años respectivamente. El costo por animal/kilómetro desde Villavicencio (pie de monte) a Bogotá es cerca de la mitad del costo por kilómetro en el llano.

d) Se observó un movimiento de ganado de las tierras de sabana a las tierras del mismo dueño en el pie de monte, con mayor capacidad de carga. Durante 1976, tres de las seis fincas, trasladaron en promedio el 30 por ciento de sus animales. Bajo condiciones normales de producción estas fincas no deberían extraer más del 15 por ciento de sus animales. Ninguna de las fincas estudiadas reportan una extracción uniforme en los últimos 3 años.

e) En ninguna de las tres fincas que han obtenido crédito, la institución prestamista ha aceptado como garantía la tierra de sabana donde se realiza la inversión.

f) Las cuatro fincas que han realizado labores con maquinaria (siembra de pasto, represas, carreteras) han utilizado maquinaria que los mismos dueños emplean en otras empresas o tierras —pie de monte—.

g) En la zona y próximos a las fincas analizadas, existen colonos con buenas tierras —altas o bajas— que han sembrado pastos mejorados y que cobran un pastaje sensiblemente inferior al de otras zonas ($45 a $80/res/mes). El monto cobrado por pastaje es incluso menor que el costo de producción de las pasturas en las fincas analizadas.

h) En promedio la población ganadera es más baja que la posible a nivel de sabana. La capacidad promedio encontrada fue de 5,56 ha/animal en la época de verano y 7,07 ha/animal para la época húmeda.

i) En las tres fincas donde se realiza destete el promedio de edad de los animales destetados fue de 12 meses con variaciones entre 7 y 15 meses, dependiendo del tamaño y estado de cada ternero.

j) La suplementación con minerales durante tres años permitió a una finca elevar el porcentaje de pariciones a 62 por ciento reduciendo considerablemente los abortos. Sin embargo, la lenta recuperación de las vacas lactantes aumentó sensiblemente el número de animales "enterrados" e impedidos de salir de las aguadas por debilitamiento. Así durante 1976 las muertes por enterramiento representaron un 6 por ciento en dicha finca.

k) El promedio de peso de las vacas lactantes en condiciones de sabana suplementadas con minerales es de 273 kilos en la época húmeda (pesadas a los seis meses de haber empezado las lluvias). Se encontraron variaciones entre 210 y 400 kilos. El peso promedio de las novillas al encontrarse con el toro fue de 235 kilos con valores extremos de 210 y 286 kilos.

l) En 1976, el precio promedio de venta de los animales cebados en el llano fue aproximadamente de $14/kilo mientras que el precio promedio de novillos y novillas flacas fue de $16 kilo. El precio promedio de las vacas de cría fue de $18/kilo aproximadamente.

Hipótesis de trabajo

Las observaciones realizadas hasta el momento sugieren las siguientes hipótesis de trabajo:

a) Mientras existan las condiciones actuales —bajo costo de oportunidad del pasto en la zona de pie de monte y de alto costo de transporte por camión en la sabana— existirá una tendencia a la especialización del pie de monte en ceba y de la sabana en cría.

El bajo costo de oportunidad del pasto en la epoca húmeda en el pie de monte hace que exista una gran

demanda por ganado flaco. Ello explicaría las diferencias encontradas entre el precio del animal flaco y gordo. También hace posible que a muchos ganaderos les convenga trasladar, de la sabana a tierras mejores en el pie de monte, un número de animales mayor que la producción anual sin importarles que en esa misma época la sabana tenga una capacidad de carga máxima. Esto pareciera deberse, en el caso de los novillos, a la mayor ganancia de peso diario que obtienen los mismos en el pie de monte (600 contra 350 gramos), y en el caso de las vacas, a razones de facilidades de manejo; explicando porque se observan las fincas en sabana con menor carga en la época húmeda que en la época seca.

A pesar de ellos se observa en el pie de monte una carga animal inferior a su receptividad, lo que a su vez explicaría el lento proceso de adopción de tecnología disponible —de bajo costo y fácil adopcion— que se observa en dicha zona.

El costo de transporte por camión ha subido en términos reales en los dos últimos años, lo cual hace que el precio del ganado gordo en cada localidad sea cada vez más dependiente de los costos de transporte. El ganado flaco es transportado mediante arreo, representado erogaciones en efectivo sensiblemente inferiores. Ello contribuye a la especialización del pie de monte en ceba y de la sabana en cría.

b) El bajo valor (precio) de las tierras en sabana limita las posibilidades de usarla como garantía en crédito para el caso de tecnologías intensivas en capital. Ello a su vez restringe la posibilidad de su adopción, aun bajo el supuesto de que fueran rentables.

c) La adopción de prácticas mejoradas de manejo en forma aislada —uso de minerales, división de potreros, destete precoz, etc.— no parecen presentar en las tierras de sabana, una gran diferencia en productividad sobre el sistema nativo. En las fincas analizadas, el destete se realiza en promedio a los 12 meses, que es casi la edad en que ocurre en condiciones naturales. El uso de minerales parece estimular sólo un grupo de vacas, las cuales entrarían en una producción superior a la biológicamente recomendable en condiciones de alimentación en sabana, pudiendo contribuir a la muerte de las más productivas, cuando no se tiene un pasto mejorado para recuperarlas.

En relación al uso de minerales, las diferencias encontradas con los resultados experimentales en Carimagua (Proyecto sobre Sistemas de Hatos, Experimento I) parecen deberse a la edad, estado inicial y composición del plantel de vientres. Así, el hato experimental estuvo compuesto originalmente por novillas de primer parto con un peso de apareamiento promedio de 280 kilogramos mientras que el promedio observado en la muestra fue de 235 kilogramos por novilla*. La sabana nativa está sujeta a quemas mientras que la experimental no; en 1975 dos de las seis fincas observadas sufrieron quemas accidentales del 50 y 100 por ciento de la superficie respectivamente. Si bien los minerales resultaron en mayor preñez, las quemas accidentales aumentaron sensiblemente el número de abortos por alimentación deficiente de las novillas de primer

* La diferencia es aún mayor si se tiene en cuenta que las novillas experimentales fueron pesadas al comienzo de la época húmeda, mientras que las de la muestra de fincas fueron pesadas dos meses más tarde.

parto. Asimismo, mientras la provisión de agua a los hatos experimentales es mediante pozo, en la realidad de la sabana las únicas fuentes de agua son los bebederos en las tierras naturales. Ello aumenta sensiblemente el riesgo de muerte por enterramiento de los vientres debilitados por el parto y lactancia.

d) Bajo condiciones de sabana, el riesgo de producción es alto. En las condiciones actuales, pareciera que adoptan aquellas prácticas que, utilizando al máximo sus recursos abundantes, reducen el riesgo asociado al deterioro o la muerte de sus unidades productivas. Ello explicaría porque se adoptan prácticas que implican diferente intensidad de uso de capital —siembra de pasto sin división de potreros, represas y puentes sin pasto mejorado, uso de sal sólo en la época húmeda, casa muy buena pero sin división de potreros, etc—. Dependiendo de la situación particular de cada productor —ausentismo o productor radicado, forma de la finca, disponibilidad de maquinaria ociosa, propiedad de fincas en otras localidades, etc.— y de la magnitud de las pérdidas ocurridas en la finca por hecho de tales como abortos excesivos en un año, quema accidental de la sabana y exceso de muertes por enterramiento.

ADIESTRAMIENTO

En 1976, un grupo de 12 internos posgraduados recibió adiestramiento individual en las áreas generales de salud animal, pastos y forrajes y manejo de hatos ganaderos. El período promedio de adiestramiento fue de siete meses para un total de 84 días-hombre. Estos becarios se seleccionaron en diversos países para su adiestramiento avanzado y así, prepararlos mejor para realizar las responsabilidades de investigación a su cargo, en las instituciones nacionales respectivas.

Siete becarios para estudio se encuentran trabajando para optar al título de maestría; tres completaron sus estudios académicos y adelantan sus proyectos de tesis en las diversas disciplinas del Programa de Producción de Ganado de Carne; los otros cuatro se encuentran en diversas universidades completando sus estudios académicos y se espera que adelanten sus tesis de investigación en la sede del CIAT.

Siete becarios especiales (los cuales permanecen en la sede del CIAT, durante tres meses o menos) recibieron adiestramiento a corto plazo aprendiendo técnicas específicas de investigación o de análisis en las diversas disciplinas.

Se organizó un curso corto en epidemiología de enfermedades del ganado el cual tuvo una duración de dos meses; fue supervisado en el campo por miembros del equipo de ganado de carne, como parte de un curso organizado y financiado por el Centro Panamericano de Zoonosis. La mayor parte del curso en el CIAT consistió en un reconocimiento de enfermedades del ganado de carne en el municipio de Santander de Quilichao, en el departamento del Cauca, Colombia. El trabajo de campo se realizó con la colaboración de la Secretaría de Agricultura del Cauca, el Fondo Ganadero del Valle, la Caja Agraria, el ICA y ganaderos privados.

El objetivo del curso fue enseñar un método sistemático para colectar e interpretar datos biológicos fundamentales en una zona de fincas ganaderas de carne; luego, los participantes del curso podrán esbozar una descripción precisa de la situación de las enfermedades en el área. Con base en informaciones generales de la zona, proporcionadas por las instituciones

colaboradoras, los siete becarios (dos de Brasil y los demás de Chile, Honduras, República Dominicana, México y Guatemala) se dividieron en grupos que hicieron reconocimientos de campo en 35 fincas.

Se tomaron muestras de sangre de 20 animales de los hatos más pequeños (menos de 120 cabezas) y de 40 animales de los hatos más grandes (500-2.500 cabezas). Se muestreó un total de 750 animales que representan una población de 12.401 cabezas Se llenó un cuestionario para cada una de las fincas con el fin de obtener datos sobre parámetros de producción y de nutrición. Las muestras de suero se analizaron en el laboratorio para comprobar la presencia de hemoparásitos y de enfermedades de la reproducción. Al concluir el curso de dos meses, los becarios organizaron un día de campo en una de las fincas ganaderas. Presentaron los resultados preliminares que habían obtenido y discutieron con los ganaderos los posibles medios de mejorar la producción de ganado de carne en la región.

Los datos obtenidos de los cuestionarios y de los análisis de laboratorio se están analizando y se utilizarán no sólo para hacer una evaluación de los estudiantes, sino también como guía para establecer regímenes de medicina preventiva en experimentos que se espera realizar próximamente en esta región.

Ocho asociados en investigación visitantes completaron sus tesis de investigación, como fase final de sus programas de doctorado. Todos los candidatos son patrocinados por otras organizaciones; sin embargo, el CIAT cubre algunos de los costos directamente relacionados con la investigación.

Debido a la ausencia de financiación para proyectos especiales no fue posible ofrecer, en 1976, un curso para especialistas en producción de ganado de carne; sin embargo, se está organizando un curso para un grupo, integrado principalmente por becarios de Guatemala, el cual se iniciará en enero de 1977. La primera fase del curso, cuya duración será de tres meses, se realizará en la sede del CIAT; la fase de campo posterior, con una duración de siete meses, se realizará bajo la supervisión del personal del CIAT en ganaderías privadas de Guatemala.

Se hicieron dos visitas al Ecuador para prestar asistencia al personal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el diseño y organización de un curso de producción de ganado de carne para la región costanera de ese país; ahí se proyecta establecer programas de adiestramiento para técnicos de diversos niveles que trabajan en el sector pecuario.

Durante 1976, se brindó adiestramiento a médicos veterinarios en dos disciplinas especializadas: a) diagnóstico serológico y control de la anaplasmosis y la babesiosis, y b) acarología.

En la primera disciplina, se continuó con el adiestramiento de médicos veterinarios, procedentes principalmente de América Latina. Se hizo especial énfasis en los avances recientes en el diagnóstico serológico y control de la anaplasmosis y babesiosis. Nueve profesionales recibieron adiestramiento en la sede del CIAT: dos norteamericanos de la Universidad de Texas A&M, aspirantes a títulos avanzados y siete latinoamericanos que estaban recibiendo adiestramiento de posdoctorado en hemoparasitología, como internos posgraduados. Los profesionales latinoamericanos provenían de Colombia, Perú, Brasil y República Dominicana. Se recibieron solicitudes de adiestramiento en hemoparasitología, de los gobiernos de Ecuador, Venezuela y Argentina.

En la segunda disciplina, la Unidad de Acarología del CIAT colaboró en el adiestramiento de cinco médicos veterinarios, un candidato al grado de Ph.D. y dos becarios especiales. También, se cooperó en los cursos de adiestramiento

sobre Producción Pecuaria en Técnicas de laboratorio.

En el capítulo sobre Adiestramiento y Conferencias del Informe Anual se presentan varios cuadros, con detalle de cada becario adiestrado en el Programa de Sistemas de Producción de Ganado de Carne.

1671.



Unidad de nutrición porcina

Unidad de nutrición porcina

PROGRESOS LOGRADOS EN 1976

En 1976, la Unidad de Producción Porcina del CIAT se concentró en actividades de adiestramiento, cooperación internacional e investigación.

En adiestramiento, la actividad más importante fue la celebración del Primer Curso de Posgrado en Producción Porcina, el cual tuvo una duración de seis meses, con más de 930 horas de labores de adiestramiento. Se dió énfasis a los trabajos prácticos, a nivel de producción comercial; el ciclo inicial de conferencias incluyó un análisis de los factores relacionados con una eficiente producción porcina y de los problemas limitantes de dicha producción, en América Latina.

Además, el CIAT colaboró en la organización y desarrollo del Primer Seminario Centroamericano de Producción Porcina, que se llevó a cabo en la Universidad de Costa Rica, en la ciudad de San José, con asistencia de 120 participantes de los países centroamericanos. Se considera de mucha importancia la futura organización de este tipo de seminarios regionales como actividad complementaria a los cursos de adiestramiento que ofrece el CIAT. Es una forma de mantener los vínculos con los exbecarios del CIAT y con los técnicos de los programas nacionales de producción porcina en América Latina.

Las actividades de cooperación internacional en producción porcina continúan en proceso de desarrollo con algunas instituciones nacionales de Bolivia, Colombia, Costa Rica y Perú. Las unidades porcinas de Santa Cruz (Bolivia) y Pucallpa (Perú) han iniciado actividades de fomento porcino a nivel regional. En Bolivia, el Proyecto Cooperativo Universidad Gabriel René Moreno -Proyecto Heifer-CIAT, inició trabajos de investigación en evaluación de algunos productos autóctonos como fuente de alimento para porcinos, adiestramiento para porcicultores y fomento de la actividad porcina.

En Perú, el CIAT ofreció asesoramiento para el establecimiento de la Unidad de Porcinos del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA); esta unidad ya cuenta con un pie de cría, lo cual ha permitido iniciar actividades de investigación y fomento porcino.

En Costa Rica, se hicieron algunas modificaciones al plan inicial, dentro del Proyecto Cooperativo Universidad de Costa Rica-CIAT, con el propósito de ampliar el radio de actividades. Se ha asegurado una mayor financiación y el apoyo de otras instituciones (AID y algunas instituciones nacionales como el Ministerio de Agricultura y Ganadería). Se prevé la iniciación de las construcciones de la unidad porcina para comienzos de 1977.

En Colombia, se inició un proyecto cooperativo de asistencia técnica para pequeños porcicultores en La Victoria, departamento del Valle del Cauca, conjuntamente con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Caja Agraria y la Concentración de Desarrollo Rural. Se seleccionaron 10 pequeños porcicultores y se formó un grupo de tipo asociación comunitaria para su financiación. Las pequeñas unidades porcinas son de bajo costo y fácil construcción, utilizando productos y subproductos alimenticios de la región, como dieta básica para los cerdos. Este primer proyecto servirá para estudiar técnicas de transferencia de tecnologías sobre distintos aspectos de la actividad porcina y como base de adiestramiento para los becarios del CIAT.

En investigación, se han continuado estudios sobre nutrición, en especial, tratando de sustituir granos de cereales por pulidiras de arroz, harina de yuca y melaza de caña, durante los períodos de crecimiento y acabado de cerdos.

Se instaló una planta piloto en la sede del CIAT, para estudiar la producción de proteína microbiana a partir de raíces de yuca, como potencial de mucho interés para solucionar el creciente problema de la escasez de fuentes proteínicas para la alimentación de humanos y animales.

ADIESTRAMIENTO

PRIMER CURSO DE POSGRADO EN PRODUCCION PORCINA

Entre el 15 de marzo y el 19 de septiembre de 1976, se llevó a cabo el Primer Curso de Posgrado en Producción Porcina, gracias a la financiación obtenida del Centro Internacional de Investigadores para el Desarrollo (CIID) de Canadá, del CIAT, de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID), del Banco de México, de la Asociación de Crédito y Asistencia Rural del Amazonas (ACAR) de Brasil y del Gobierno de la República Federal Alemana. Se seleccionaron 20 profesionales procedentes de instituciones que desarrollan actividades de producción, enseñanza, extensión o investigación porcina en América Latina (Cuadro 1).

Las actividades relacionadas directamente con adiestramiento, durante la ejecución del curso, representaron un total de 930 horas aproximadamente, distribuidas según el esquema que se ilustra en la Figura 1. En la programación del curso se hizo énfasis en los trabajos prácticos a nivel de producción comercial, además de un ciclo inicial de conferencias en el cual se analizaron aspectos relacionados con producción eficiente (nutrición, manejo, costos de producción, mejoramiento y sanidad porcina) y los principales problemas limitantes de la producción porcina en América Latina. La fase teórico-práctica del curso fue coordinada por especialistas de las unidades de Porcinos, Salud Animal, Economía, Adiestramiento y Servicios de Infor-

Cuadro 1. Grupo de profesionales participantes en el Primer Curso de Posgrado en Producción Porcina.

Nombre del becario	País	Institución	Financiación
Asunción Méndez	México	Banco de México	CIAT
Roberto Silva	México	Banco de México	Banco de México
Olegario García	México	Universidad Nacional	CIAT
Bartolomé Manjarrés	México	Secretaría de Agricultura	Banco de México
Leonel Berducido	Guatemala	ICTA	CIAT
Braulio Fajardo	Honduras	Banco Nacional	CIID
Carlos Blanco	Nicaragua	Univ. Centroamericana	CIID
Adán Ruiz	Nicaragua	Banco Nacional	CIAT
Manuel Padilla	Costa Rica	Ministerio de Agricultura	CIID
Juan Gómez	Panamá	Universidad de Panamá	CIID
Alvaro Alvarez	Colombia	Universidad Nacional	CIAT
Luis F. Ramos	Colombia	Universidad Nacional	CIAT
Jairo A. Venegas	Colombia	Caja Agraria	R. Fed. Alemana
Nilto C. Ataide	Brasil	ACAR	ACAR
Luis Pablo Boutier	Bolivia	Comité de Obras Públicas	CIID
Antonio Gonzáles	Bolivia	Comité de Obras Públicas	CIID
Blas V. Oddone	Paraguay	Ministerio de Agricultura	CIID
Andrés Gonzáles	Paraguay	Ministerio de Agricultura	CIID
Blas Aguilera	Paraguay	Ministerio de Agricultura	AID
Carlos Florentín	Paraguay	Ministerio de Agricultura	AID

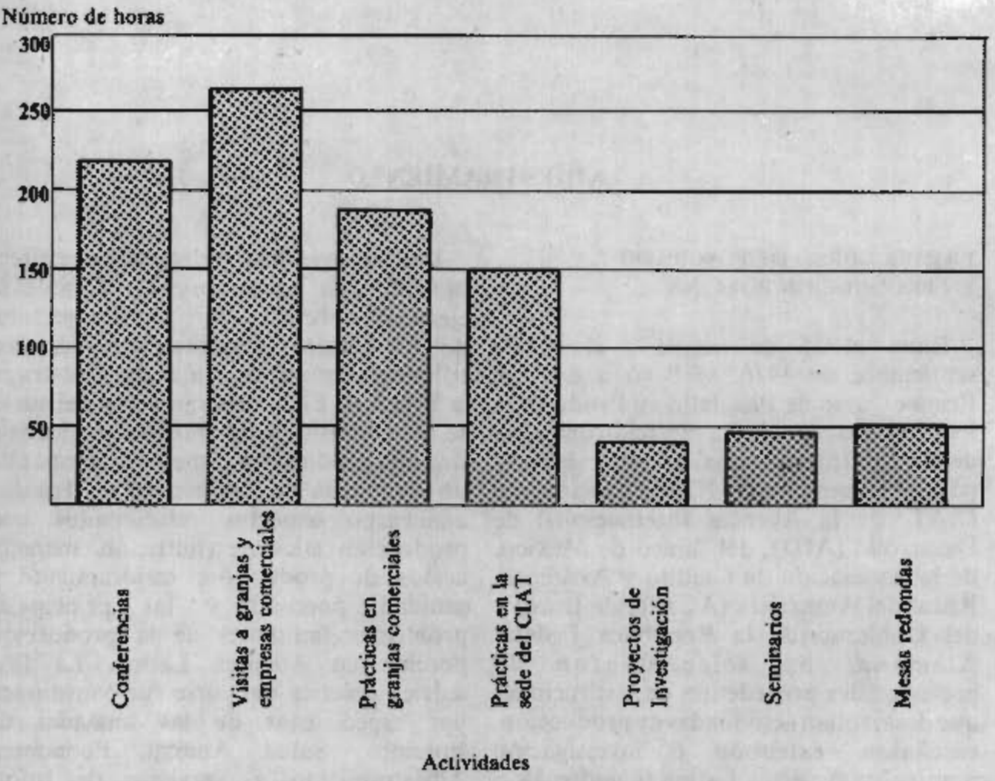


Figura 1. Distribución de actividades en la programación del curso.

mación del CIAT, con la colaboración de técnicos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Caja de Crédito Agrario y otras entidades colombianas.

Los trabajos prácticos se realizaron inicialmente en la Unidad de Porcinos (Figura 2) y posteriormente, en granjas y empresas comerciales. Se formaron grupos de trabajo de 3 a 4 profesionales para la ejecución de prácticas supervisadas y proyectos cortos de investigación. Se seleccionó un día de cada semana para efectuar visitas a empresas agroindustriales relacionadas con la producción porcina en el Valle del Cauca, con el objeto de analizar en forma integrada la situación actual y el potencial de producción porcina en la región. Como complemento, se realizó una gira de estudio durante un mes por granjas porcinas y estaciones experimentales agrícolas de diferentes regiones del país, incluyendo climas cálido, templado y frío, con el fin de evaluar en forma más amplia los sistemas de explotación porcina, con base en los recursos disponibles y en las diferentes situaciones ecológicas existentes en Colombia.

Durante el último mes de adiestramiento, los becarios se distribuyeron en grupos de dos profesionales para permanecer en granjas porcinas comerciales, participando directamente en las actividades rutinarias en cada sitio. Mediante una continua supervisión, por parte de los instructores, se evaluaron los problemas existentes en las granjas, tratando de orientar al porcicultor en los sistemas técnicos de producción.

Como resultado de la evaluación general realizada por los becarios al finalizar el curso, se pudo constatar la gran aceptación que tuvo el enfoque del programa desarrollado. Se trató de medir el nivel general de satisfacción, como indicación del interés y del grado en que se logró

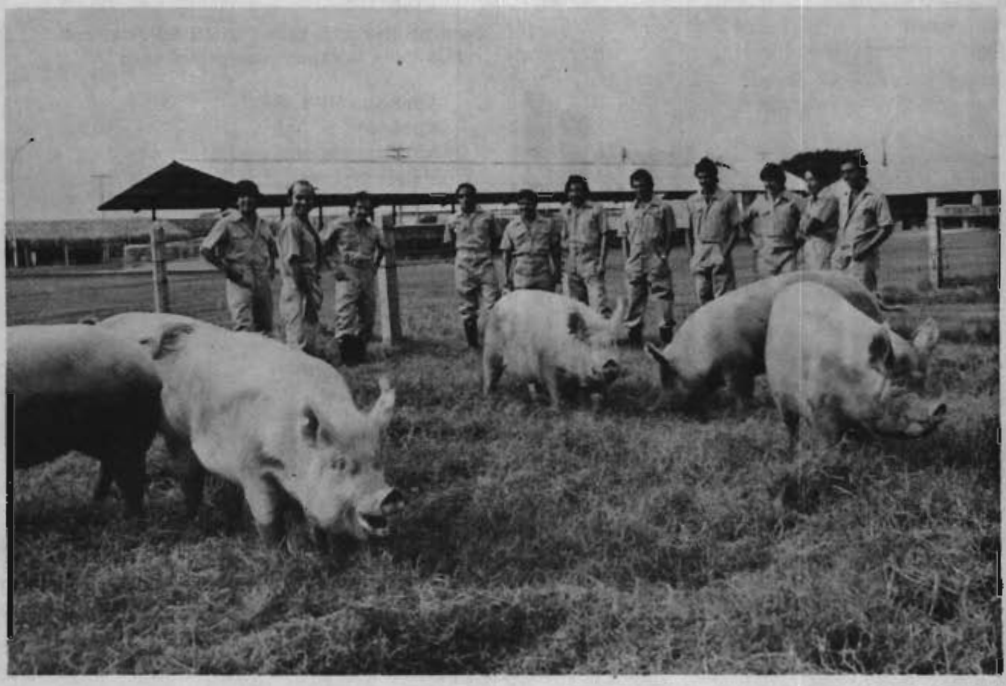


Figura 2. Grupo de becarios realizando prácticas sobre pastoreo de cerdos en la Unidad de Porcinos del CIAT.

alcanzar las expectativas de los becarios, estableciendo una escala de 1 a 100 para que cada becario calificara las actividades realizadas por períodos quincenales. La calificación promedio se presenta en forma gráfica en la Figura 3. Esta gráfica muestra un aumento progresivo del nivel general de satisfacción del curso en el transcurso del mismo.

Los principales factores mencionados por los becarios, relacionados con un mayor grado de satisfacción fueron los siguientes:

- Relaciones humanas entre los becarios y el personal del CIAT que dirigió el curso
- Superación y autoevaluación del becario
- Capacidad de las personas encargadas de la enseñanza
- Alto nivel alcanzado de conocimientos

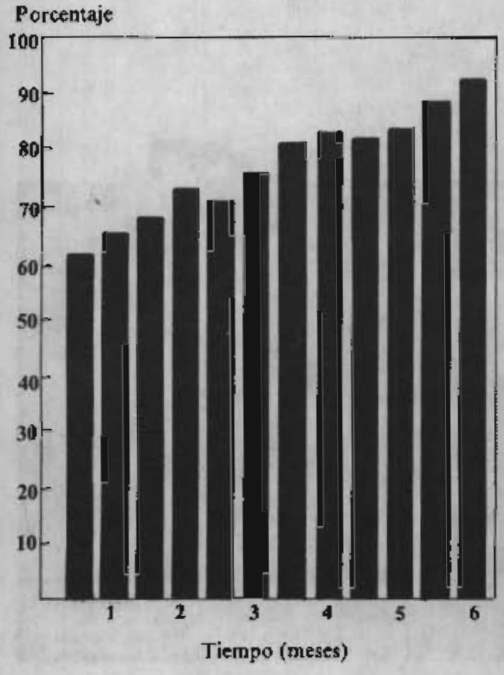


Figura 3. Nivel general de satisfacción de los becarios durante el curso.

- Accesibilidad a los especialistas responsables de la ejecución del curso.

En el Cuadro 2 se presenta información complementaria sobre algunos puntos que, a juicio de los becarios, fueron los aspectos más positivos del plan general de

Cuadro 2. Calificación asignada por los becarios después de analizar los aspectos de mayor importancia en el Curso de Posgrado*.

Aspectos analizados	Porcentaje
Grado en el cual lograron realizar las expectativas:	
En su mayor parte	61
Totalmente	39
Poco o nada	0
Grado en el cual el curso resulta aplicable al trabajo futuro en el país:	
Alto grado	89
Mediano grado	11
Poco o nada	0
Equivalencia de la capacitación del curso con relación a la experiencia profesional:	
Alrededor de 3 años	25
Alrededor de 2 años	47
Alrededor de 1 año	25
Menos de 1 año	0
Tiempo dedicado a conferencias y prácticas en la sede del CIAT:	
Adecuado	65
Excesivo	23
Corto	12
Muy corto	0
Tiempo de permanencia en granjas porcinas:	
Adecuado	56
Excesivo	0
Corto	39
Muy corto	5
Tiempo de gira de estudios por Colombia:	
Adecuado	89
Excesivo	11
Corto	0
Muy corto	0

* Cifras promedio de las encuestas realizadas con 19 becarios.



Figura 4. Anuncio de promoción para el Primer Curso Centroamericano de Producción Porcina.

adiestramiento. Se destaca el alto valor asignado a la forma como los conocimientos adquiridos durante el adiestramiento resultan aplicables en las futuras actividades de los participantes, indicando un buen balance en la programación y ejecución general del curso. También, se observó una gran aceptación del enfoque práctico del adiestramiento, incluyendo el tiempo dedicado a la permanencia en granjas porcinas y a la gira de estudios por diferentes zonas de producción porcina en Colombia. Finalmente, fue muy interesante el hecho de que todos los becarios consideraron que su participación en este curso de adiestramiento les proporcionó una capacitación que equivale de 1 a 3 años de experiencia profesional.

PRIMER SEMINARIO CENTROAMERICANO DE PRODUCCION PORCINA

Durante la semana del 8 al 13 de noviembre se celebró el Primer Seminario Centroamericano de Producción Porcina, en la ciudad de San José, Costa Rica (Figura 4). La organización del seminario estuvo coordinada por la Universidad de Costa Rica, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Banco Central de Costa Rica y el CIAT, con financiación del Banco Central de Costa Rica y el BID (Banco Interamericano de Desarrollo). Los participantes, en número aproximado de 120 personas, eran, en la mayoría de los casos, técnicos de instituciones nacionales centroamericanas en las cuales se desarrollan programas de producción y fomento porcino.

Gran parte de la información presentada durante las conferencias fue preparada por el personal técnico del Programa de Porcinos del CIAT, especialmente en las áreas de nutrición, alimentación, producción y manejo de cerdos. Otros conferencistas invitados de Chile, Colombia, Nicaragua y Costa Rica, analizaron los aspectos de planeación, economía, mejoramiento y sanidad porcina.

Teniendo en cuenta el gran interés y el alto nivel de asistencia a este Primer Seminario, se considera de especial prioridad la organización de otros seminarios en el futuro, tratando de reunir grupos más pequeños y homogéneos de participantes. Esta será una actividad complementaria a los Cursos de Adiestramiento que se ofrecen en el CIAT, para tratar de mantener estrechos vínculos con exbecarios y con técnicos de los programas de Producción Porcina en América Latina.

COOPERACION INTERNACIONAL

BOLIVIA

Tal como se había previsto en las proyecciones del Programa para 1976, el Proyecto Cooperativo Universidad Gabriel René Moreno-Proyecto Heifer-

CIAT, inició los trabajos de investigación, adiestramiento y fomento porcino en la zona de Santa Cruz. Todas las instalaciones y equipos requeridos fueron entregados a satisfacción (Figura 5), así como el pie de cría importado de los Estados Unidos por intermedio del Proyecto Heifer. Inicialmente se importaron 45 hembras y 15 machos de las razas Duroc, Yorkshire y Hampshire. En 1976, se han obtenido dos partos del hato reproductor fundador, con una eficiencia reproductiva altamente satisfactoria. Se han distribuido 130 hembras y 70 machos reproductores puros de las diferentes razas como parte del programa de fomento para los porcicultores de la región.

En la actualidad, el Proyecto Cooperativo dispone de 210 cerdos para las labores de fomento e investigación. Se han iniciado trabajos experimentales evaluando algunos de los productos regionales como fuente de alimento para cerdos, especialmente torta de algodón, harina de arroz y subproductos de la caña de azúcar. Por otra parte, se están ofreciendo cursos cortos de adiestramiento para porcicultores y campesinos de la región. Durante el presente año se han ofrecido cinco cursos, de una semana de duración cada uno, en los cuales han participado un total de 121 personas.

Con respecto al Proyecto Porcino de Monteagudo (Chuquisaca), coordinado por el Comité de Obras Públicas y el BID, se ha incrementado el intercambio de información, especialmente mediante las labores de adiestramiento. Dos profesionales que participan en la ejecución del proyecto terminaron satisfactoriamente el Curso de Posgrado en Producción Porcina ofrecido en 1976 y han regresado a su sede en Monteagudo después de seis meses de permanencia en el CIAT.

PERU

La construcción de galpones, corrales e instalaciones para la Unidad de Porcinos del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), en Pucallpa, fue finalizada durante los primeros meses de 1976 con asesoramiento técnico proporcionado por el CIAT por intermedio del Programa de Porcinos y del especialista del IVITA, quien previamente había participado en el curso de adiestramiento en porcinos. También, el pie de cría fue adquirido



Figura 5. Aspecto de los galpones de levante y ceba en la Unidad del Proyecto Cooperativo UBGRM-Heifer-CIAT en Bolivia.

durante 1976, lo que ha permitido iniciar los primeros trabajos de investigación y fomento a nivel regional. En la actualidad, un técnico del Programa de Yuca del IVITA se encuentra en el CIAT participando en labores de adiestramiento, como punto de partida para el desarrollo de un programa integrado de producción y utilización de yuca en alimentación animal adaptable a la cuenca amazónica del Perú.

COSTA RICA

Se han realizado algunas modificaciones al plan inicial de construcciones del Proyecto Cooperativo Universidad de Costa Rica-CIAT, con el fin de ampliar las actividades del Proyecto, gracias a una mejor financiación y mayor apoyo por parte de la Universidad, de la AID y de otras instituciones nacionales (Ministerio de Gobierno y Ministerio de Agricultura). Aún no se han iniciado los trabajos de construcción debido a los requisitos legales necesarios para la aprobación final del Proyecto. Sin embargo, la situación actual permite prever la iniciación de las construcciones durante los primeros meses de 1977.

El sitio para el Proyecto está localizado a una hora de la sede de la Universidad de Costa Rica, con buenas vías de comunicación y servicios adecuados de agua y energía. En la región existen recursos alimenticios (subproductos de arroz, melaza) que pueden ser utilizados para alimentación de cerdos. Las facilidades en el transporte permitirán una mejor integración con los planes docentes de la Universidad y ofrecer mejor apoyo a los trabajos de investigación. Por otra parte, ya se ha logrado concretar trabajos de integración con el Ministerio de Agricultura para organizar cursos de adiestramiento a porcicultores en varias regiones del país.

Durante la semana del 8 al 13 de noviembre, se realizó en San José, el Primer Seminario Centroamericano de Producción Porcina, coordinado por el Ministerio de Agricultura, el Banco Central, la Universidad de Costa Rica y el Programa de Porcinos del CIAT.

COLOMBIA

En colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Caja de Crédito Agrario y la Concentración de Desarrollo Rural, se inició un Proyecto de Producción Porcina para pequeños productores en la región de La Victoria, donde se ofrece el apoyo logístico permanente: preparación de alimento concentrado, supervisión diaria, instrucciones a los productores, etc., con el asesoramiento periódico de los técnicos del ICA y del CIAT. Fueron seleccionados 10 pequeños productores y mediante la conformación de un grupo asociativo les fue otorgada la financiación necesaria por intermedio de la Caja de Crédito Agrario. Las pequeñas unidades porcinas fueron construidas en forma económica, con material de la región, incluyendo guadua, madera y paja. Así mismo, se ha elaborado un programa alimenticio basado en productos y subproductos de la región los cuales son mezclados por los usuarios bajo el control técnico de los Programas de Porcinos del ICA y del CIAT.

El proyecto inicial se ha enfocado a la producción de cerdos de levante y ceba, pero, posteriormente, se implementará la producción de animales para reproducción con el fin de desarrollar un programa integrado que pueda autoabastecerse de animales en forma continua.

Durante el primer año de labores se ha logrado un eficiente rendimiento económico, equivalente a una utilidad neta del 7,3 por ciento mensual (Cuadro 3), lo que ha permitido a los usuarios obtener un ingreso adicional de importancia, utilizando técnicas sencillas de producción. Los mayores costos de producción están representados por el valor de alimento utilizado (50 por ciento) y el costo inicial de

Cuadro 3. **Estudio económico para el establecimiento de una unidad porcina familiar[1].**

Costos de producción		Col $[2]
Egresos:		
Animales		8.016
Alimento		11.905
Mano de obra[3]		1.242
Energía eléctrica		450
Drogas y otros insumos		110
Intereses, seguros		1.734
Amortización de construcción y equipo[4]		392
	Total . . .	23.849
Ingresos:		
Venta de cerdos		29.197
Utilidad neta:	Mensual	Total
Col $	1.783,00	5.348
Porcentaje	7,3	22,0

1 Cada usuario recibió financiación para un lote de 10 cerdos en cada ciclo. Se programaron 2 ciclos por año. Se presentan los resultados promedio para un ciclo (92 días)

2 En 1976, el peso colombiano estaba al 35:1 en relación con el dólar americano

3 La mano de obra se calculó con base en 2 horas diarias de labores en la unidad

4 Construcción y equipo amortizables en 6 ciclos.

los cerdos (34 por ciento), ya que se trató de hacer la menor inversión posible en construcciones, equipo e insumos diferentes al alimento. Mediante la utilización de materiales de bajo costo, el valor de la amortización para construcciones y equipo sólo representó el 1,6 por ciento con relación a los costos totales de producción. En el proceso de transferencia se ha tratado de conseguir la participación de toda la familia en los aspectos relacionados con manejo de cerdos, preparación de dietas, consecución de materias primas, elaboración de registros contables y de producción, prevención sanitaria, mercadeo y comercialización.

La localización del Proyecto también ha servido como excelente medio de adiestramiento para becarios con interés especial en producción porcina a nivel de pequeños productores.

OTROS PAISES

La colaboración del Programa de Porcinos con otros países de América Latina se ha orientado primordialmente al adiestramiento de profesionales que trabajan en programas de producción, investigación y fomento porcino. Aparte de las entidades ya mencionadas, se ofreció adiestramiento en producción y sanidad porcina a técnicos provenientes de las siguientes instituciones nacionales: Banco Nacional de Crédito Rural y Universidad Autónoma de México, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala (ICTA), Banco Nacional de Fomento de Honduras, Banco Nacional y Universidad Centroamericana de Nicaragua, Ministerio de Agricultura de Costa Rica, Universidad de Panamá, Caja de Crédito Agrario y Universidad Nacional de Colombia, Asociación de Crédito y Asistencia Rural del Amazonas (ACAR) de Brasil, Comité de Obras Públicas de Bolivia y Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay.

INVESTIGACION

EVALUACION DE ALIMENTOS ENERGETICOS

Durante los últimos años el Programa de Porcinos del CIAT ha dedicado gran parte de sus actividades a la evaluación de ingredientes energéticos, los cuales convencionalmente no son empleados, en niveles elevados, para remplazar totalmente los granos de cereales en dietas porcinas. Para la selección de este tipo de

alimentos energéticos se ha tomado en consideración su potencialidad, en términos de la importancia de los cultivos de los cuales se derivan, especialmente en los países latinoamericanos, y preferencialmente de aquellos cultivos que se producen en regiones tropicales o semitropicales. Con base en estas consideraciones los trabajos experimentales en alimentación porcina han sido restringidos a evaluaciones nutricionales de subproductos agroindustriales, tales como puliduras o harina de arroz y de melaza de caña, en vista de la importancia de los cultivos de arroz y de caña de azúcar en América Latina. Además, el potencial del aumento del área y principalmente de los incrementos de rendimiento del cultivo de raíces de yuca, permiten vislumbrar una creciente utilización de estas raíces para alimentación animal, en general y para porcinos en particular.

En los Informes Anuales del CIAT de años anteriores se han incluido resultados experimentales relacionados con el uso de estos ingredientes. El empleo de niveles altos de harina o puliduras de arroz en dietas para cerdos en crecimiento y acabado, resulta generalmente en menores ganancias de peso que las obtenidas con dietas testigo a base de maíz amarillo y torta de soya. La experiencia adquirida en este tipo de trabajos experimentales sugiere sin embargo que la ganancia diaria no necesariamente constituye el parámetro más adecuado para la evaluación integral de un programa de alimentación. Por esta razón, en los experimentos realizados durante 1976, se ha tratado de prolongar los períodos experimentales hasta que los pesos promedios de los cerdos alcancen el peso mínimo (90-95 kilogramos) para ser sacrificados.

Uno de los factores limitantes en la utilización de dietas a base de harina o puliduras de arroz para cerdos en crecimiento y acabado, ha sido el reducido consumo de las dietas. Posiblemente, esto se deba a algunos aspectos físicos de dichas dietas, tales como su consistencia, densidad y palatabilidad o quizás a aspectos nutricionales relacionados con la reducción de energía en la dieta a medida que se aumentan los niveles de inclusión de las puliduras de arroz o a otros factores previamente mencionados, especialmente en términos de la calidad de la proteína suplementaria (Informe Anual del CIAT, 1975). Para estudiar los aspectos adicionales de energía y de palatabilidad se hizo un experimento utilizando dietas a base de 60 por ciento de puliduras de arroz con la adición de niveles crecientes de sebo (para aportar un ingrediente altamente energético) y de melaza de caña (para mejorar la palatabilidad de las dietas experimentales). Los tratamientos que se estudiaron fueron los siguientes: 1) dieta control a base de maíz amarillo; 2) dieta a base de 60 por ciento de puliduras de arroz y 4,5 por ciento de sebo; 3) dieta a base de 60 por ciento de puliduras de arroz, 6,5 por ciento de sebo y 10,0 por ciento de melaza, y 4) dieta a base de puliduras de arroz (55-60 por ciento), 7,5 por ciento de sebo y 15,0 por ciento de melaza. En todas las dietas se utilizó torta de soya como el ingrediente proteínico para balancear las raciones a 16 y 14 por ciento de proteína cruda, para los períodos de crecimiento y acabado, respectivamente.

Los resultados de este experimento aparecen en el Cuadro 4. Los animales alimentados con dietas a base de puliduras de arroz tardaron una semana más que los alimentados con la dieta control para obtener pesos finales de beneficio similar, especialmente para los grupos cuyas dietas incluían melaza en su composición. La adición de 4,5 por ciento de sebo no resultó en mayor consumo de la dieta, en cambio la adición conjunta de niveles más altos de sebo (6,5 y 7,5 por ciento) y de melaza (10,0 y 15,0 por ciento) produjo incrementos de consumo de las dietas, resultando en mayores ganancias de peso.

La información sobre conversión alimenticia (kg de dieta/kg de ganancia de

Cuadro 4. **Utilización de melaza y sebo en raciones a base de puliduras de arroz para cerdos. Resultados obtenidos en crecimiento y acabado.**

Parámetros	Variables experimentales			
	Testigo	Puliduras de arroz		
	Maíz	+ 4,5% sebo	+ 6,5% sebo +10,0% melaza	+ 7,5% sebo +15,0% melaza
No. de días en prueba	119	126	126	126
No. de cerdos/grupo	5	7	8	8
Promedio de pesos en vivo				
Inicial (kg)	18,1	17,6	17,8	17,6
Final (kg)	97,8	89,6	95,5	96,8
Aumento total de peso (kg)	79,7	71,6	77,7	79,2
Consumo total dieta (kg)	256,6	210,9	246,3	262,7
Alimento/aumento de peso	3,22	2,95	3,17	3,32

peso) se expresa en el Cuadro 4; las cantidades de los ingredientes básicos que se reflejan de la composición de las dietas y que contribuyen a obtener las ganancias totales de peso, durante el período experimental, se resumen en el Cuadro 5. Los animales de dieta testigo requirieron, en promedio, por cerdo, 206,7 y 37,9 kilogramos de maíz y de torta de soya, respectivamente, para alcanzar el peso final de beneficio (97,8 kilogramos); la adición de sebo y de melaza en las dietas a base de puliduras de arroz resultaron en aumentos progresivos del consumo total de dieta por animal y una reducción de la cantidad de maíz requerido. Así, en el grupo alimentado con la dieta a base de puliduras de arroz con 7,5 por ciento de sebo y 15 por ciento de melaza, no se requirió la inclusión de maíz; se

Cuadro 5. **Utilización de melaza y de sebo en dietas a base de puliduras de arroz para cerdos en crecimiento y acabado. Consumos totales de dietas e ingredientes básicos.**

Parámetros	Variables experimentales			
	Testigo	Puliduras de arroz		
	Maíz	+ 4,5% sebo	+ 6,5% sebo +10,0% melaza	+ 7,5% sebo +15,0% melaza
Consumo dieta/cerdo (kg)	256,6	210,9	246,3	262,7
Consumo ingredientes/cerdo (kg)				
Maíz amarillo	206,7	42,6	13,4	-
Puliduras de arroz	-	126,5	147,8	151,6
Sebo	-	9,4	16,0	19,7
Melaza	-	-	24,7	39,4
Torta de soya	37,9	22,0	32,5	39,2
Minerales y vitaminas	12,0	10,4	11,9	12,8

necesitaron 151,6, 19,7, 39,4 y 39,2 kilogramos de puliduras, sebo, melaza y torta de soya, respectivamente, por animal. La sustitución de maíz por puliduras de arroz, sebo y melaza resultó satisfactoria nutricionalmente pero el precio normal del sebo suele ser muy elevado como para utilizarlo en raciones comerciales. Sin embargo, los resultados sugieren que tal vez la melaza pueda ser utilizada en mayores porcentajes si el problema fuera sólo de aceptabilidad o palatabilidad de las dietas a base de puliduras de arroz.

La posibilidad de utilizar niveles altos de melaza de caña para sustituir parcial y progresivamente los ingredientes energéticos básicos, ofrece la ventaja de mejorar la aceptabilidad de las dietas en las cuales se incluye, promoviendo un mayor consumo de las mismas y esperándose como consecuencia, ganancias rápidas de peso. Para dietas a base de ingredientes tales como harina de yuca, la melaza permite además mejorar la presentación física de la dieta reduciendo la apariencia polvorienta de ellas. Con el fin de estudiar las combinaciones de puliduras de arroz y de harina de yuca con niveles crecientes de melaza, se realizó un experimento con cerdos destetos hasta alcanzar el peso de mercado (aproximadamente, 95 kilogramos). Para facilitar el aspecto de manejo del alimento y evitar hacer reajustes periódicos con cada incremento en el nivel de melaza, se prepararon dos dietas basales que contenían 18 por ciento de proteína cruda compuestas de puliduras de arroz y torta de soya o de harina de yuca con torta de soya. La composición de estas dietas básicas y de las dietas controles a base de maíz común se presenta en el Cuadro 6. Debido a que los cerdos recién destetos son mas sensibles a los incrementos rápidos de melaza, los períodos requeridos para realizar incrementos de 5 por ciento de melaza, expresados en términos de rangos de peso corporal, fueron mayores en las etapas iniciales de la prueba, comparados con los de las etapas finales. Con base en este programa de alimentación, el aporte de proteína se reducía progresivamente desde 18 hasta 12 por ciento, desde el inicio hasta el final del período de engorde, conforme los niveles de melaza se incrementaron desde 5 hasta 35 por ciento de la dieta total.

Los resultados de este experimento son presentados en el Cuadro 7. Los cerdos alimentados con la dieta de harina de yuca y niveles crecientes de melaza alcanzaron el peso vivo final una semana antes, mientras que aquellos alimentados con la dieta de

Cuadro 6. **Utilización de puliduras de arroz y de harina de yuca con niveles crecientes de melaza para cerdos en crecimiento y acabado. Composición de las dietas experimentales, expresada en porcentajes.**

Ingredientes (%)	Maíz común		Puliduras de arroz*	Harina de yuca*
	Crecimiento	Acabado		
Maíz común	77,7	85,3	-	-
Puliduras o harina de yuca	-	-	77,6	59,5
Torta de soya	17,6	10,0	16,2	34,3
Harina de hueso	4,0	4,0	5,0	5,0
Premezcla comercial	0,2	0,2	0,3	0,3
Sal yodada	0,5	0,5	0,6	0,6
DL-Metionina	-	-	0,3	0,3
Proteína cruda (%)	16	13	18	18

* Dietas basales para ser empleadas con niveles crecientes de melaza de caña, desde 5 hasta 35%.

Cuadro 7. Utilización de puliduras de arroz y de harina de yuca con niveles crecientes de melaza para cerdos en crecimiento y acabado (resultados experimentales).

Parámetros	Variables experimentales		
	Testigo Maíz	Puliduras + melaza	Harina de yuca + melaza
No. de días experimento	119	126	112
No. de cerdos/grupo	8	8	7
Aumento de peso total/animal * (kg)	76,4	77,6	80,7
Consumo total/animal (kg)			
Dieta	227,8	251,6	264,7
Maíz, puliduras o harina de yuca	188,6	151,8	120,5
Melaza	-	56,0	62,1
Torta de soya	28,4	31,7	69,5
Alimento/aumento de peso	2,98	3,24	3,28

* Pesos promedios iniciales y finales para los tres grupos: 17,3 y 93,7; 17,3 y 94,9; 16,9 y 97,6 respectivamente.

puliduras de arroz y melaza lograron el peso final una semana después que los cerdos de la dieta testigo. La adición creciente de melaza resultó en un consumo mayor de dieta total comparada con la dieta testigo. Los datos de consumo de los ingredientes principales indican la factibilidad de utilizar eficientemente, tanto las puliduras de arroz como la harina de yuca con niveles crecientes de melaza. La diferencia más notoria en el consumo de los ingredientes básicos es la elevada cantidad de torta de soya requerida en las dietas a base de harina de yuca, debido al limitado aporte de proteína en este alimento en comparación con el maíz o puliduras de arroz.

Estos y otros resultados experimentales obtenidos en los estudios orientados a resolver, por lo menos parcialmente, los problemas de la producción porcina, tendrán un limitado alcance mientras no sean expresados en términos económicos. En un intento de ensayar una evaluación económica de sistemas de alimentación porcina, la Unidad de Producción Porcina, en colaboración con la Unidad de Biometría, está haciendo el análisis económico de los datos experimentales obtenidos con la utilización del maíz común, del maíz opaco-2 y de la harina de yuca en los diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo. Estos cálculos sugieren que la relación de precios maíz/harina de yuca debería ser igual o mayor que 2÷1 para que la harina de yuca pueda ser utilizada en forma rentable. Estos resultados indican una vez más que el uso de la harina de yuca, en raciones prácticas para cerdos, depende no sólo de su precio en relación con los ingredientes energéticos a los que remplazaría sino también que estará en función de los precios de los alimentos o ingredientes proteínicos.

PRODUCCION DE PROTEINA MICROBIANA

La información contenida en el presente informe, así como la publicada en años anteriores (Informes Anuales del CIAT, 1974 y 1975), ratifica la necesidad de solucionar los problemas relacionados con la mayor cantidad de alimento o ingrediente proteínico necesario para balancear adecuadamente las raciones a

base de harina de yuca o de yuca fresca. Las fuentes proteínicas animales de alta calidad biológica, como la harina de pescado, tienen limitado uso por su constante precio elevado, en la mayor parte del mundo, haciendo prohibitiva su inclusión en dietas comerciales. La torta de soya constituye una fuente proteínica que posiblemente será utilizada en el futuro cercano, aun en países en donde no se cultiva soya, como consecuencia de exportaciones de los principales países productores (Estados Unidos y Brasil). Sin embargo, el creciente interés de utilizar mayor cantidad de torta de soya para alimentación humana, limitaría su disponibilidad futura para alimentación animal. Los subproductos de otras semillas de oleaginosas, como es el caso de la torta de algodón, poseen ciertas restricciones que hacen limitado su uso en grandes cantidades, como las requeridas en las dietas a base de harina de yuca.

Una posibilidad atractiva para el futuro es la producción de proteína microbiana a partir de productos energéticos, como las raíces de yuca. Para estudiar su factibilidad el CIAT (Programas de Yuca y Porcinos) y la Universidad de Guelph, con el apoyo y coordinación del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá, han emprendido un proyecto cooperativo sobre el particular. Científicos de la Universidad de Guelph, en Canadá, han desarrollado el proceso a escala de laboratorio, seleccionado los microorganismos a emplearse y diseñado la maquinaria requerida para la instalación de una planta piloto. La responsabilidad del CIAT consiste en la construcción y funcionamiento de una planta piloto, en la producción de la biomasa final en cantidades suficientes para realizar su evaluación nutricional y toxicológica con animales domésticos, principalmente con cerdos, y en la evaluación económica del proceso.

La planta piloto para producción de proteína microbiana ha sido construida en el CIAT (Figura 6), habiéndose instalado en ella dos fermentadores (diseñados y construidos en la Universidad de Guelph) con capacidad de 200 y 3.000 litros respectivamente. Se espera el arribo de la cosechadora para recuperar la biomasa final; esta cosechadora se construye en Guelph y se espera recibirla a inicios del próximo año. La planta piloto está funcionando actualmente con el fermentador de 200 litros; al llegar la cosechadora se pondrá a funcionar en forma continua el fermentador de 3.000 litros.

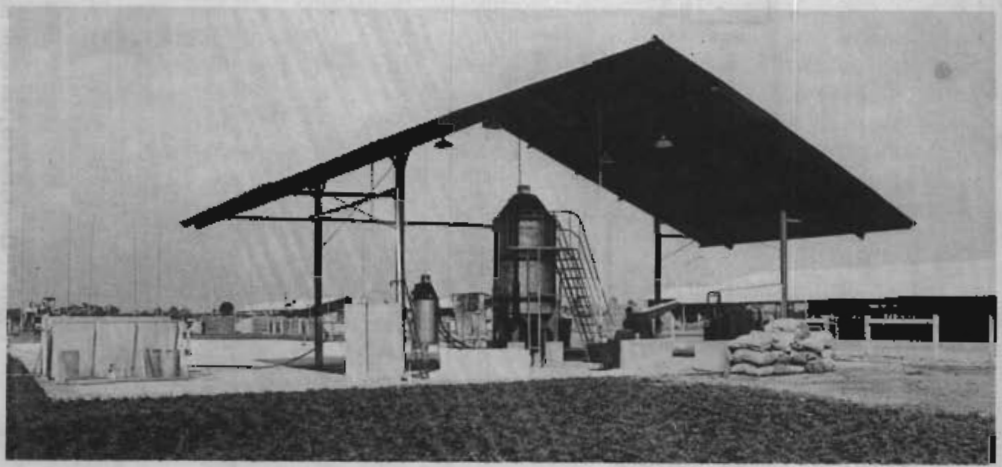


Figura 6. Planta piloto del CIAT para producción de proteína microbiana utilizando las raíces de yuca como el substrato energético.

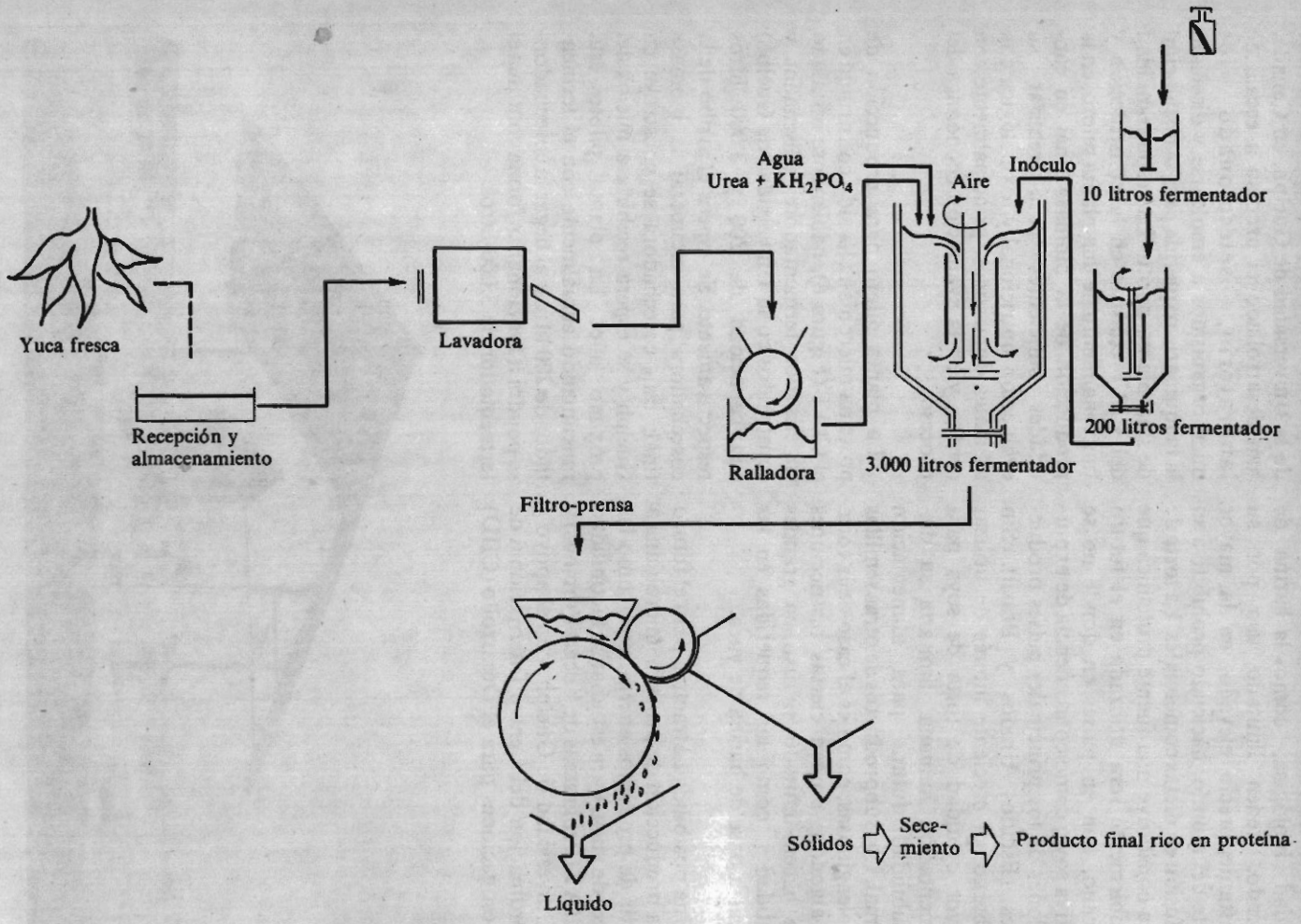


Figura 7. Diagrama del proceso de producción de proteína microbiana por fermentación de las raíces de yuca.

El proceso de producción de proteína microbiana es presentado gráficamente en la Figura 7. Las raíces de yuca que se han cosechado son lavadas con agua para eliminar la tierra adherida a ellas, con el fin de evitar el efecto abrasivo que pueda tener sobre la maquinaria. Las raíces lavadas son ralladas mecánicamente para luego ser colocadas en el fermentador que contiene agua hasta la mitad de su capacidad. El medio acuoso es sometido a una temperatura de 65-70°C para producir la gelatinización del almidón y facilitar su utilización por el microorganismo. Se agrega más agua al medio hasta llenar casi completamente la capacidad total del fermentador. La adición de agua permite reducir la temperatura del medio hasta 45°C y diluir la concentración de carbohidratos totales aproximadamente a 4 por ciento. Una vez estabilizada la temperatura se procede a reducir el pH del medio a 3,5 mediante la adición de una solución de ácido sulfúrico, la cual, además, aporta parte del azufre requerido para el proceso. Después se adiciona úrea como fuente de nitrógeno, y fosfato potásico como fuente de fósforo. Los elementos minerales adicionales que requiera el proceso son aportados por las raíces de yuca.

El microorganismo seleccionado en la Universidad de Guelph y actualmente en uso, a nivel de la planta piloto, es el *Aspergillus fumigatus* I-21A. Este hongo es un mutante que no produce esporas y por lo tanto, el problema de aspergilosis (invasión de esporas en las vías respiratorias) está prácticamente eliminado. Las condiciones selectivas del medio (temperatura 45°C y pH 3,5) para el desarrollo óptimo de este hongo, permiten evitar la contaminación con bacterias y levaduras y además, reducen la necesidad de asepsia en el proceso. La naturaleza filamentosa del hongo no requiere de centrifugación a alta velocidad para su recuperación, pudiendo utilizarse un sistema de prensado y filtrado para la extracción parcial del agua en el proceso de secado de la biomasa final. Estas y otras características adicionales del proceso y del microorganismo permiten vislumbrar la factibilidad de la aplicación del proceso en condiciones prácticas.

El Cuadro 8 muestra el resumen de datos preliminares procedentes de un total de 10 fermentaciones llevadas a cabo en el fermentador de 200 litros, utilizando raíces de yuca fresca. La biomasa final obtenida en el CIAT tiene alrededor de 29 por ciento de proteína cruda comparada con 35 por ciento de proteína en la biomasa obtenida a nivel de laboratorio en Guelph. La eficiencia de conversión de yuca fresca o de su equivalente en materia seca en la biomasa final secada al sol es del orden del 17 por ciento cuando se expresa en términos de peso de yuca fresca y del 48 por ciento

Cuadro 8. **Resultados promedio de la producción de proteína microbiana (*Aspergillus fumigatus* I-21A) con raíces de yuca en la planta piloto del CIAT.**

Parámetros	Valores
Cantidad de yuca fresca* (kg)	25,3
Cantidad biomasa final secada al sol* (kg)	4,3
Rendimiento (%) en peso de la biomasa seca en relación a:	
Yuca fresca	16,9
Yuca, materia seca	48,5
Proteína cruda en biomasa final (%)	28,6
Comparación valor nutritivo** de biomasa en ratas	
PER de caseína	2,5
PER de biomasa seca, sin metionina	1,8

* Promedios de 10 fermentaciones utilizando el fermentador de 200 litros.

** PER o relación de eficiencia proteínica obtenida como promedio de 10 ratas en crecimiento por un período de 28 días.

cuando se expresa en términos de materia seca de las raíces de yuca. En cada una de las 10 fermentaciones realizadas se utilizaron, en promedio 25,3 kilogramos de yuca fresca, obteniéndose en promedio 4,3 kilogramos de biomasa final secada al sol. El valor nutritivo de la biomasa secada al sol con ratas en crecimiento ha dado un PER o relación de eficiencia proteínica (gramos de ganancia de peso por gramo de proteína consumida) de 1,8 comparado con 2,5 para la caseína. Evaluaciones efectuadas con suplementación de metionina, realizadas en Guelph, han resultado en valores nutritivos de la biomasa similares a los de la proteína de la caseína. Los resultados enumerados en este texto están actualmente en vías de verificación bajo condiciones más estandarizadas del proceso.

PUBLICACIONES*

GOMEZ, G., CAMACHO, C. y MANER, J.H. Utilización de yuca fresca y harina de yuca en alimentación.

Trabajo presentado en: Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, México, 8 al 12 de marzo de 1976.

GOMEZ, G., CAMACHO, C. y MANER, J.H. Utilización de dietas a base de harina de yuca, sin suplementación de Metionina, durante los períodos del ciclo de vida del cerdo.

Trabajo presentado en: IV Simposio sobre Raíces Comestibles Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 2 al 7 de agosto de 1976.

GREGORY, K.F., MEIERING, A.G., AZI, F.A., SEDGWICK, J.A.D., CUNNINGHAM, J.D., MacLEAN, S.J., SANTOS, J. and GOMEZ, G. Establishment of a pilot plant for the production of fungal protein from cassava.

Trabajo presentado en: IV Simposio sobre Raíces Comestibles Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 2 al 7 de agosto de 1976.

*Esta lista incluye únicamente artículos que no han sido publicados dentro de las series del CIAT.

Unidad regional de maíz andino



CIMMYT/CIAT

1976

Unidad regional de maíz andino

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES EN 1976

La nueva estrategia del Programa de Maíz del CIAT contempla una reducción muy considerable en los trabajos de mejoramiento, además de un incremento de las actividades de coordinación y promoción del cultivo a nivel internacional. Igualmente, se promoverán las actividades de adiestramiento a todo nivel, dentro del área de los países andinos utilizando recursos humanos y técnicos de esos países.

Las actividades desarrolladas por el Programa durante 1976, se pueden resumir en la forma siguiente:

LABORES DESARROLLADAS EN LA SEDE DEL CIAT

Pruebas de rendimiento

a) Ensayos establecidos con materiales provenientes del CIMMYT

b) Ensayos establecidos con materiales desarrollados por el CIAT

c) Ensayos regionales (ENZAT y ENZAS).

Proyectos especiales

a) Selección de materiales para áreas mal drenadas

b) Observación y mejoramiento de materiales de porte bajo

c) Selección y mejoramiento de materiales con el gen opaco-2 con endosperma cristalino.

Multiplicación de semilla

ACTIVIDADES REGIONALES

Proyecto cooperativo CIMMYT-CIAT

Reunión de maiceros de la Zona Andina.

ACTIVIDADES DE ADIESTRAMIENTO.

LABORES DESARROLLADAS EN LA SEDE DEL CIAT

PRUEBAS DE RENDIMIENTO

a) Ensayos establecidos con materiales provenientes del CIMMYT

En el segundo semestre de 1976 se sembraron cuatro ensayos denominados IPTT (Internacional Progeny Testing Trial): IPTT-23, blanco cristalino; IPTT-27, amarillo cristalino; IPTT-31, braquíticos e IPTT-42, ETO x Illinois. Cada uno de estos ensayos, fue sembrado en un diseño de látice simple 16 x 16 con 256 entradas y dos repeticiones. Con base en los resultados obtenidos y una vez que se hayan analizado los datos respectivos, el personal técnico del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) producirá una variedad experimental de cada uno de los cuatro ensayos IPTT, recombinando las 10 mejores familias.

En el segundo semestre de 1976 se sembraron además tres ensayos EVT (Ensayo de Variedades Experimentales), también provenientes del CIMMYT. De éstos, dos fueron sembrados con maíces normales (EVT-14B y EVT-16) y uno con materiales opacos (EVT-15). En estos ensayos se incluyen variedades experimentales desarrolladas en el CIMMYT con base en los resultados obtenidos en los IPTT a escala mundial. Las variedades que mejor se comporten, se pondrán luego a disposición de los programas nacionales de maíz en los países de la zona andina.

b) Ensayos establecidos con materiales desarrollados por el CIAT

El Programa de Maíz del CIAT ha puesto mucho énfasis en la incorporación del gen braquítico-2 en muchos materiales experimentales. La acción de este gen se manifiesta en un acortamiento de los entrenudos del tallo, resultando en una planta de porte bajo. Este acortamiento de los entrenudos hace a las plantas más resistentes al acame (volcamiento). Sin embargo, la acción de este gen produce simultáneamente algunas características indeseables, como son la falta de uniformidad en la altura de la planta y una anchura excesiva de las hojas. Esta última condición se traduce en una reducción del rendimiento de la planta, ya que las hojas cubren la inflorescencia femenina lo cual, a su vez, resulta en una polinización deficiente. Estos inconvenientes se pueden eliminar o reducir por medio de selección y recombinación.

En el primer semestre de 1976 se sembraron los materiales braquíticos desarrollados por el CIAT con el objeto de determinar la utilidad de los mismos y de poner a disposición de los programas nacionales de la zona andina las mejores familias.

Los resultados obtenidos indican que existe material promisorio, con alto rendimiento y porte bajo, el cual es factible de ser promovido en la zona andina (Cuadro 1).

c) Ensayos regionales

Los ensayos denominados ENZAT (Ensayos Zona Andina Tropical) son parte de un proyecto regional que tiene como objetivo promover el intercambio de germoplasma entre los países andinos. Los materiales incluidos en estos ensayos fueron proporcionados, en su mayoría, por los programas de mejoramiento de los diferentes países y son una muestra de las mejores variedades tropicales con que cuentan esos programas.

En el primer semestre de 1976 se sembraron dos ensayos ENZAT en la sede del CIAT en Palmira. Los materiales

Cuadro 1. **Resumen de los resultados obtenidos en 3 ensayos de rendimiento sembrados con materiales braquíticos desarrollados por el CIAT.**

Ensayo	Material	Origen	Rendimiento kg/ha 15% humedad		Altura planta (cm)		Dias a 50% floración femenina	
			Media de la población	Media fam. selec.	Media de la población	Media fam. selec.	Media de la población	Media fam. selec.
C76 A-3*	Br 2 blancos y amarillos H.C.	C75 B-3	7.944	8.793	202	198	64,5	65.0
C76 A-5**	Br 2 amarillos M.H.	C75 B-4	6.931	7.852	218	208	65,0	64,4
C76 A-6***	Br 2 blancos y amarillos M.H.	C75 B-2	6.958	8.280	206	192	64,0	64,0

* Mejor testigo: Pal 7435. Produjo 9.597 kg/ha; 245 cm de altura y 62 días a la floración
** Mejor testigo: ICA H-256. Produjo 7.464 kg/ha; 170 cm de altura y 63 días a la floración
*** Mejor testigo: ICA 7431. Produjo 10.397 kg/ha; 200 cm de altura y 66 días a la floración.

probados incluyeron tres variedades de Bolivia, seis de Ecuador, seis de Perú, seis de Venezuela y seis de Colombia. Como testigos se sembraron materiales del CIMMYT y del CIAT.

Los resultados obtenidos (Cuadro 2) indican que las variedades que tuvieron mejor rendimiento fueron: Simeto, de Venezuela (10.000 kg/ha); La Posta, del CIAT (11.149 kg/ha) y Mezcla Tropical Blanco, del CIMMYT (10.439 kg/ha). Estos tres materiales son de porte alto (300, 290 y 300 centímetros, respectivamente); sin embargo, la variación genética existente dentro de estos materiales permitirá utilizarlos como material básico en los diferentes programas de mejoramiento en la zona andina.

También se realizan, dentro de ensayos regionales, los que abreviadamente se han denominado ENZAS (Ensayos Zona Andina en la Sierra).

PROYECTOS ESPECIALES

a) Selección de materiales para áreas mal drenadas

Continuando con este proyecto, iniciado en 1974, se hicieron selecciones en un lote de la variedad La Posta, sembrado en un área mal drenada en la sede del CIAT. La selección se hizo tomando en cuenta: altura de planta, tamaño y sanidad de la mazorca y precocidad. Se seleccionaron 147 mazorcas que se sembraron en el segundo

Cuadro 2. **Variedades que tuvieron el rendimiento más alto en el Ensayo Zona Andina Tropical (ENZAT). CIAT, Palmira, 1976.**

País o lugar de origen	Variedad	Rendimiento kg/ha	
		Siembra enero	Siembra marzo
Colombia	H-302	6.714	-
	H-154	-	8.090
Venezuela	Var. Simeto	6.988	10.000
Perú	PMC-747	6.585	9.215
CIAT	P.B. Blanco	7.744	-
	La Posta	-	11.149
Ecuador	Var. 13	6.975	-
	Var. 2	-	8.396
Bolivia	Sint. 10 Lin. PD (MS-6)	6.532	-
CIMMYT	PD (MS-6)	5.004	-
	Mez. Trop. Bl.	-	10.439

semestre de 1976, en un lote de medios hermanos para continuar con el proceso de selección y obtener finalmente materiales que resistan las malas condiciones de drenaje del suelo.

b) Observación y mejoramiento de materiales de porte bajo

Se ha observado que los materiales de porte bajo desarrollados por el CIMMYT, al ser plantados en el Valle del Cauca, se comportan de manera diferente, creciendo de 50 a 100 centímetros más que en su lugar de origen. Este fenómeno también ocurre en otras localidades del mundo. Por lo tanto, las selecciones hechas en el CIAT, de materiales generados en el CIMMYT, ayudarían a desarrollar materiales más estables en cuanto a altura de planta. En el segundo semestre de 1976, se estableció un lote de cruzamientos con 212 familias de la variedad Tuxpeño Planta Baja. Al momento de la floración se seleccionarán las familias de porte bajo y se cruzarán entre sí para lograr una recombinación de caracteres. Se usará una presión de selección del 50 por ciento. La semilla resultante se enviará al CIMMYT para efectuar otro ciclo de selección y posteriormente, se sembrarán nuevamente en el CIAT las familias generadas en el CIMMYT. Este procedimiento se continuará hasta estabilizar la altura de planta.

c) Selección y mejoramiento de materiales con el gen opaco-2 con endosperma cristalino

La variedad experimental VE-21 del ICA, seleccionada por el proyecto cooperativo ICA-CIAT de la variedad opaca del CIMMYT Veracruz 181 x Antigua Gr 2 x Venezuela 1-0_2, tiene varias características indeseables, siendo quizás la más importante su altura excesiva, razón por la que es más susceptible al acame (volcamiento). Con el objeto de corregir este inconveniente, se seleccionaron mazorcas provenientes de un lote de aumento de semilla, sembrado en la sede del CIAT. Se seleccionaron plantas bajas que no presentaron acame. Se envió una muestra de cada una de las mazorcas con el objeto de hacer análisis para determinar la cantidad y calidad de la proteína. Se sembrarán las mejores familias en un lote de medios hermanos para continuar su proceso de mejoramiento.

AUMENTO EN LA DISPONIBILIDAD DE SEMILLA

Con el objeto de poder dar cumplimiento a las solicitudes que se reciben frecuentemente de los programas de mejoramiento de la zona andina, con respecto a materiales diversos de maíz, se han establecido varios lotes dedicados al aumento de semilla de variedades promisorias.

ACTIVIDADES REGIONALES

PROYECTO COOPERATIVO CIMMYT-CIAT

A partir de mayo de 1976, se ha iniciado un proyecto cooperativo entre CIMMYT y CIAT, el cual es operado por un equipo de dos especialistas en maíz, provenientes del CIMMYT. Este equipo se ha dedicado a reforzar los programas nacionales de maíz de la zona andina, teniendo como sede el CIAT, en Cali, Colombia.

Las principales responsabilidades del equipo de maíz CIMMYT-CIAT se resumen como sigue:

1. Asesorar los programas nacionales y sus respectivos gobiernos en el estudio de sus problemas de producción, investigación y transferencia de tecnología en el cultivo de maíz.
2. Promover ensayos de variedades de

maíz a nivel regional (de los materiales generados en los programas nacionales) e internacional (materiales del CIMMYT) responsabilizándose del análisis de los resultados obtenidos.

3. Colaborar en la organización de una reunión de maiceros de la zona andina, cada año o cada dos años.
4. Identificar candidatos en los diferentes países para su futuro adiestramiento en producción y en mejoramiento de maíz en CIMMYT o en CIAT.
5. Promover el intercambio de material genético entre los programas nacionales de la zona andina y entre éstos con CIMMYT y CIAT.
6. Estimular la cooperación entre los técnicos de los diferentes países, dando los pasos necesarios para que los científicos de un determinado país asesoren a los de los países vecinos.
7. Promover programas de adiestramiento en producción, a nivel nacional e internacional, para especialistas en transferencia de tecnología.
8. Elaborar un informe anual sobre mejoramiento de maíz en la zona andina, que tome en consideración las necesidades específicas de los diferentes países de la zona.

De las consideraciones anteriores se desprende que para poder llevar a cabo sus funciones de coordinación entre CIMMYT-CIAT y los programas nacionales de la zona andina, el equipo CIMMYT-CIAT debe orientar sus actividades hacia una colaboración muy estrecha con los técnicos y gobiernos de dicha zona, mediante visitas frecuentes a los diferentes países, promoviendo el intercambio de ideas, materiales y técnicas e identificando necesidades de adiestramiento de técnicos a diferentes niveles (becarios, candidatos a MS y Ph.D.).

En síntesis, las actividades del equipo CIMMYT-CIAT, desde que este proyecto se inició y en el futuro, tenderán a reducir las investigaciones en maíz en la sede del CIAT e incrementar aún más las visitas a los programas nacionales.

Las actividades regionales del equipo CIMMYT-CIAT, en el período de mayo a finales de 1976, han sido desarrolladas por un solo miembro; el otro miembro del personal ingresará al CIAT en enero de 1977. Tales actividades se han concentrado en los siguientes puntos:

Participación en la revisión de programas de mejoramiento y producción en dos países: Ecuador y Bolivia. En el caso de Perú, los técnicos del PCIM (Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz) han elaborado un proyecto de desarrollo integral para la zona de la selva central (departamentos de Junín y Pasco). Este documento se tradujo al inglés y se envió a la República Federal Alemana con el fin de conseguir ayuda económica.

Supervisión de los ensayos de progenies (IPTT) y de variedades experimentales (EVT y ELVT) en Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. En Venezuela, debido a las condiciones climatológicas, no fue posible establecer tales ensayos.

Promoción de ensayos (ENZAT y ENZAS) de variedades para trópicos altos y bajos, provenientes de los programas nacionales. Estos ensayos se diseñaron de acuerdo con los líderes de los programas de mejoramiento de los diferentes países. Las variedades que se incluyen en ellos son de polinización libre y los híbridos incluidos son de pedigrí abierto. Se insistió en que los materiales que los programas nacionales quisieran probar en estos ensayos, deberían ser de pedigrí abierto ya que el objeto de tales ensayos es el de promover el intercambio de materiales entre los países.

En 1976 se envió un total de 14 ensayos ENZAT y de 9 ensayos ENZAS, distribuidos en la forma siguiente:

País	ENZAT No. ensayos	ENZAS No. ensayos
Bolivia	1	2
Brasil	3	-
Colombia	2	3
Ecuador	2	2
Perú	4	2
Venezuela	2	-

Hasta finales de año, han sido sembrados seis ensayos ENZAS y ocho ENZAT.

Reunión de maiceros de la zona andina

Se cooperó con los técnicos del INIAP en Ecuador, en la organización y financiamiento de la VII Reunión de Maiceros de la Zona Andina, celebrada en Guayaquil, Ecuador, del 18 al 23 de octubre. Hubo 64 participantes de siete países y se presentaron 40 trabajos. El último día de la reunión se dedicó a visitar los lotes experimentales establecidos en la Estación Experimental de Pichilingüe, del INIAP. También, se decidió entre otras cosas, lo siguiente:

1. Organizar y llevar a cabo la próxima reunión en Lima, Perú, en 1978.
2. Procurar que los trabajos que se presenten en esa reunión sean de relevancia regional, evitando presentar trabajos de aplicación local.
3. Establecer normas para la elaboración y presentación de los trabajos.
4. Establecer un ensayo uniforme de variedades de zonas altas para buscar fuentes de resistencia al gusano elotero *(Spodoptera frugiperda)*. Este ensayo se sembrará en Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia.
5. Continuar, por un año más, los ENZAS y ENZAT.

ACTIVIDADES DE ADIESTRAMIENTO

Una parte muy importante de las actividades del equipo CIMMYT-CIAT es la de promover el adiestramiento a todo nivel. Hasta fines de 1976 se han identificado, en la zona andina, y enviado al CIMMYT, cuatro técnicos (dos ecuatorianos, uno peruano y uno venezolano) para hacer un adiestramiento en servicio en mejoramiento y producción. El compromiso es el de adiestrar, cuando menos, cuatro técnicos cada semestre. También, se envió al CIMMYT un técnico peruano, como científico visitante, por un período corto, con el objeto de que se familiarice con el conjunto de labores que se llevan a cabo en ese centro internacional.

En cuanto a la promoción de cursos de adiestramiento, dentro de los países andinos, con la finalidad de utilizar el talento local y auspiciar la colaboración de los técnicos de un país en los cursos de adiestramiento de los países vecinos, se ha llegado a un acuerdo con el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) de reciente creación, para organizar cursos cortos de adiestramiento en producción de maíz para extensionistas. Estos cursos se llevarán a cabo en Santa Cruz y en Cochabamba, en la última quincena de febrero de 1977.

El adiestramiento complementa las funciones de promoción del cultivo.

Programa de mejoramiento de arroz



Programa de mejoramiento de arroz

PROGRESOS LOGRADOS EN 1976

En 1976 se completó la evaluación de seis líneas promisorias de arroz. Se multiplicó semilla básica de las líneas 4421 y 4461, las cuales fueron seleccionadas y denominadas CICA 9 y CICA 7, respectivamente. Otra línea promisoria (4440), fue seleccionada para multiplicación de semilla básica y posiblemente será denominada como variedad en 1978. Se distribuyó semilla de CICA 7 y CICA 9 y de otras líneas a los programas nacionales de varios países en América Latina. Como resultado de esta colaboración internacional, la línea 4444, hermana de la línea 4440, fue denominada INIAP 7 por el Programa Nacional de Arroz de Ecuador. Igualmente, la línea 4422, hermana de CICA 9, fue denominada Tikal 2 por el ICTA, en Guatemala.

Se continuó con la selección de progenies orientadas hacia la formación de nuevas variedades con resistencia múltiple a piricularia, proveniente de las fuentes Tetep, Dissi Hatif, C46-15, Colombia 1 y Carreón. De 587 cruces múltiples efectuados en 1975, se seleccionaron en 1976 unas 24.000 plantas en generación F_2, por su resistencia a piricularia y otras características deseables. Este material fue evaluado en el laboratorio por su calidad de grano y su resistencia a piricularia en las camas de infección. Parte del material evaluado fue transplantado al campo para continuar con el proceso de selección, en generaciones más avanzadas.

En la selección de progenies, también se continuó con un segundo enfoque que consiste en incorporar resistencia múltiple a piricularia, mediante el proceso de retrocruzamiento para producir variedades multilineales. En 1976, las combinaciones individuales F que mostraron resistencia a piricularia, se retrocruzaron dos veces con las líneas 4414 y 4421 que sirven como progenitores recurrentes.

Se inició el Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, con el fin de acelarar el desarrollo, la evaluación y la diseminación a los agricultores, de un flujo continuo de variedades mejoradas con amplia adaptación a diversas zonas y sistemas de cultivo. Para coordinar la ejecución de las pruebas y establecer los viveros de líneas y variedades de arroz, se llevó a cabo la primera conferencia en agosto de 1976. A esta conferencia asistieron 35 delegados de 14 países de América Latina. Se definió que los viveros deberían ser formados con materiales específicamente adaptados para América Latina, teniendo en cuenta el tipo de grano y la calidad de molinería y culinaria. Se establecieron tres viveros: el de rendimiento (VIRAL), el de piricularia (VIPAL) y el de observación (VIOAL). Algunos países solicitaron la formación de otros viveros, para casos específicos de suelos ácidos y salinos, temperaturas bajas y aguas profundas. El VIRAL fue formado con 24 variedades sugeridas por delegados de 11 países. En noviembre de 1976, se despacharon 28 juegos de este vivero a los programas nacionales de 18 países de América Latina.

Se viene estudiando, desde septiembre de 1976, el problema de una quemazón foliar del arroz observada en Panamá y Colombia. Los resultados preliminares de patogenicidad indican que los síntomas corresponden al añublo bacterial del arroz, causado por *Xanthomonas oryzae*.

En estrecha colaboración con el Programa de Adiestramiento y Conferencias del CIAT, se dió entrenamiento en sistemas de producción y mejoramiento de arroz a siete profesionales de los siguientes países: dos de Honduras, dos de Perú, uno de Colombia, uno de Brasil y uno de Guyana. Estos becarios participaron en la producción de semilla básica y certificada de CICA 7 y CICA 9, así como también en la ejecución de ensayos de transplante para el control de arroz voluntario o espontáneo y en la estimación de pérdidas de grano en la cosecha.

Se continuaron, en 1976, los estudios de ingeniería sobre control del agua. Las pérdidas de agua en los reservorios y diques fueron calculadas para diseñar un modelo apropiado para el sistema de arroz bajo riego. Se diseñó una bomba de fácil instalación y fabricación local, con una capacidad de bombeo de un metro cúbico por segundo. Se incluye información sobre pruebas de bombeo, con diferencias de nivel de agua entre 75 y 200 centímetros. En 1977, el CIAT tendrá disponible para quien lo solicite, un diseño más económico de una bomba para uso en cultivos de arroz bajo riego.

Se desarrolló un modelo econométrico con base en estudios de economía sobre la producción y demanda de arroz en Colombia; mediante ese modelo se estimó que los beneficios de la utilización de variedades de alto rendimiento fueron recibidos, en su mayor parte, por los consumidores de bajos ingresos. Esto se debió a que los precios del arroz se mantuvieron a niveles mucho más bajos de lo que hubieran sido en ausencia de alto rendimiento.

INTRODUCCION

Los países latinoamericanos, con excepción de Brasil, han adoptado las variedades semienanas de arroz, con alta capacidad de producción, en un 40 por ciento, en particular, en las áreas de riego y en aquellas que dependen del agua lluvia (secano) pero con facilidades de mecanización. En el resto de las áreas arroceras, las nuevas variedades no han sido adoptadas, posiblemente por condiciones adversas tales como: períodos largos de sequía, aguas profundas, temperaturas bajas, plagas o enfermedades, problemas de suelos, preferencia del consumidor por determinada calidad de grano o bien, simplemente por falta de mayor colaboración entre los centros internacionales de investigación agrícola y los programas nacionales.

COLABORACION INTERNACIONAL

El Programa de Arroz del CIAT, en cumplimiento del objetivo fundamental que persigue la Institución, como es contribuir a elevar los rendimientos nacionales por unidad de superficie en los países latinoamericanos, desde 1968 ha desarrollado una amplia gama de actividades orientadas a impulsar una mayor producción: identificación de factores limitantes en el rendimiento, colaboración estrecha con el personal técnico arrocero de las instituciones nacionales, adiestramiento de especialistas en investigación y en producción, así como cooperación profesional en lo que respecta al establecimiento de pruebas internacionales de líneas y de variedades mejoradas. Esta colaboración ha sido más estrecha con los países centroamericanos, Colombia y Ecuador. En un grado menor, se ha colaborado con los técnicos de Brasil, Venezuela, República Dominicana, Jamaica, Perú y Paraguay.

En Colombia, los resultados del Programa Cooperativo de Arroz CIAT-

ICA han sido positivos. Por esto la producción nacional de arroz en cáscara (paddy) llegó a un nivel de 1.622.230 toneladas en 1975 y exportó aproximadamente 166.000 toneladas; en años anteriores, el país casi no había exportado arroz. Se considera que el 81% de esta producción se debió a las nuevas variedades de alta producción. Este hecho señala el potencial que existe en cuanto a la posible difusión de tecnología generada en Colombia que pueda ser aplicada en áreas similares de América Latina.

PROGRAMA DE PRUEBAS INTERNACIONALES DE ARROZ

En 1975, el International Rice Research Institute (IRRI) inició el Programa de Pruebas Internacionales de Arroz que cubre varios países del mundo; la coordinación con los programas nacionales ha sido hecha por el IRRI o bien, por otros centros internacionales de investigación agrícola.

En 1976 se puso en marcha el Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina por cuanto las necesidades del consumidor, del sistema de cultivo y otros factores de la producción son diferentes en América Latina en comparación con el resto del mundo. Este programa es auspiciado por el IRRI y el CIAT pero la coordinación con las instituciones nacionales es responsabilidad del CIAT; el programa, fundamentalmente, evalúa y distribuye, para su posterior aprovechamiento, las mejores variedades de arroz obtenidas en otros países, con base en las condiciones ambientales propias de cada país. En esta forma se acelera el desarrollo, evaluación y disponibilidad a los agricultores de un flujo continuo de variedades mejoradas que tengan buena adaptación a diversas áreas arroceras y distintos sistemas de cultivo.

ESTABLECIMIENTO DE VIVEROS INTERNACIONALES

Con el objeto de definir los propósitos del Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina (PIAL) y luego establecer las modalidades de coordinación de las pruebas y establecimiento de viveros de líneas y variedades, se organizó una reunión, en agosto de 1976, que fue la primera de una serie de conferencias similares. A esta reunión se invitaron los líderes de los programas nacionales de arroz existentes en América Latina. En el Cuadro 1 se indican los países participantes y el número de delegados por país. Los delegados presentaron información muy útil en cuanto a áreas de producción, actual y potencial, niveles de producción, problemas del cultivo y número de investigadores arroceros. Estos datos se presentan en los Cuadros 2 y 3. Con base en la información obtenida se elaboró el Mapa 1 en el cual aparecen las áreas arroceras de América Latina.

Se acordó en esa reunión que los viveros que se han de establecer se hagan con base, principalmente, en el tipo de grano, calidad de molinería y culinaria de las variedades

Cuadro 1. Países participantes en la primera conferencia del Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina (PIAL). 1976.

País	No. de delegados
Brasil	6
Colombia	11
Costa Rica	2
Ecuador	1
El Salvador	1
Guatemala	1
Guyana	1
Honduras	2
México	1
Panamá	2
Perú	1
República Dominicana	2
Surinam	2
Venezuela	2
Estados Unidos	1*
Filipinas (IRRI)	4*

* Conferencistas.

Cuadro 2. **Area, producción y rendimiento del cultivo de arroz en América Latina, 1975*.**

País	Area (1000 ha)		Producción (1000 ton)		Rendimiento (ton/ha)	
	Riego	Secano	Riego	Secano	Riego	Secano
Brasil	1.050,0	5.950,0	2.860,0	7.140,0	2,7	1,2
Colombia	285,0	95,5	1.471,1	151,1	5,1	1,6
Costa Rica	-	87,1	-	195,6	-	2,2
Ecuador	45,5	84,5	300,0	-	-	2,4
El Salvador	-	11.1	-	32.1	-	2.9
Guatemala	-	31,0	-	45.5	-	1,5
Guyana	120,0	-	282,0	-	2,3	-
Honduras	-	15,0	-	19,2	-	1,3
México	119,5	119,5	501,9	216,1	4,2	1,8
Panamá	-	115,0	-	185,0	-	1,7
Perú	107,1	25,0	610,5	37,5	5,7	1,5
Rep. Dominicana	84,0	-	260,0	-	3,1	-
Surinam	29,0	-	173,0	-	3,7	-
Venezuela	65,0	105,0	292,0	262,5	4,5	2,5
Subtotal	1.906,0	6.638,7	6.750,5	8.284,6	3,5	1,3
Total	8.544,7		15.035,1			

* Cifras suministradas por los delegados que asistieron a la primera conferencia sobre Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina. No asistieron delegados de Argentina, Bolivia, Cuba, Nicaragua, Paraguay y Uruguay. En estos países hay alrededor de 280.000 ha sembradas en arroz.

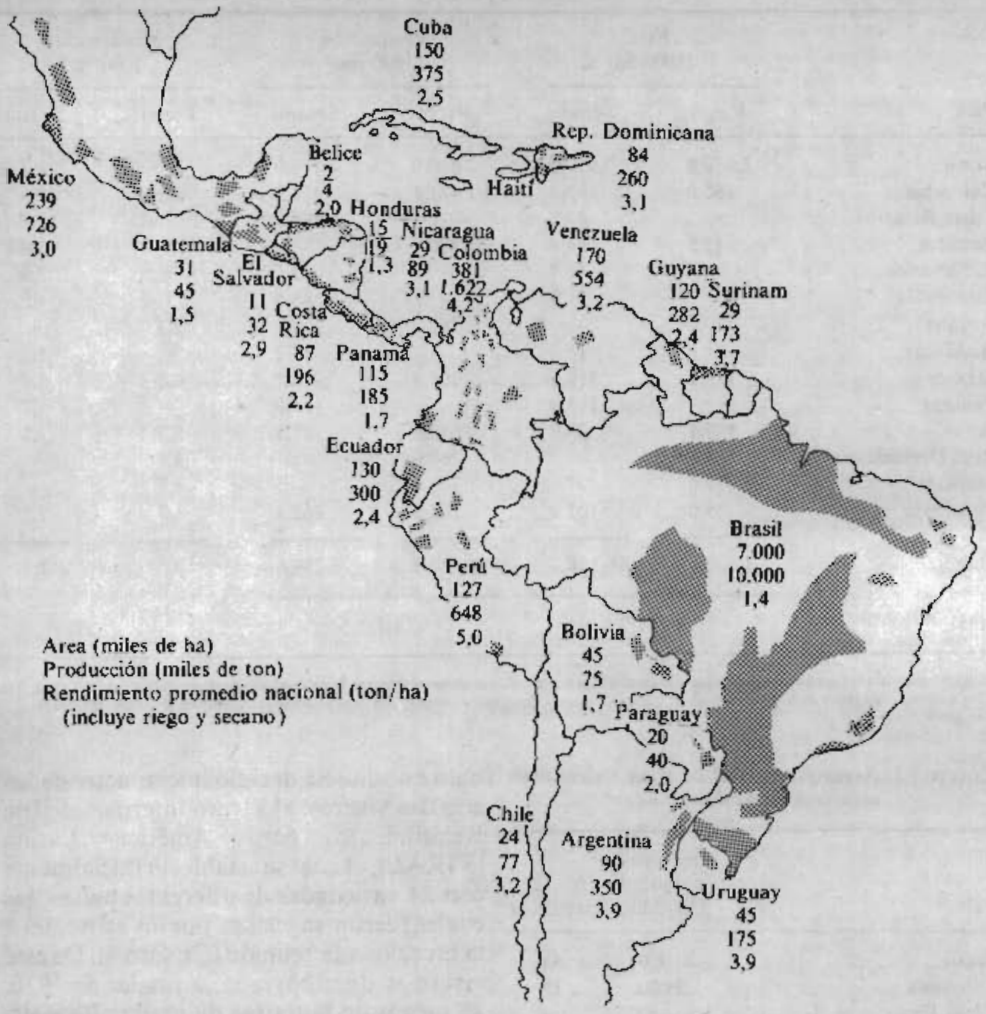
Cuadro 3. **Areas potenciales de arroz y científicos arroceros en América Latina*.**

País	Area nueva potencial (1000 ha)	No. de científicos
Brasil	20.000	44
Colombia	3.000	17
Costa Rica	30	4
Ecuador	200	8
El Salvador	5	12
Guatemala	50	11
Guyana	-	7
Honduras	100	6
México	100	12
Panamá	20	8
Perú	200	29
República Dominicana	-	19
Surinam	-	3
Venezuela	360	6
Total	24.065	186

* Cifras suministradas por los delegados que asistieron a la primera conferencia sobre Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina.

bajo estudio. Se decidió iniciar actividades con tres viveros: a) Vivero Internacional de Rendimiento para América Latina (VIRAL), el cual se estableció inicialmente con 24 variedades de diferentes países, las cuales fueron sugeridas por los asistentes a la mencionada reunión (Cuadro 4). De este vivero se distribuyeron, a finales de 1976, 28 juegos de muestras de material a instituciones nacionales solicitantes; b) Vivero Internacional de Piricularia* para América Latina (VIPAL), y c) Vivero Internacional de Observación para América Latina (VIOAL). A comienzos de 1977 se distribuirá material de estos últimos dos viveros. Si se presentan otros objetivos, necesidades o problemas específicos, se podrán establecer en el futuro otros viveros (por ejemplo: tolerancia a la

* Del término latino *Pyricularia oryzae*, nombre científico de la enfermedad conocida como bruzone, se ha castellanizado el vocablo piricularia. N. del Ed.



Mapa 1. Distribución de las áreas arroceras en América Latina.

alta salinidad, a las bajas temperaturas y a la sequía).

EVALUACION Y MULTIPLICACION DE SEMILLAS DE VIVEROS INTERNACIONALES

A mediados de 1976 se recibieron del IRRI ocho viveros internacionales: dos de rendimiento (variedades precoces y tempranas para riego), dos para cultivo en secano, uno de piricularia, uno para el añublo de la vaina*, uno de variedades flotantes y otro para alta salinidad de los suelos. Estos viveros, excepto el de variedades flotantes, se sembraron en la sede del CIAT entre julio y noviembre de 1976, con el propósito de evaluar tales materiales, multiplicar la semilla de las variedades que resulten superiores y así

* Causada por el patógeno *Thanatephorus cucumeris* o *Corticium sasakii.*

Cuadro 4. Variedades nombradas en el primer Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina (VIRAL). 1976.

Línea o nombre de la variedad	País de origen
CICA 4	ICA-CIAT, Colombia
CICA 6	ICA-CIAT, Colombia
CICA 7	ICA-CIAT, Colombia
CICA 9	ICA-CIAT, Colombia
4440	ICA-CIAT, Colombia
4444	ICA-CIAT, Colombia
CR1113	Costa Rica
118	INIAP, Ecuador
IR2058-78-1-3-2-3	IRRI, Filipinas
IR2823-399	IRRI, Filipinas
IR2853-38	IRRI, Filipinas
IR1529-680-3	IRRI, Filipinas
Tikal 2	Guatemala
N	Guyana
77916	Guyana
Macuspana 75	INIA, México
Bamoa A 75	INIA, México
Inti	PNA, Perú
Juma 57	República Dominicana
Juma 58	República Dominicana
Bg 90-2	Sri-Lanka
Apani	Surinam
Camponi	Surinam
Ceysvoni	Surinam

formar las bases en 1977, de lo que serán los Viveros Internacionales de Arroz para América Latina (Figuras 1, 2 y 3).

También se sembró en el CIAT, en junio de 1976, un vivero de demostración que incluía 12 variedades promisorias, con el propósito de multiplicar semilla y demostrar a los becarios y visitantes del CIAT las características de estas variedades. Todo el material mencionado fue evaluado al daño mecánico causado por el insecto *Sogatodes oryzicola*, bajo condiciones de laboratorio. De esta evaluación se obtuvo evidencia de que existen muchas variedades resistentes a ese daño.

El vivero de variedades flotantes se sembró en terrenos de la Estación Experimental Agrícola del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Palmira, en julio de 1976 y el material aún está en evaluación.

COOPERACION CON PROGRAMAS NACIONALES DE AMERICA LATINA

El Programa de Arroz del CIAT ha colaborado con diversas instituciones nacionales en dos actividades fundamentales: a) distribución de semilla y b) evaluación de líneas promisorias.



Figura 1. Los participantes a la primera conferencia de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina observan las parcelas de demostración de las variedades más sobresalientes.



Figura 2: Los participantes a la primera conferencia de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina observan los viveros internacionales de rendimiento de maduración precoz y temprana.



Figura 3. Los becarios en entrenamiento de arroz en el CIAT siembran los viveros internacionales de rendimiento y observación en secano.

Distribución de semilla básica

Se distribuyó semilla de varias líneas promisorias y de las nuevas variedades CICA 7 y CICA 9 a diversos programas nacionales y a todas las instituciones nacionales de América Latina que cooperan con el Programa de Arroz del CIAT. El Cuadro 5 presenta la lista de países que recibieron semilla en 1976 y las cantidades de ésta que se despachó.

Evaluación de líneas promisorias

Las seis líneas promisorias evaluadas en pruebas regionales hechas en Colombia fueron también observadas en otros países de América Latina. En el Cuadro 6 se presentan los rendimientos obtenidos en varios países centroamericanos comparados con los de Colombia. Aunque en general el rendimiento de estas seis líneas fue satisfactorio hubo, sin embargo, una incidencia alta de piricularia que afectó varias líneas. La línea 4461, denominada CICA 7, mostró resistencia a esta enfermedad en América Central, excepto en Guatemala. La línea 4421, denominada CICA 9, mostró resistencia en Guatemala pero en Panamá fue susceptible.

Como resultado de esta colaboración internacional, el Programa Nacional de Arroz en Guatemala seleccionó la línea 4422 —hermana de la 4421— y la denominó con el nombre comercial Tikal 2. Igualmente, el Programa Nacional de Arroz de Ecuador seleccionó la línea 4444 denominándola INIAP 7.

En Panamá, se estableció colaboración con la universidad de ese país en la

Cuadro 5. Despachos internacionales de semilla de arroz, 1976.

País	Variedades y líneas (kg)							
	Colombia 1	CICA 6	CICA 7	CICA 9	4422	4440	4444	4462
Argentina			1,2	1,2				
Belice				50,0				
Brasil			322,0	322,0		5,0	5,0	
Costa Rica			100,0	100,0				
Ecuador			20,0	70,0		10,0		
El Salvador			20,0	50,0				
Guyana	0,05							
Holanda			0,01	0,01		0,01		
Honduras			50,0	50,0				
Islas Solomon			0,1	0,1		0,1		
México			51,0	151,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nicaragua			50,0	50,0				
Panamá			150,0	100,0				
Paraguay				240,0				
Perú	0,05	0,1	0,7	1,7		0,6	0,6	
Surinam		0,05	1,5	1,5				
Sri-Lanka		0,05	0,05	0,05		0,05		
Venezuela			105,0	105,0		1,0	1,0	
USA			150,0	150,0				
Total	0,1	0,2	1.321,56	1.442,46	1,0	17,76	7,6	1,0

Cuadro 6. Rendimientos de 6 líneas promisorias y variedades comerciales en América Central y Colombia, 1975.

Línea o variedad	País y rendimiento* (ton/ha)					
	Costa Rica	Honduras	Guatemala	Nicaragua	Panamá	Colombia**
4421	7,9	6,4	5,4	8,2	5,2	6,9
4422	9,2	5,6	5,6	7,7	5,4	6,8
4440	6,8	6,7	5,9	7,1	4,4	6,9
4444	7,7	4,4	5,4	6,7	4,1	6,8
4461	8,5	4,8	4,6	5,0	5,6	5,5
4462	7,2	3,9	5,8	5,9	6,1	6,0
CICA 4	5,9	4,3	4,7	6,9	6,5	6,2
CICA 6	4,2	4,0	5,2	6,7	3,3	5,5
CR1113	5,4	-	-	5,3	6,0	-

* En condiciones de secano, excepto Nicaragua, Panamá y Colombia, que son de riego
** Promedio general de 34 pruebas regionales. En los otros países, el rendimiento es el promedio de 2 repeticiones de una prueba.

selección de material promisorio sembrado en la Estación Experimental de Tocumen, dependiente de dicha universidad. Se seleccionaron 60 líneas promisorias en generación F_8 para ensayos de rendimiento. Este material fue enviado por el Programa de Arroz CIAT-ICA en generación F_4 y proviene de los cruces: IR22 x F_1 (IR930 x Colombia 1); IR665 x F_1 (CICA 4 x Colombia 1); IR665 x F_1 (IR665 x Tetep); CICA 4 x F_1 (IR665 x Tetep); CICA 4 x F_1 (IR841 x Dissi Hatif) y CICA 4 x F_1 (IR 841 x C46-15). Las 60 líneas mencionadas fueron seleccionadas por su buen tipo de planta, grano largo y resistencia a las siguientes enfermedades: piricularia, escaldado de la hoja (*Rhynchosporium oryzae*), añublo de la vaina (*Thanatephorus cucumeris* o *Corticium sasakii*). Se recomendó a los técnicos de ese país sembrar el material seleccionado en ensayos de rendimiento; con cuatro líneas que resultaron tener mayor superioridad, se sugirió hacer pruebas regionales para determinar su verdadero potencial y posteriormente, iniciar la multiplicación de semilla básica.

MEJORAMIENTO

Como en años anteriores, el Programa de Arroz del CIAT colaboró estrechamente con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en la selección de progenies y variedades de alto rendimiento y con resistencia a piricularia y al insecto *Sogatodes oryzicola*.

OBTENCION DE DOS NUEVAS VARIEDADES

En 1975 se evaluaron 14 líneas promisorias en 22 pruebas regionales bajo condiciones de riego, en las principales zonas arroceras de Colombia. De los resultados de estas pruebas se selec-

cionaron las seis líneas más promisorias por su buen rendimiento y resistencia a piricularia, *S. oryzicola,* volcamiento, desgrane y por su buena calidad de molinería y culinaria. Se hizo en Colombia otro ciclo de pruebas regionales con estas seis líneas, en la segunda cosecha del año 1975, con el patrocinio y ejecución de dos instituciones nacionales. En el Cuadro 7 se incluyen las características de floración, incidencia de piricularia, volcamiento y rendimiento de los dos ciclos de pruebas regionales.

Con base en los resultados obtenidos en los dos ciclos de pruebas regionales ya mencionados, se seleccionaron las líneas 4461 y 4421 para ser denominadas como variedades comerciales. En cooperación con los técnicos del ICA y de FEDEARROZ, se hizo la selección final de estas dos líneas a las cuales se denominó CICA 7 (Línea 4461) y CICA 9 (Línea 4421). CICA 7 proviene del cruzamiento IR22 x F_1 (IR930 x Colombia 1) hecho en 1970. Fue seleccionada como línea pura con la genealogía P881-19-24-12-1B y se incluyó luego en pruebas regionales. CICA 9 se originó del cruzamiento IR665 x F_1 (IR841 x C46-15) hecho en 1971. En generación F_6 se aisló como línea pura con la genealogía P901-22-2-6-1-1B y se evaluó luego en pruebas regionales. Los cruzamientos que dieron origen a estas variedades, fueron hechos por el Programa Cooperativo CIAT-ICA.

Se desecharon las líneas 4422 y 4462. Se decidió continuar con la purificación de las líneas 4440 y 4444 y su posterior multiplicación con el fin de completar su evaluación bajo condiciones de secano; es posible que, de alguna de ellas, resulte una futura variedad.

CICA 7 y CICA 9 son tolerantes a piricularia y moderadamente resistentes bajo condiciones de campo, a la helmintosporiosis* *(Helminthosporium oryzae)* y a la pudrición del tallo *(Leptosphaeria salvinii).* Son moderadamente susceptibles a los barrenadores del tallo *(Diatraea*

*Vocablo castellanizado sin la h intermedia de Helminthosporium. N. del Ed.

Cuadro 7. Comparación de los resultados de los 2 ciclos de pruebas regionales, 1975*.

Línea o variedad	Floración (días)**		Piricularia		Volcamiento (%)	Rendimiento (ton/ha)	Rendimiento promedio (ton/ha)
	a	b	Hoja***	Cuello (%)			
4421	103-105	96- 94	R-R	5- 2	10-2	7,1-6,7	6,9
4422	100-103	92- 92	R-MR	8- 6	16-10	7,2-6,5	6,8
4440	112-117	102-100	R-R	2- 3	23-32	7,6-6,2	6,9
4444	116-119	103-101	R-MR	3- 3	27-30	7,0-6,6	6,8
4461	100-101	97- 88	R-R	3- 2	0-0	5,9-5,1	5,5
4462	104-101	97- 89	R-R	3- 3	2-0	6,5-5,6	6,0
CICA 6	103-106	89- 93	MS-S	16-18	3-0	5,9-5,2	5,5
CICA 4	104-109	94- 97	S-S	22-25	5-0	6,2-6,3	6,2
IR8	108-101	97-101	S-S	23-10	4-0	5,8-6,3	6,0
IR22	100-103	97- 90	S-S	18-17	0-0	5,4-5,7	5,5
Bbt. 50	107-112	96- 91	MR-MR	13- 4	0-0	4,2-3,9	4,0

* La primera cifra de cada columna corresponde al primer semestre

** Días de siembra a floración: a = zonas de 700-1000 msnm; b = zonas de 0-700 msnm

*** R = resistente, escala de 0-2; MR = moderadamente resistente, escala de 2-3; MS = moderadamente susceptible, escala de 3-4; S = susceptible, escala mayor de 4

Cuadro 8. **Calidad de molinería de CICA 7 y CICA 9 en comparación con 4 variedades comerciales.**

Variedad	Rendimiento arroz blanco total* (%)	Indice pilada** (%)	Ancho grano (mm)	Longitud grano (mm)	Centro blanco***
CICA 7	67,8	59,5	1,9	7,2	0,4
CICA 9	72,5	69,1	2,0	7,0	0,6
CICA 4	70,5	66,7	1,9	6,8	0,6
CICA 6	71,8	69,0	2,1	6,8	0,6
IR22	73,0	66,4	1,9	6,8	0,2
Bluebonnet 50	69,2	58,5	2,0	7,0	0,4

* En base a 5 kg de arroz en cáscara
** Arroz blanco entero y 3/4 de su tamaño
*** Apariencia del arroz blanco según escala de 0-5; 0 = ausencia de centro blanco o panza blanca; 5 = centro blanco que abarca la totalidad del grano.

saccharalis y *Rupella albinella)* y al añublo de la vaina *(T. cucumeris* o *C. sasakii).* CICA 7 es moderadamente susceptible al escaldado de la hoja y CICA 9 es tolerante. Ambas variedades son resistentes, bajo condiciones de campo, a la hoja blanca y moderadamente susceptibles en condiciones de laboratorio; son resistentes, en laboratorio y campo, al daño mecánico del insecto *S. oryzicola.*

En los Cuadros 8 y 9 se presentan las características de la calidad de molinería y culinaria de CICA 7 y CICA 9, en comparación con cuatro variedades comerciales. La calidad de molinería y culinaria de CICA 9 es similar a la de CICA 6. CICA 7 tiene excelente calidad de molinería; el arroz blanco tiene una apariencia traslúcida igual o superior a la del Bluebonnet 50; en calidad de culinaria es similar a CICA 6. Los resultados semicomerciales de molinería de las nuevas variedades se presentan en el Cuadro 10. Los rendimientos de CICA 7 y CICA 9, obtenidos en las pruebas regionales efectuadas en Colombia, se indicaron en el Cuadro 7. En promedio, CICA 9 rindió 0,7 ton/ha más que CICA 4; 0,9 ton/ha más que IR8 y 1,4 ton/ha más que CICA 6 e IR22. El rendimiento promedio de CICA 7 fue igual al de CICA 6 e IR22.

SELECCION DE PROGENIES

Se continuó con la selección de progenies tendientes a formar nuevas variedades con resistencia múltiple a

Cuadro 9. **Calidad culinaria de CICA 7 y CICA 9 en comparación con 4 variedades comerciales.**

Variedad	Temperatura gelatinización*	Contenido amilosa (%)	Consistencia de gel**	Proteína total (%)
CICA 7	Baja	29,0	Alta	8,9
CICA 9	Baja	31,0	Alta	8,5
CICA 4	Intermedia	28,0	Intermedia	7,0
CICA 6	Baja	29,0	Alta	7,0
IR22	Baja	30,0	Alta	8,5
Bluebonnet 50	Intermedia	18,0	Intermedia	7,5

* Baja o intermedia = el arroz es seco y suelto, después de cocido
** Alta = el arroz tiene tendencia a endurecerse cuando se enfría, después de cocido. Intermedia = no se endurece.

Cuadro 10. **Resultados de pruebas semicomerciales de molinería de CICA 7 y CICA 9 en comparación con 3 variedades comerciales, 1976.**

Variedad	Cantidad molinada (kg)	Rendimiento blanco total (%)	Rendimiento excelso* (%)	Cabeza o partido (%)	Granza bavaria o menudo (%)	Salvado (%)	Partido en integral (%)	Cáscara + pica
CICA 9	2.000	68,0	60,3	5,7	2,0	8,7	2,5	23,3
CICA 7	2.000	66,7	52,1	13,4	1,2	8,4	7,2	24,9
IR22	2.500	66,3	42,1	20,4	3,8	8,8	17,8	24,9
CICA 6	2.655	65,6	50,6	13,6	2,9	9,2	9,1	23,7
CICA 4	2.045	66,1	55,8	8,1	1,7	10,4	4,8	24,0

* Excelso = grano entero y 3/4 de su tamaño normal, con un 5% de partido.

Nota: El rendimiento de excelso de CICA 7, IR22 y CICA 6 resultó bajo. Esto se debió en el caso de CICA 7, a que se dejó sobremadurar en el campo, y en IR22 y CICA 6 a que los granos resultaron cuarteados, posiblemente por mal secamiento.

piricularia, proveniente de las fuentes Tetep, Dissi Hatif, C46-15, Colombia 1 y Carreón. Con 10 líneas promisorias que poseen estas fuentes de resistencia se efectuaron, en 1975, primero 45 cruces simples y luego 587 cruces múltiples. Las plántulas F_1 de los cruces múltiples se evaluaron por resistencia a piricularia en las camas de infección. Resultaron resistentes unas 6.000 plántulas, las cuales se transplantaron al campo en noviembre de 1975. En el campo se desecharon, antes de la cosecha, las plantas indeseables por falta de vigor, mucha esterilidad y muy tardías. Se cosecharon unas 3.600 plantas en febrero de 1976, las cuales se sembraron en mayo del mismo año en la Estación Experimental La Libertad, del ICA, en Villavicencio. En esta Estación la incidencia de piricularia, en el cuello de la panícula y en condiciones de campo, fue severa y permitió distinguir las progenies F_2 resistentes de las susceptibles. Con base en la resistencia a piricularia y otras características deseables se cosecharon, entre septiembre y octubre de 1976, unas 24.000 plantas en generación F_2. La semilla de estas plantas se trasladó al Centro Experimental del ICA, en Palmira, para evaluar en el laboratorio de calidad la apariencia del grano y, en las camas de infección la resistencia a piricularia. Parte del material fue evaluado y aproximadamente unas 3.000 progenies seleccionadas fueron sembradas a fines de octubre. El resto de material será sembrado en noviembre y diciembre del presente año.

En la selección de progenies, se continuó también con un segundo enfoque consistente en la incorporación de resistencia múltiple a piricularia mediante el proceso de retrocruzamiento para producir variedades multilineales.

En 1975 se cruzaron las líneas 4414 y 4421 altamente productivas y con buena adaptación al trópico latinoamericano, con seis líneas que poseen buenas características de planta y resistencia a piricularia. En 1976, las combinaciones individuales F_1 se retrocruzaron dos veces con las líneas 4414 y 4421 que sirven como progenitores recurrentes. Los retrocruces se hicieron con plantas F_1 resistentes a piricularia en estado de plántula. Serán necesarios tres o cuatro retrocruces para recuperar las características de los padres recurrentes en las generaciones segregantes.

Además de la selección de progenies con resistencia múltiple a piricularia, se continuó cooperando con el ICA en la evaluación del material genético (F_4 - F_9).

En condiciones de laboratorio se evaluaron 984 progenies por resistencia a *S. oryzicola*. En estas evaluaciones se observó que las variedades CICA 7 y CICA 9 tuvieron un porcentaje más alto de plantas afectadas por el insecto que lo normal, mientras que Mudgo (testigo resistente) continuó siendo resistente. Estas observaciones permiten indicar: a) que la fuente de resistencia de CICA 7 y CICA 9, proveniente de IR8, no es lo suficientemente confiable para seguir utilizándola en futuros cruzamientos; b) que los genes de resistencia de Mudgo son más estables que los de IR8, y c) que las colonias del insecto que se viene multiplicando en el laboratorio, por varias generaciones, se tornaron altamente severas. Lo anterior sugiere la necesidad de incorporar en los nuevos cruzamientos la resistencia de Mudgo y otras fuentes. Igualmente, es conveniente hacer un cambio frecuente de la colonia del insecto (más representativa del campo) para las evaluaciones del material genético.

MULTIPLICACION DE SEMILLA BASICA

En el segundo semestre de 1975 se sembró en un semillero de 1,50 x 60,0 metros, la semilla procedente de 500 panículas seleccionadas de cada una de las líneas 4421 (CICA 9) y 4461 (CICA 7). La semilla de cada panícula (5 gramos aproximadamente) se sembró en áreas independientes dentro del semillero. Las plántulas provenientes de cada panícula se transplantaron a los 30 días de edad, en parcelas individuales. Cada plántula se transplantó a una distancia de 30 x 30 centímetros. Cuando las plantas tenían de 6-10 macollas (15 días después del transplante) se hizo un segundo transplante. Se separaron las macollas de cada planta y se transplantaron individualmente a una distancia de 30 x 30 centímetros. Este segundo transplante se hizo con el fin de producir, en corto tiempo, una mayor cantidad de semilla genética de cada línea. Se cosecharon únicamente las parcelas con población uniforme y típica de la línea. Se obtuvo una producción de 1.600 kilogramos de la línea 4421, y 420 kilogramos de la línea 4461.

Para acelerar la siembra de esta semilla, se le rompió la dormancia sumergiéndola por 16-24 horas en una solución de ácido nítrico al 0,5 por ciento. Se secó y se almacenó a la sombra por cuatro días. La semilla de cada línea se repartió entre los Programas de Arroz del ICA y del CIAT.

Con la semilla disponible en el CIAT se procedió a multiplicarla. En el primer semestre de 1976 se sembraron 7,7 hectáreas con la línea 4421 y 16,0 hectáreas con la línea 4461. La siembra, en lotes fangueados, se hizo a mano en surcos distanciados a 50 centímetros y utilizando semilla pregerminada. La densidad fue de 19 kg/ha de semilla.

En mayo de 1976 se cosecharon 86,5 toneladas de semilla básica de la línea 4461 y 51,0 toneladas de la línea 4421. Al mismo tiempo, las líneas fueron nombradas como variedades y denominadas CICA 7 (línea 4461) y CICA 9 (línea 4421).

Una vez que las líneas fueron reconocidas como variedades, el Programa de Certificación de Semillas del ICA, aprobó la semilla producida como básica.

La semilla básica de las nuevas variedades (CICA 7 y CICA 9) fue entregada al Programa de Arroz del ICA en junio de 1976 para su distribución entre los productores de semilla certificada, quienes, finalmente, producen la semilla registrada o certificada para siembras comerciales.

Se espera que en el primer semestre de 1977, las nuevas variedades estén en manos de los agricultores en siembras comerciales.

EL AÑUBLO BACTERIAL EN AMERICA LATINA

La presencia del añublo bacterial del arroz, causado por *Xanthomonas oryzae*, no se había constatado en América Latina hasta 1975. Su presencia, según el Dr. S. H. Ou, Fitopatólogo del IRRI, ha sido observada en todos los países tropicales de Asia y en algunos países de Africa.

En 1976, el Dr. S.H. Ou, viniendo a participar en la primera Conferencia sobre Pruebas Internacionales de Arroz en América Latina (agosto 12 al 14) celebrada en el CIAT, visitó los experimentos sobre arroz que ha establecido la Universidad de Panamá, en la Estación Experimental de Tocumen y también algunos cultivos comerciales de la zona. Observó una quemazón foliar en plantas de arroz y en algunas malezas, en Tocumen y en la zona arrocera de Bayano. Dicho especialista sugirió que esta quemazón podría estar relacionada con el añublo bacterial.

Desde septiembre de 1976 los técnicos del Programa de Arroz y el Dr. Carlos Lozano, Fitopatólogo del Programa de Yuca del CIAT, han estudiado el problema e identificado los síntomas de la quemazón en Panamá y en Colombia. Los síntomas corresponden al añublo bacterial causado por *X. oryzae*.

Los síntomas de la enfermedad se observaron inicialmente en Panamá en cultivos de semisecano de la variedad Nilo 2 y "Gayote" (variedad nativa), localizados en la Estación Experimental de Tocumen y en cultivos de secano en Nilo 2 en la zona de Bayano. En estas zonas, también se observaron síntomas similares a la enfermedad en: arroz rojo, arroz silvestre *(Oryza latifolia)*, liendre de puerco *(Echinochloa colonum)*, caminadora *(Rottboellia exaltata)*, pará *(Panicum mutica)* guardarrocío (Digitaria sp.) y paja del camino (Paspalum sp.).

En Colombia, los síntomas de la enfermedad se observaron en el Centro Experimental del ICA, en Palmira; en la sede del CIAT, en lotes experimentales de varias líneas y variedades de arroz; en el Centro Experimental Turipaná del ICA (Cereté, Córdoba) y en María La Baja (Bolívar). En estos dos últimos lugares, los síntomas se observaron en cultivos de secano establecidos con CICA 4 y con las variedades nativas denominadas Miramono y Macao.

Es posible que también exista la enfermedad en otros países de América Latina, así como también en otras regiones de Panamá y de Colombia que aún no se han visitado.

En los lugares observados (en Panamá y Colombia), la severidad de la enfermedad es leve y su dispersión parece estar limitada a ciertas variedades.

De acuerdo con informaciones obtenidas de diferentes personas en Panamá y la experiencia de varios técnicos de Colombia, parece que el síndrome se ha observado desde hace varios años pero ha pasado desapercibido, debido quizás a fluctuaciones en su aparición y a una leve incidencia asociada con cambios climáticos (temperatura y lluvia), resistencia varietal o bien, a ocurrencia de biotipos poco patogénicos.

Algunos aislamientos preliminares del patógeno, hechos por el Dr. Lozano, le han permitido obtener cultivos puros a partir de colonias individuales procedentes de una bacteria, la cual por su coloración en el medio y crecimiento lento, parece pertenecer al género **Xanthomonas**. Las pruebas patogénicas preliminares han mostrado síntomas característicos a aquellos inducidos por *X. oryzae*.

El establecimiento de esta enfermedad en el continente americano, con base en las

observaciones de campo, sugiere una introducción que data de muchos años. Quizás, pueda ser debida a la introducción de semilla infestada tanto de pastos como de arroz ya que ambos pueden ser hospederos del patógeno. Sin embargo, con base en investigaciones comprobadas, la supervivencia del patógeno en la semilla es relativamente corta, pero existe alguna controversia al respecto.

A causa de que en Asia el añublo bacterial es principalmente diseminado por tifones y agua de riego y al hecho de que su desarrollo e incidencia se favorecen por la alta humedad relativa y las temperaturas elevadas, se considera que posiblemente la enfermedad en América no llegue a ser de importancia económica, sobre todo en las zonas arroceras con climas moderados o en aquellas con altas temperaturas y baja humedad relativa y en donde se cultive arroz de secano. Posiblemente, estas condiciones climáticas desfavorables a la enfermedad no han permitido la ocurrencia de epifitotias y que ésta sea la causa de que su presencia haya pasado desapercibida por algunos años.

Actualmente, se están intensificando las investigaciones sobre esta enfermedad no sólo en arroz, sino también en las malezas en las que se han observado síntomas similares, con el fin de conocer mejor los hospederos y las formas de diseminación.

PRODUCCION CONTINUA DE ARROZ COMERCIAL

En agosto de 1975 se inició un esfuerzo conjunto entre los Programas de Investigación en Arroz y Adiestramiento y la unidad de Operaciones de Campo del CIAT con el fin de sembrar, de dos a tres hectáreas por semana, en los terrenos de la sede del CIAT para producir semilla, adiestrar becarios en producción y evaluar las prácticas agronómicas y de ingeniería, a nivel de campo. Este esfuerzo conjunto se planeó para complementar las actividades relacionadas con los programas de mejoramiento varietal en la multiplicación de semilla, la validación de prácticas agronómicas y de ingeniería agrícola, a nivel de campo y el adiestramiento de agrónomos especialistas en producción de arroz que trabajan en programas nacionales, con un conocimiento básico de todos los factores que intervienen en la producción.

Se espera que, en cada una de las principales áreas productoras de arroz en el trópico americano, se pueda establecer una amplia red de centros pilotos para producción de semilla y adiestramiento en arroz. En el caso de que tales centros pilotos se establezcan en los futuros proyectos de riego y drenaje, podrán servir como núcleos básicos alrededor de los cuales se desarrollarán estos proyectos y constituirán un punto de contacto a través del cual se pueden introducir las variedades y prácticas de producción obtenidas en el IRRI y el CIAT y luego, validarlas bajo condiciones locales, incluirlas en demostraciones de campo y finalmente, ponerlas a disposición de los agricultores de la región. Este enfoque; posiblemente, favorezca la adopción rápida de variedades y prácticas mejoradas.

El arroz que se sembró en agosto de 1975, se cosechó en enero de 1976. En el Cuadro 11 se resumen todos los datos obtenidos para todas las cosechas desde enero hasta octubre, 1976. Se cosechó un total de 733 toneladas en 122 hectáreas con un rendimiento promedio de 6 ton/ha de arroz en cáscara recién cosechado, con un contenido de humedad de 16-25 por ciento.

El rendimiento promedio en el CIAT oscila entre 5,8 y 6 ton/ha de arroz en cáscara recién cosechado, para cada uno de los cinco años, en más de 80 fechas diferentes de siembra. Esta experiencia confirma la factibilidad de la siembra continua de arroz e indica que el establecimiento de enfermedades e insectos no es un problema muy serio. Las

Cuadro 11. **Datos sobre el sistema de producción continua de arroz, en el CIAT, 1976.**

Fecha de cosecha	Variedad	Area (ha)	Producción total[1] (kg)	Kg/ha	Trilladora del CIAT			Trilladora del IRRI		
					Total (kg)	Días-hombre	Días-hombre (kg)	Total (kg)	Días-hombre	Días-hombre (kg)
7/I/76	CICA 6	4,5	26.921	5.982	26.921	330	81			
13/I/76	CICA 6	3,4	19.342	5.689	19.342	160	120			
19/I/76	CICA 6	4,6	21.721	4.722	21.721	280	78			
25/I/76	CICA 6	4,5	23.359	5.191	23.359	220	146			
30/I/76	CICA 6	4,2	25.171	5.993	25.171	240	105			
14/II/76	CICA 6	3,9	19.061	4.886	19.061	180	106			
18/II/76	CICA 6	4,3	25.483	5.926	25.483	180	142			
23/II/76	4462	3,7	29.075	7.858	29.075	180	162			
9/III/76	IR5	4,2	19.342[2]	4.605	con combinada					
5/IV/76	CICA 6	4,3	18.850	4.384	sin datos sobre mano de obra					
25/III/76	CICA 6	3,3	20.020[2]	6.067	con combinada					
4/IV/76	CICA 9	7,7	60.959	7.917	60.959	234	260			
25/IV/76	CICA 7	8,4	62.374	7.425	62.374	208	300			
5/V/76	CICA 7	4,5	29.539	6.564	29.539	100	300			
10/V/76	CICA 7	4,5	33.787	7.508	33.787	164	206			
14/V/76	4422	2,25	11.874	5.277	11.874	57	208			
20/V/76	4422	1,12	4.790	4.276	4.790	48	100			
1/VI/76	4440	6,56	20.729[2]	3.160	20.408	95	214			
24/VI/76	4422	4,0	23.308	5.827	20.475	152	125	2.797	12	233
6/VII/76	4422	2,31	19.774	8.560	12.272	63	195	7.502	24	313
14/VII/76	4422	2,14	16.298	7.615	7.333	31	236	8.965	30	299
21/VII/76	4462	4,6	30.768[2]	6.687	12.363	71	174	9.834	42	234
6/VIII/76	4462	4,2	29.956[2]	7.132	6.830	34	201	6.973	24	290
13/VII/76	4462	3,7	21.427[2]	5.791	10.554	67	158	5.446	30	181
24/VII/76	CICA 9	4,0	26.055	6.514[3]	26.055	116	225			
3/IX/76	CICA 9	4,0	21.596	5.399[4]	21.596	97	223			
10/IX/76	CICA 9	3,0	16.535	5.543[4]	16.535	79	209			
16/IX/76	CICA 9	4,0	22.057	5.531[3]	22.057	92	240			
25/VII-20/IX/76	CICA 9	4,0	21.277	5.319[3]	21.277	95	224			
20/X/76	CICA 9	2,0	11.864	5.392	con combinada					
		121,88	733.312	6.017	591.210	3.573	165[5]	41.517	162	256

1 Peso de cosecha con un contenido de humedad de 17-25%

2 Cosechado parcial o totalmente con combinada

3 Transplantados a 35 x 35 cm

4 Siembra directa con 450 kg de semilla básica en 7 ha

5 El promedio para CICA 6 fue de 107 kg/días-hombre y para las otras líneas fue de 222 kg/días-hombre.

principales ventajas de este sistema de producción son: la distribución homogénea de la carga de trabajo a través del ciclo de cultivo lo cual permite una mejor utilización de la mano de obra y la maquinaria y además, una oportunidad

más propicia para que los becarios aprendan todas las fases del cultivo.

La principal desventaja es la escasez de agua durante la estación de sequía y la dificultad de cosechar y secar durante los períodos húmedos. Sin embargo, un período de cosecha más largo reduce la cantidad de arroz cosechado a manejar, en un momento dado, y se logra un promedio más beneficioso en el precio del mercado, sin necesidad de contar con facilidades para el secamiento y almacenamiento en gran escala y el almacenamiento del grano a largo plazo.

En el CIAT se utiliza, con algunas variaciones, un sistema asiático de producción de arroz que se describe en una publicación del CIAT. Esta publicación se debe revisar y actualizar en 1977.

AGRONOMIA

PREPARACION MECANICA DE LA TIERRA PARA LA SIEMBRA

Durante 1976, se adecuó y sembró, para la producción de semilla básica de arroz, un total de 32 hectáreas. La mayoría de los campos se adecuaron partiendo de praderas utilizadas para pastorear ganado, mediante la construcción de caballones, y de una operación de nivelación bajo agua (fangueo).

Estos terrenos se nivelaron y fanguearon antes de la siembra. El alto pH de 7-9 en los terrenos del CIAT requiere la aplicación de este método para prevenir problemas ocasionados por hierro y zinc. Este método también reduce los problemas de malezas y de pérdidas de agua y nitrógeno.

CONTROL DEL ARROZ ESPONTANEO Y DEL ARROZ ROJO

Son frecuentes las pérdidas de 100 a 500 kg/ha del arroz cosechado por la presencia del arroz espontáneo y del arroz rojo. Esta semilla germina después de unos meses o años y puede convertirse en un grave problema al cambiar el cultivo de una variedad a otra o cuando el arroz rojo se esparce en el campo de una cosecha anterior. Se ensayaron diversos métodos para su control y se obtuvieron resultados variables.

Preparación de la tierra bajo agua

Se ensayó inicialmente mediante fangueo y luego, mediante inundación por varias semanas. El arroz espontáneo no germinó en los sitios en donde el nivel de agua se mantuvo constante; sin embargo, tan pronto se expuso el suelo, la semilla de CICA 6 de la cosecha anterior germinó y creció profusamente (Figura 4).

Control químico

En plántulas en germinación se experimentó Gramoxone con resultados poco satisfactorios. Las plántulas murieron, pero muchas semillas quedaron vivas y germinaron después, de tal manera que donde se sembró arroz, se observó una mezcla de variedades (IR8, CICA 6 y 4462). La Figura 4 muestra la supervivencia de plántulas a tres preparaciones de suelo: bajo agua, inundación del terreno y dos aplicaciones de Gramoxone o paraquat. Es evidente que este sistema de control resulta deficiente.

Semilla pregerminada

Se ensayó en un lote la siembra de semilla pregerminada en hileras, inmediatamente después de fanguear el suelo. Las plántulas pregerminadas tenían una ventaja de aproximadamente tres a cinco días y su localización en el campo se podía distinguir con bastante facilidad, de tal manera que durante el desyerbe manual fue posible hacer alguna distinción entre plantas de la nueva variedad sembrada y



Figura 4. Supervivencia de plantas de arroz espontáneo después de la preparación del suelo bajo agua: anegado y secado, y dos aplicaciones de Gramoxone o paraquat. Obsérvese un mejor control en las áreas más bajas del terreno.

las de arroz espontáneo o de arroz rojo. Sin embargo, la densidad de población del arroz espontáneo entre hileras, fue casi igual a la del arroz sembrado en hileras.

Transplante de plántulas

Se hicieron dos ensayos: a) se transplantaron plántulas de un semillero tipo "Dapog" cuando tenían de 12 a 16 días de edad; en las dos primeras semanas, fue posible distinguir las plántulas del arroz espontáneo de las transplantadas pero, posteriormente, esta labor fue difícil; b) después del fracaso del fangueo, inundación y aplicación de Gramoxone en un lote, se ensayó el transplante de plántulas de 25 a 40 días de edad. Se sembraron al azar plántulas de la línea 4422 a distancias aproximadas de 35 x 35 centímetros, o sea, ocho plantas por metro cuadrado.

En el área no fangueada, donde se aplicó Gramoxone, se requirió una ligera desyerba manual; en el área restante del lote, no fue necesario desyerbar. Con base en los excelentes resultados logrados en este campo, se hicieron transplantes de CICA 9 en tres lotes con el fin de eliminar el arroz espontáneo de la variedad CICA 6 de la cosecha anterior. En estas áreas, también se transplantaron plantas a razón de ocho por metro cuadrado y se practicaron varias desyerbas manuales con el fin de eliminar cualquier planta espontánea de CICA 6. La intención original fue la de hacer solamente un cultivo comercial; sin embargo, un equipo de inspección integrado por técnicos de la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) y del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) consideraron el campo como adecuado para producir semilla certificada. El CIAT vendió la semilla de CICA 9 a

FEDEARROZ con la condición de que esta semilla sólo se utilizaría para la producción comercial de arroz en fincas de agricultores y no para la multiplicación de semilla.

Muchos agricultores que visitaron el CIAT y observaron los campos transplantados, adoptaron la práctica de sembrar lotes de 20 a 40 hetáreas en sus propias fincas, en los cuales el arroz rojo y el arroz espontáneo son un problema. A partir de observaciones hechas en un campo de gran extensión y severamente infestado con arroz rojo, se consideró que el transplante de plántulas de 30 días de edad y las desyerbas manuales, constituyen un método práctico y económico de control para eliminar tanto el arroz rojo como el arroz espontáneo. El establecimiento de siembra en hileras permitirá la desyerba mecánica y como paso siguiente, adaptar la recomendación del IRRI de aplicar 2,4-D granular cuatro días después del transplante, una práctica que parece promisoria.

METODOS DE SIEMBRA

Se transplantaron cuatro lotes a una densidad de aproximadamente ocho plantas por metro cuadrado. Otros tres lotes se sembraron en hileras a 50 centímetros de distancia, con 18 kg/ha de semilla pregerminada, aproximadamente. Los lotes restantes se sembraron al voleo con 100 kg/ha de semilla pregerminada, aproximadamente. Es obvio que la cantidad de semilla o métodos de siembra no son los factores más importantes en la producción de arroz y su importancia, frecuentemente, se sobreestima. Los factores más importantes para lograr buenos rendimientos son: un buen establecimiento del cultivo, control de malezas y del agua de riego y una fertilización adecuada. Cuando no se dispone de suficiente semilla, como en el caso de la multiplicación de semilla básica, con 4 a 20 kg/ha de semilla se lograron rendimientos de 5 a 8 ton/ha.

Esta afirmación se apoya en los resultados obtenidos de la siembra de ocho kilogramos de semilla, de la línea 4440, que se utilizaron para establecer un semillero en un determinado lote. Se utilizó menos de la mitad de las plántulas para el transplante a otro lote, y las plántulas restantes produjeron en el semillero 700 kilogramos de semilla. Se transplantaron plántulas que se obtuvieron de aproximadamente cuatro kilogramos de semilla de la línea 4440 en una extensión de 6,5 hectáreas. Esta baja tasa de siembra se debió a que el transplante se inició a razón de una planta por metro cuadrado, pero en vista de que no se iba a utilizar toda el área del semillero y las plantas crecieron de 25 a 50 días de edad, se aumentó la densidad de transplante a 4 y 10 plántulas por metro cuadrado. El rendimiento promedio, en peso húmedo para la totalidad de las 6,5 hectáreas, fue de 3,2 ton/ha y varias plántulas individuales produjeron más de 600 g/m² de semilla seca y limpia.

APLICACION DE FERTILIZANTES

Por lo general, se aplicaron al suelo uno o dos días antes de la siembra, aproximadamente de 20 a 25 kilogramos de sulfato de zinc con la última operación en la nivelación y fangueo. La primera aplicación de urea de 100 kg/ha, se hizo generalmente a los 25 y 40 días después de la siembra, con base en el color de las plantas. Las operaciones de riego se detuvieron para hacer la aplicación en el agua estancada de los campos sin drenar. Una segunda aplicación de urea se efectuó al inicio de la formación de las panículas, a los 55-65 días.

Todas las aplicaciones se efectuaron manualmente al voleo, con un requerimiento de mano de obra de aproximadamente 2,33 horas-hombre por hectárea, para aplicar 100 kg/ha.

APLICACION DE INSECTICIDAS

Cuando fue necesario, se aplicaron manualmente al voleo 22,5 kg/ha de furadan en la forma granular del tres por ciento. Por lo general, fue necesario hacer dos aplicaciones para controlar Hydrellia. Se observó que, en muchos casos, el control fue deficiente, posiblemente debido a la mala calidad de los gránulos del insecticida o al agua en circulación. Se observó que la efectividad del producto aumentó cuando se detuvo el movimiento del agua, durante dos o tres días después de la aplicación.

CONTROL DE MALEZAS

Se aplicó Propanil a razón de 5 litros/ha a los 6-8 y 13-16 días después de la siembra. En caso de una invasión severa de malezas, se hizo una tercera aplicación de 10 litros/ha de este producto. El Propanil se diluyó en agua hasta completar 200 litros/ha y se aplicó con aspersores manuales de espalda. La mano de obra requerida promedió 3,6 horas-hombre por hectárea.

En las áreas transplantadas de un determinado lote, los becarios establecieron un ensayo de observación para determinar los efectos de la aplicación del herbicida 2,4-D cuatro días después del transplante, tal como lo recomienda el IRRI. En virtud de que la forma granular del 2,4-D no es posible obtenerla en Colombia, se utilizó urea como agente portador. La forma líquida del 2,4-D se asperjó uniformemente sobre la urea extendida en una lona. La pequeña cantidad del líquido no disolvió la urea pero le dió un color amarillo que ayudó a estimar la uniformidad de la cobertura de aplicación. Inmediatamente después, se aplicó urea al voleo en el agua estancada de los campos; el 2,4-D con base aceitosa, flotó en el agua. Aparentemente, el 2,4-D no perjudicó la habilidad de macollamiento de las plántulas transplantadas, las cuales tenían 25-35 días de edad. El control de malezas fue más efectivo en las parcelas tratadas con 2,4-D. Estos resultados son promisorios en lo que respecta a la reducción de los costos del control de malezas y también, en cuanto a la posibilidad de contribuir en el control del arroz rojo y del arroz espontáneo. Estos estudios se continuarán en 1977.

COSECHA

RECOLECCION MECANICA

La utilización de la combinada para cosechar, es el método más común en los países de América, especialmente entre los agricultores comerciales que operan en gran escala. Las combinadas son más eficientes y económicas cuando se cosechan grandes extensiones durante la estación seca, con buenas condiciones de suelo, adecuadas vías de acceso y suficiente capacidad para el secamiento del grano. Sin embargo, pierde mucha eficiencia al ser utilizada por pequeños agricultores o en extensiones pequeñas, épocas húmedas, malas condiciones del suelo, inadecuadas vías de acceso y pocas facilidades para el secamiento del grano.

En Colombia, se pueden hacer contratos de cosecha con combinada por un valor aproximado de US$ 16 por tonelada métrica, cuando existe suficiente extensión para cosechar y utilizar la combinada durante varios días. Probablemente, las extensiones de menos de 10 hectáreas o cosechas inferiores á 50 toneladas, no son lo suficientemente atractivas para el contratista.

El CIAT dispone de una combinada de tamaño mediano, con una guadaña de 360

centímetros de ancho, la cual se adquirió para cosechar gramíneas forrajeras y semilla de leguminosas; sin embargo, también se utiliza para cosechar sorgo y arroz cuando se considera conveniente y está disponible. En 1976, se cosecharon con la combinada, aproximadamente 100 toneladas de arroz. Los becarios que se adiestran en producción de arroz, realizaron seis estudios sobre determinación del tiempo requerido para cosechar una determinada superficie, utilizando la combinada. Los ensayos se hicieron en tres lotes, para recoger un total aproximado de 30 toneladas de arroz en cáscara. El clima, suelo y grano se encontraban secos y en condiciones ideales para la cosecha con la combinada. La tasa promedio total de la combinada fue de 2.800 kg/hora y se gastaron 2,25 horas/ha cosechada. Las pérdidas de grano, de la cosecha con la combinada, fueron de 60-100 kg/ha que son muy bajas en comparación con los métodos manuales de cosecha que se describirán posteriormente, o en comparación con el promedio de pérdidas de 4,46 por ciento observadas por Cervinka y Chancellor para California.

La combinada que opera en el CIAT con una guadaña de 360 centímetros de ancho tiene actualmente un costo aproximado de US$42.000 en Cali y una vida útil estimada de 2.000 horas, con un costo promedio de reparación de 60% y un interés del 18 por ciento. Esto indica que para 500 horas por año y una vida útil de cuatro años, solamente los costos por depreciación, reparaciones e interés, serían superiores a los US$ 40 por hora o US$ 15 por tonelada, aproximadamente. En un muestreo realizado en marzo de 1975, en estudios de costos de la producción de arroz, en el condado de Butte, California, los costos por utilización de la combinada se estimaron en US$ 14,9 por tonelada métrica por concepto de interés, depreciación, mano de obra, combustible y reparaciones. Los costos de transporte de la combinada a la carretera se estimaron en US$ 7,19 por tonelada. El precio del contrato de US$ 16 tonelada es probablemente apenas lo suficiente como para cubrir los costos.

RECOLECCION MANUAL

Durante los últimos cinco años se ha utilizado una trilladora manual portátil diseñada por el CIAT para la cosecha manual, mediante contratistas, de los arrozales en el CIAT. En 1976, la tasa estándar para esta operación fue de US$ 16 por tonelada, o igual a la tasa del contrato para la combinada. En 1976, se cosecharon y trillaron manualmente más de 610 toneladas; se requirieron 3.573 días-hombre para trillar 591 toneladas. El promedio global sólo fue de 165 kg/día-hombre (Cuadro 11) debido al bajo promedio de 107 kg/día-hombre cuando se cosechó CICA 6. Sin embargo, un análisis posterior reflejó una tasa de 222 kg/día-hombre para la cosecha y trilla del arroz CICA 7, CICA 9 y sus líneas hermanas 4462 y 4422. Varios contratistas cosecharon en forma consistente 240-300 kg/día-hombre en menos de ocho horas. El salario mínimo en Colombia es inferior a US$ 1,60 por día; en consecuencia, el salario de contrato por cosecha de US$1,60 hasta más de US$ 3,50 ha sido atractivo y ha creado ocupación para los trabajadores no calificados de la región, quienes de otra manera, no tendrían empleo.

En el Cuadro 12 se presentan los resultados de un estudio realizado por los becarios de producción de arroz, enfocado a determinar las pérdidas de grano durante la cosecha. El promedio de las pérdidas fue de 578 kg/ha o aproximadamente 9,63 por ciento de la cosecha total, lo cual corresponde a más del doble del promedio de pérdidas de 4,46 por ciento para la combinada en California. La diferencia aproximada de 5 por ciento en pérdidas de grano, indica un valor de aproximadamente US$ 7,50 por tonelada de la tasa del contrato, en favor de la combinada

Cuadro 12. **Pérdidas de grano (kg) en el campo utilizando 3 métodos de cosecha*, en el CIAT, 1976.**

Tipo de pérdida	Trilladora del IRRI (kg/ha)	Trilladora del CIAT (kg/ha)
Grano en el suelo antes de la cosecha	17	17
Grano que cayó al suelo durante la siega	65	66
Grano que cayó al suelo durante la trilla	176	305
Grano sin trillar en panículas	110	190
Total	368	578
Porcentaje en base a 6 ton/ha = 1,67	6,13	9,63

* Las pérdidas de cosecha con combinada se estimaron en 60-100 kg/ha en el CIAT en 6 ensayos; Cervinka y Chancellor, en California, calcularon las pérdidas por combinada en 4,46%.

a nivel del productor, si no se tiene en cuenta la mano de obra, extensión de la finca, comercio exterior, clima al momento de la cosecha, vías de acceso, etc.

ENSAYOS CON UNA TRILLADORA DEL IRRI

Se hicieron ensayos con una trilladora diseñada por el IRRI; en los Cuadros 11 y 13 se presentan los resultados. Se cosechó y trilló un total de 41,5 toneladas con seis hombres y una trilladora de flujo axial de siete caballos de fuerza (hp). En el Cuadro 13 se hace una comparación entre la trilladora del IRRI y la trilladora manual portátil del CIAT. En ambos casos, las plantas se cortaron manualmente con hoces. Las plantas se recolectaron, transportaron y alimentaron a la trilladora de flujo axial del IRRI, en tanto que la trilladora del CIAT se transportó por el arrozal para golpear manualmente las panículas contra el tambor metálico y recoger el grano en un recipiente inferior. Los valores del Cuadro 13 indican que de 847 horas-hombre utilizadas se emplearon 378,5 horas-hombre (44,7 por ciento) para la labor de corte y 468,5 horas-hombre (55,3 por ciento) para la trilla. La trilladora del IRRI promedió 546 kg/hora, con una fluctuación de 182 a 854 kg/hora. Los ensayos se realizaron durante varias horas y con plantas recién cortadas; la capacidad de la trilladora del IRRI es menor a la capacidad reportada por esa institución de 1 ton/hora, con plantas de paja seca en ensayos de menos de una hora. Es necesario anotar que para los primeros ocho ensayos en un lote, las tasas por día-hombre, tanto para la trilladora del IRRI como para la del CIAT, fueron mayores que el promedio. También se debe anotar (Cuadro 11) que utilizando la trilladora del CIAT para trillar más de 223,7 toneladas anteriormente y 107,5 toneladas después de los ensayos comparativos los promedios fueron de 246 y 224 kg/día-hombre, respectivamente. La producción por día-hombre al utilizar cualquiera de las dos trilladoras (IRRI o CIAT) dependerá de las condiciones de los trabajadores y de la máquina.

Cuadro 13. Comparación del rendimiento de de las trilladoras del IRRI y del CIAT. (Las plantas fueron cortadas en el campo con hoces).

Fecha 1976	Variedad	Humedad %	Trilladora del IRRI con 6 hombres									Trilladora del CIAT		
			Horas-hombre IRRI			Días-hombre	Horas-trilladora	Litros gasolina	Paddy total (kg)	Días-hombre (kg)	Trilladora kg/hora	Paddy total (kg)	Días-hombre	Días-hombre (kg)
			Corte	Trilla	Total									
VII-6	4422	23	15,0	24,0	39,0	6	4,0	9,0	2.314	386	578	2.080	6	347
VII-7	4422	26	13,0	21,0	34,0	6	3,5	8,5	1.966	328	562	1.981	6	330
VII-8	4422	-	15,0	22,0	37,0	6	3,67	7,5	1.957	326	533	335	3	112
VII-12	4422	–	9,0	16,0	25,0	6	2,67	5,5	1.591	265	596	1.138	6	190
VII-13	4422	–	12,0	25,0	37,0	6	4,16	7,5	2.148	358	516	1.797	6	300
VII-14	4422	23	12,0	20,5	32,5	6	3,42	8,0	2.311	385	676	1.753	6	292
VII-15	4422	23	10,5	16,5	27,0	6	2,75	6,0	2.055	342	746	1.491	6	248
VII-16	4422	23	4,5	7,5	12,0	6	1,25	3,0	860	143	688	1.154	6	192
VII-19	4462	26	9,0	21,0	30,0	6	3,5	5,0	1.488	248	425	884	6	147
VII-21	4422	23	12,0	24,5	36,5	6	1,83	4,0	1.290	215	705*	1.041	6	174
VII-22	4462	25	13,5	20,5	34,0	6	3,42	5,5	1.639	273	479	1.175	7	167
VII-23	4462	22	13,5	18,5	32,0	6	2,5	5,5	1.352	225	541*	1.174	7	167
VII-26	4462	–	13,0	11,0	24,0	6	1,83	4,0	1.017	170	556	1.252	11	114**
VII-27	4462	20	16,5	20,5	37,0	6	3,42	5,0	1.652	275	483	2.069	12	172
VII-28	4462	20	16,5	20,5	37,0	6	3,42	4,0	1.396	233	408	1.378	9	153
VII-29	4462	–	34,0	–	34,0	6	-	-	- *	0	- *	1.983	11	180
VII-30	4462	–	19,5	19,0	38,5	6	3,16	6,0	2.086	348	660*	1.629	11	148
VIII-2	4462	17	–	–	–	–	-	-	–	–	- *	620	6	103
VIII-3	4462	23	27,0	9,0	36,0	6	1,5	3,0	714	119	476*	1.782	6	297
VIII-4	4462	21	12,0	19,5	31,5	6	3,25	10,0	2.777	463	854	1.388	8	174
VIII-5	4462	24	13,5	24,0	37,5	6	4,0	7,0	1.322	220	330	1.580	8	198
VIII-6	4462	-	13,5	21,0	34,5	6	3,5	9,0	2.160	360	617	1.888	11	172**
VIII-9	4462	22	15,0	9,0	24,0	6	0,5*	1,0	91*	15	182*	1.182	12	98
VIII-10	4462	17	15,0	20,0	35,0	6	1,5	3,0	907	151	605	2.355	13	181
VIII-11	4462	–	14,0	17,0	31,0	6	2,83	9,0	2.001	334	707	2.567	14	183
VIII-12	4462	–	16,5	19,5	36,0	6	3,25	6,0	1.404	234	432	2.552	14	182
VIII-13	4462	-	13,5	21,5	35,0	6	3,58	4,0	1.043	174	293	1.898	14	136
Totales			378,5	468,5	847,0	156	72,41	146,0	39.541	—	546	42.126	231	—
Promedio por día de 26 días			14,6	18,0	32,6	6	2,78	5,58	1.521	253	546		182	

* Trilladora dañada
** Hombres sin experiencia previa en la operación.

La máquina del IRRI estuvo en reparación durante siete días del período de ensayo (26 días) y durante 30 días después del último período de ensayo registrado. Es dudoso que la diferencia de 71 kg/día-hombre o US$ 1,14 por día-hombre y US$ 6,82 por día de la trilladora, sea suficiente para pagar la depreciación, interés, reparación y combustible. Apenas se alcanzaron a pagar los costos de reparación del período de ensayo de 26 días; sin embargo, la experiencia debe reducir los costos de reparación. El grano salió limpio con ambas trilladoras; la trilladora del IRRI dejó menos granos sin trillar y menores pérdidas de grano como se muestra en el Cuadro 12. La diferencia de 3,5 por ciento en pérdidas de grano a favor de la trilladora del IRRI, corresponde a 19 kg/hora de tiempo de trillada. Bajo el supuesto de que a la trilladora se le den 1.000 horas de vida útil, las 19 toneladas de grano ahorrado serían el principal factor a favor de la trilladora del IRRI. El desarrollo y utilización de variedades más difíciles de trillar y que no hayan pérdidas por fácil desgrano durante la operación, resultará comparativamente mucho más favorable para la trilladora de flujo axial y se comparará bien con la combinada.

PERDIDAS DE PESO DEL GRANO

Las pérdidas en peso por secamiento y limpieza, son importantes en la determinación del precio a nivel de finca del arroz en cáscara recién cosechado. Durante la estación seca se cosechó un lote de semilla básica de CICA 9 con un contenido de humedad del grano de 20-23 por ciento. El factor de conversión de arroz "paddy" fresco a semilla limpia seca fue de 0,84 (Cuadro 14). Durante períodos de condiciones secas y lluviosas se hicieron cosechas posteriores de tres lotes de semilla básica de CICA 7, con contenidos de humedad de la semilla que oscilaron entre 17 y 23 por ciento; en algunos días se encontraron costales y grano saturados de humedad debido a la lluvia. La tasa de conversión fue muy baja (0,743) para la totalidad del lote de semilla (86,5 toneladas de semilla seca limpia de aproximadamente 116,4 toneladas de arroz "paddy" fresco). Con base en esta diferencia, entre los factores de conversión de semilla básica de dos variedades, se buscó lograr esas 11 toneladas adicionales de semilla básica sin obtener resultado alguno. En consecuencia, se decidió mantener registros detallados de los pesos de la semilla en cosechas futuras. El arroz en cáscara recién cosechado se pesó en el campo, en los silos, al salir de los silos y también como semilla limpia seca o como producto proveniente del molino de arroz. Estos pesos detallados fueron tomados y registrados por el personal de operaciones de campo, becarios y adiestradores asociados en administración de fincas. Los resultados se presentan en los Cuadros 14 y 15.

Cuadro 14. **Determinación de las pérdidas de peso por secamiento y limpieza del grano, a nivel de finca.**

Variedad	Peso fresco 18-24% (kg)	Peso seco de grano limpio 12-13,5% (kg)	Factor de conversión
CICA 9	60.969	51.200*	0,840
CICA 7	116.455	86.550*	0,743
4440	15.368	12.199*	0,793
CICA 9	21.580	19.108**	0,907
4422	60.108	50.023**	0,832
4462	73.150	63.798**	0,872
Total	347.630	282.878	0,814

* Semilla básica seca y limpia, en empaques de 50 kg
** Arroz en cáscara seco y limpio, para ser trillado en el molino de arroz de un solo pase (Satake SB-2B) del CIAT.

Cuadro 15. Datos sobre recuperación de molinería para CICA 9 y las líneas 4422 y 4462 de arroz en cáscara, cosechado y seco.

Variedades	Peso de cosecha (kg)	% humedad		Peso seco (kg)	Factor de conversión	Recuperación de molinería en el CIAT											
						Grado 1		Grado 2		Grado 3		Todos los grados		Salvado		Total (kg)	Recuperación (%)
		Húmedo	Seco			(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)		
CICA 9	1.012	23,3	12,2	812	0,802	538	66,2	57	7,0	1	0,1	596	73,4	81	9,9	677	83,3
	2.873	18,7	12,0	2.576	0,897	1.659	64,4	186	7,2	-	-	1.845	71,6	254	9,8	2.099	81,5
	1.058	18,9	12,0	962	0,909	505	52,5	117	12,2	-	-	622	64,6	108	11,2	730	75,9
	1.059	21,2	12,2	939	0,887	541	57,6	112	11,9	-	-	653	69,5	97	10,3	750	79,9
	434	16,6	12,0	402	0,926	221	55,0	63	15,7	-	-	284	70,6	33	8,2	317	78,9
	1.672	25,7	12,5	1.361	0,814	911	66,9	143	10,5	-	-	1.054	77,4	217	15,9	1.271	93,4
	345	19,6	12,1	319	0,925	197	61,7	32	10,0	-	-	229	71,8	37	11,6	266	83,4
	606	17,3	12,0	531	0,876	317	59,7	63	11,9	-	-	380	71,6	46	8,7	426	80,2
	609	16,9	12,0	538	0,883	324	60,2	60	11,2	-	-	384	71,4	59	10,9	443	82,3
	651	18,5	12,5	582	0,894	357	61,3	57	9,8	-	-	414	71,1	56	9,6	470	80,8
	1.531	16,0	12,8	1.407	0,919	799	56,8	195	13,9	-	-	994	70,6	147	10,4	1.141	81,1
	7.871	21,5	13,6	6.959	0,884	4.061	58,4	670	9,6	65	0,9	4.796	68,9	775	11,1	5.571	80,1
	1.859	22,0	13,2	1.720	0,925	881	51,2	225	13,1	53	3,0	1.159	67,4	218	12,6	1.377	80,1
Total	21.580			19.108	0,885	11.311	59,2	1.980	10,4	119	0,6	13.410	70,2	2.128	11.1	15.538	81,3
Línea	4.909	23,1	12,9	4.177	0,851	2.638	63,1	270	6,4	65	1,5	2.973	71,2	543	12,9	3.516	84,2
4422	6.781	22,6	12,6	5.680	0,838	3.338	58,7	600	10,5	149	2,6	4.087	72,0	597	10,5	4.684	82,5
	5.300	26,0	12,6	4.330	0,817	2.921	67,5	199	4,6	3	0,1	3.123	72,1	411	9,5	3.534	81,6
	2.302	24,3	12,8	1.949	0,847	1.258	64,5	128	6,5	4	0,2	1.390	71,3	193	9,9	1.583	81,2
	3.937	25,2	13,6	3.083	0,783	1.616	52,4	486	15,8	22	0,7	2.124	68,9	417	13,5	2.541	82,4
	2.002	23,1	12,7	1.685	0,842	1.000	59,3	147	8,7	37	2,2	1.184	70,3	210	12,4	1.394	82,7
	7.533	23,1	13,0	6.389	0.848	3.637	56,9	770	12,0	142	2,2	4.549	71,2	927	14,5	5.476	85,7
	5.227	28,9	13,2	4.326	0,828	2.860	66,1	243	5,6	4	0,1	3.107	71,8	331	7,7	3.438	79,5

Cuadro 15. Continuación

Variedades	Peso de cosecha (kg)	% humedad Húmedo	% humedad Seco	Peso seco (kg)	Factor de conversión	Recuperación de molinería en el CIAT: Grado 1 (kg)	Grado 1 (%)	Grado 2 (kg)	Grado 2 (%)	Grado 3 (kg)	Grado 3 (%)	Todos los grados (kg)	Todos los grados (%)	Salvado (kg)	Salvado (%)	Total (kg)	Recuperación (%)
	4.177	25,0	13,2	3.464	0,829	1.909	55,1	423	12,2	44	1,3	2.376	68,6	424	12,2	2.800	80,8
	7.127	23,3	12,8	5.832	0,818	3.801	65,2	410	7,0	5	0,1	4,216	72,3	559	9,6	4.775	81,8
	2.718	27,0	11,6	2.094	0,770	1.241	59,2	185	8,8	3	0,1	1.429	68,2	231	11,0	1.660	79,3
	3.539	23,8	12,7	2.949	0,833	1.745	59.2	225	7,6	93	3,2	2.063	70,0	334	11,2	2.397	81,3
	1.323	22,0	13,0	1.166	0,881	618	53,0	157	13,4	-	-	775	66,4	114	9,7	889	76,2
	561	16,5	12,0	477	0,850	207	43,3	47	9,8	-	-	254	53,2	50	10,4	304	63,7
	2.197	19,0	12,8	2.023	0,921	1.153	56,9	244	12,0	-	-	1.397	69,1	212	10,4	1.609	79,5
	475	18,5	12,4	409	0,861	221	54,0	44	10,7	-	-	265	64,8	53	12,9	318	77,8
Total	60.108			50.033	0,832	30.163	60,3	4.578	9,1	571	1,1	35,312	70,6	5.606	11,2	40.918	81,8
Línea 4462	8.430	21,2	12,3	7.585	0,908	4.265	56,2	972	12,8	13	0,1	5.250	69,21	809	10,6	6.059	79,9
	2.900	23,8	12,6	2.442	0,842	1.458	59,7	279	11,4	25	1,0	1.762	72,2	294	12,0	2.056	84,2
	4.030	19,3	12,5	3.406	0,845	2.006	58,8	148	4,3	6	0,1	2.160	63,4	392	11,5	2.552	74,9
	8.867	22,6	12,3	7.872	0,888	3.967	50,3	1.263	16,0	17	0,2	5.247	66,7	921	11,6	6.168	78,4
	9.874	19,6	13,2	8.482	0,859	4.207	49,6	1.613	19,0	32	0,4	5.852	69,0	971	11,4	6.823	80,4
	2.374	26,2	13,0	1.965	0,828	1.185	60,3	193	9,8	-	-	1.378	70,1	190	9,6	1.568	79,8
	4.625	16,7	13,0	4.388	0,949	1.282	29,2	1.609	36,6	231	5,3	3.122	71,1	564	12,8	3.686	84,0
	621	16,7	12,7	552	0,889	250	45,3	134	24,3	-	-	384	69,6	49	8,9	433	78,4
	7.660	23,3	12,7	6.415	0,837	4.175	65,0	359	5,5	5	0,1	4.539	70,8	578	9,0	5.117	79,8
	2.342	17,5	13,0	2.304	0,984	894	38,8	750	32,6	22	1,0	1.666	72,3	227	9,8	1.893	82,2
	4.762	19,4	12,3	4.157	0,873	2.270	54,6	601	14,4	11	0,2	2.882	69,3	534	12,8	3.416	82,2
	10.960	22,2	13,0	9.402	0,858	5.416	57,6	975	10,3	34	0,3	6.425	68,3	936	9,9	7.361	78,3
	5.705	17,6	12,0	4.828	0,846	2.831	58,6	481	10,0	5	0,1	3.317	78,5	541	11,2	3.858	91,2
Total	73.150			63.798	0,872	34.206	54,1	9.377	14,7	401	0,6	43.984	68,9	7.006	11,0	50.990	79,9

RECUPERACION EN LA MOLIENDA

En el Cuadro 15 se presentan los datos de recuperación de molinería para CICA 9 y las líneas 4422 y 4462. El personal de operaciones de campo utilizó un molino de tres caballos de fuerza, con una capacidad de trilla de 160-210 kg/hora de arroz en cáscara, para trillar el arroz que no se vende como semilla. Esto arrojó excelentes resultados acerca del trillado, además de un ingreso para el CIAT y un control de semilla que no sale del CIAT.

Los materiales CICA 9 y 4422 son líneas hermanas, con tipos de planta y grano casi idénticos. Ambas líneas dieron un promedio de aproximadamente 60 por ciento de arroz de primer grado y en algunos lotes se obtuvo hasta un 67 por ciento de arroz de esta calidad; sin embargo, se obtuvieron algunos valores bajos de recuperación a causa de: a) contenidos de humedad del grano inferiores al 18 por ciento al momento de la cosecha y b) en el caso de un lote específico, con madurez desigual del grano, sembrado con CICA 9 proveniente de un cultivo de soca. La línea 4462, hermana de CICA 7, se descartó debido al volcamiento y mala recuperación de molinería, a pesar de que los rendimientos de esta líneas son mejores que los de CICA 7. El bajo promedio de recuperación de molinería (53,2 por ciento) se debió en gran parte a que algunos lotes presentaron excesiva madurez, con bajo contenido de humedad del grano, que se cosecharon después de una lluvia fuerte. La recuperación de molinería fue buena para los lotes que se cosecharon con anterioridad y que presentaron niveles de humedad más altos.

INGENIERIA AGRICOLA

DRENAJE Y RIEGO POR BOMBEO

Gran parte del esfuerzo en ingeniería agrícola, dentro del Programa de Arroz del CIAT, se concentró en el desarrollo del sistema de producción continua de arroz, y en su posterior cosecha y procesamiento anteriormente descritos. También se informó brevemente sobre algunos estudios de agua. Por la importancia que tienen los aspectos de drenaje y de riego por bombeo, estos temas serán tratados separadamente.

En las áreas tropicales de América Latina existen millones de hectáreas de valles aluviales que son fértiles e inundables, las cuales se inundan por períodos bastante largos a profundidades de menos de dos metros. Normalmente, estas mismas regiones tienen agua en los canales de drenaje, durante la estación de sequía, que se encuentran a niveles menores de dos metros bajo la superficie del suelo. En estos valles inundables se pueden diseñar sistemas integrados incluyendo caballones protectores, cauces de alivio para desalojar aguas con altos niveles, drenajes, carreteras, canales y estaciones de bombeo, con el fin de convertirlos en campos productivos para arroz. En este diseño, la tierra proveniente de la excavación de los drenajes serviría como cimiento de la carretera y de los caballones protectores; los caballones protectores también servirían como límite de los cauces de alivio y los canales de drenaje concentrarían el agua, para bombearla fuera del cultivo o bien para riego; las alcantarillas permitirían el paso del agua por gravedad o por bombeo a través de las carreteras o caballones; estas alcantarillas también servirían como cimientos o fosas de bombeo, de bajo costo, para la instalación de bombas grandes portátiles de flujo axial.

El diseño de las bombas y su instalación se debe incluir como parte integral del proyecto global de diseño de drenajes, carreteras, caballones, canales y alcantarillas, si se espera lograr los máximos beneficios a costo mínimo. Considerando que los caballones y drenajes, con menos de dos metros de profundidad, son adecuados en la mayoría de las áreas, más fáciles de construir y menos costosos, se concluye que se debería utilizar una bomba eficiente y económica para una cabeza diferencial de menos de dos metros. Las fuentes de energía eléctrica son limitadas en la mayoría de los valles inundables. Por otra parte, es necesario disponer de tractores Diesel de más de 50 caballos de fuerza, con 540 rpm en el eje tomafuerza (PTO) para otras operaciones agrícolas, tales como preparación de tierra y transporte. Entonces, la inversión de capital inicial se puede reducir mediante el uso intensivo de PTO del tractor como fuente de potencia para las bombas, cuando el tractor no se encuentre en utilización para la preparación de la tierra o transporte; adicionalmente, un tractor viejo o un motor Diesel de botes se pueden utilizar como unidades suplementarias de potencia estacionaria.

Una alcantarilla, que conduce un drenaje por debajo de un caballón que sirve como cimiento a una carretera, puede usarse como sitio para instalar una bomba; tal podría ser el diseño integral que se discutía anteriormente.

Durante 1976 se diseñó, construyó y ensayó en el CIAT una bomba de eje axial bajo. En el Cuadro 16 se resumen los resultados obtenidos con este aparato. Para comprender mejor este cuadro, una hectárea-metro equivale a 10.000 metros cúbicos. Para un ciclo de cultivo, es suficiente dos hectáreas-metro para el correspondiente control de aguas. El requerimiento de combustible Diesel oscilaría entre 15 y 60 litros/ha por ciclo de cultivo; el tiempo de bombeo, utilizando el tractor como fuente de potencia, sería de 4-6 horas por hectárea durante un período de 120 días. En un proyecto de adecuación de una extensión de 100 hectáreas, un tractor y una bomba deberían mantener con facilidad el control de aguas mediante operaciones diarias de 4-6 horas durante la noche y/o por períodos de 24 horas durante las condiciones extremas de inundación. Con una bomba portátil, se pueden utilizar uno o más sitios de bombeo, si tal cosa fuera necesaria, para el mejor uso de un sistema de drenajes y canales. La dirección de bombeo del agua se puede invertir reinstalando la bomba en la dirección contraria.

Cuadro 16. **Relación de máxima eficiencia de cabeza diferencial (H), descarga (Q), revoluciones por minuto de la bomba y requerimientos de combustible por hora y por hectárea-metro de una bomba de flujo axial accionada por el PTO de un tractor de 70 hp.**

H (cm)	Q (litros/ segundo)	PTO (rpm)	Diesel (litros/ hora)	Combustible (litros/ ha-m)
75	770	308	3,85	13,89
100	890	356	5,68	17,72
125	992	397	7,32	20,50
140	1.100	440	9,01	22,75
175	1.190	476	10,51	24,53
200	1.270	508	11,90	26,03
225	1.355	542	13,34	27,35

RIEGO Y CONTROL DE AGUA

En los campos del CIAT, el control del nivel del agua se basó en el mantenimiento, hasta donde fue posible, de una lámina de 1 a 5 centímetros de profundidad, a través del ciclo de cultivo, en virtud de que este factor es de gran importancia para obtener buenos rendimientos en arroz. Los campos se drenaron deliberadamente solamente para permitir: a) el establecimiento del cultivo durante la primera semana, b) la aplicación de herbicidas y c) la cosecha después de la madurez fisiológica. Sin

embargo, el control deseado del agua no fue siempre posible de lograr y con frecuencia, los campos no fueron inundados debido a la escasez de agua y a pérdidas de la misma, a través de los caballones limítrofes.

La totalidad del agua del CIAT se bombea desde una profundidad de 10-30 metros mediante bombas eléctricas de turbina, en pozos que requieren aproximadamente 0,22 KWH por metro cúbico. El requerimiento total de agua bombeada se estima en 15.000-20.000 m^3/ha o 3.300-4.400 KWH/ha de energía eléctrica.

PERDIDA DE AGUA

Se midieron las pérdidas por percolación profunda, en reservorios de agua, con el fin de estimar el costo de tales pérdidas y determinar si los reservorios prestan verdadera utilidad. Se encontró que las pérdidas por percolación profunda en los reservorios, oscilan entre 7,4-10,3 litros/hora, por metro lineal de perímetro en el reservorio. Se utilizaron dos reservorios, con capacidad de almacenamiento de 20.000 metros cúbicos aproximadamente, y perímetros de 600 metros cada uno, para almacenar el agua extraída de cuatro pozos profundos que tienen una tasa combinada de bombeo de 835 m^3/hora. Esta capacidad de almacenamiento de agua bombeada durante 48 horas, permite la utilización total de los pozos durante las noches, fines de semana, días festivos y las aguas lluvias que pueden ocurrir. Esta capacidad de almacenamiento también permite su utilización simultánea en diversos campos durante las horas normales de trabajo cuando la eficiencia de riego es mucho mayor. Las pérdidas medidas por percolación (menos de 12 m^3/hora o 1,5 por ciento de la capacidad de bombeo) se recuperan fácilmente mediante un mejor uso de los pozos, bombas, fuentes de energía eléctrica y por una mayor eficiencia del riego en la aplicación de grandes caudales, durante las horas diurnas.

Las pérdidas que se producen por los perímetros de los campos, a través de los caballones que limitan los arrozales, se observaron y midieron en la forma de flujos en los canales a los lados de las carreteras. Parte de este flujo se logró reutilizar en los terrenos más bajos, mediante la construcción de represas pequeñas en los canales pero, desafortunadamente, se perdieron grandes cantidades de agua en los desagües fuera del CIAT. Inicialmente, se hizo un esfuerzo para reducir y reutilizar hasta donde fue posible estas pérdidas superficiales; luego, se hizo una serie de mediciones para determinar cuáles eran los factores involucrados en las pérdidas por los caballones limítrofes existentes y al tiempo diseñar mejor estas infraestructuras para reducir las pérdidas. Las pérdidas por los linderos de campo del CIAT promediaron aproximadamente 16 litros/hora/metro con límites extremos de 0 a 70. Con base en las observaciones hechas en las dimensiones de los caballones y profundidad del agua, se derivó una ecuación de predicción con un R^2 de 0,87 (Figura 5). Esta

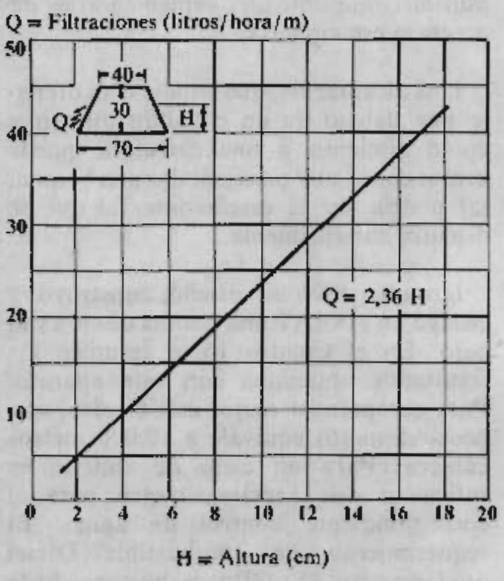


Figura 5. Pérdidas de agua por filtración a través de los caballones limítrofes de los arrozales del CIAT.

investigación se publicará como un artículo técnico considerando que las pérdidas, a través de caballones limítrofes, son un factor primordial en los requerimientos de agua para mantener inundados los campos de arroz.

MAQUINARIA AGRICOLA PROVENIENTE DEL IRRI

Un juego de maquinaria agrícola, construido a partir de diseños del IRRI, fue donado al CIAT y se recibió en mayo de 1976. El juego consistió en dos tractores de un solo eje, con siete caballos de fuerza, una trilladora de flujo axial, un secador tipo tolva con un motor de gasolina de tres caballos de fuerza y un quemador de querosene, una bomba de fuelle, un escardador con fuerza motriz y una sembradora de varias tolvas.

La trilladora de eje axial y el tractor de un solo eje se utilizaron en el programa de arroz, durante el mayor tiempo posible. Los motores de gasolina de 7 caballos de fuerza y las transmisiones de las cultivadoras requirieron reparaciones de bastante magnitud. La calidad y confianza de funcionamiento de estas máquinas se debe comprobar antes de recomendar su venta a los pequeños arroceros de América. Existe un gran interés por parte de los productores y fabricantes locales por obtener y producir maquinaria para la producción de arroz. El programa de maquinaria del IRRI ha remitido aproximadamente 100 solicitudes al Programa de Arroz del CIAT, en su condición de institución coordinadora en América Latina en lo referente a maquinaria para el cultivo de arroz. El CIAT no tiene presupuesto ni técnicos disponibles para atender esas solicitudes y mucho menos, prestar asistencia técnica adecuada a los fabricantes locales. Sin embargo, el CIAT ha colaborado con el IRRI y con una misión técnica de la República Federal Alemana para llegar a un acuerdo mediante el cual, esta misión técnica prestará asistencia a los fabricantes locales, en la producción de prototipos de diseños del IRRI.

ECONOMIA

COLOMBIA

El CIAT desarrolló un modelo econométrico de la producción y demanda de arroz con el propósito de medir el impacto de las nuevas variedades de arroz con altos rendimientos. Con base en este modelo se estimaron los beneficios brutos, los costos de investigación y los beneficios netos y estos factores se distribuyeron por grupos de productores y consumidores (Cuadro 17). Los beneficios brutos y netos del productor son negativos, tanto para el sector de secano como para el sector de cultivo bajo riego, lo cual significa que los beneficios obtenidos por rentabilidad de la tierra y habilidades empresariales habrían sido mayores en ausencia de las variedades con altos rendimientos, en virtud de que los precios habrían sido mucho más altos. El ingreso predeterminado correspondió en gran parte a los productores pequeños de secano; las nuevas variedades se desarrollaron para utilizarlas en cultivos con riego, lo cual dió a los sectores de riego una ventaja comparativa sobre el sector de secano, en el cual no hubo ningún cambio tecnológico significativo. Como resultado de estas circunstancias es posible presentar una estructura cambiante en la industria arrocera de Colombia (Cuadro 18).

Los beneficios absolutos y relativos fueron mayores para los consumidores de bajos ingresos. Para los tres grupos de menores ingresos los beneficios fueron de

Cuadro 17. Valor y distribución de los beneficios y costos de las variedades de alto rendimiento en Colombia: 1957-1974 en millones de pesos colombianos (1970).

Rubro		Productores: Secano $ (millones)	Productores: Riego $ (millones)	Productores: Total $ (millones)	Consumidores $ (millones)	Total en Colombia $ (millones)	Cooperación internacional $ (millones)
Beneficios brutos		-3.542,1	-5.292,9	-8.835,0	14.939,3	6.104,3	-
Costos de investigación	FEDEARROZ	8,4	29,9	38,3	-	38,3	-
	ICA	0,7	1,7	2,4	22,1	24,5	-
	Total	9,1	31,6	40,7	22,1	62,8	18,8
Beneficios netos		-3.551,2	-5.342,5	-8.875,7	14.917,2	6.041,5	-

12,8, 7,1 y 3,5 por ciento, respectivamente, de sus niveles de ingreso en 1970. Este resultado se presentó debido a que la producción adicional entró al mercado interno, lo cual significó precios mucho menores a los que se habrían presentado en ausencia de las variedades con altos rendimientos, a consecuencia de la demanda interna relativamente inelástica. En la actualidad, los productores tienen problemas para comercializar su arroz; aparentemente, el consumo per capita alcanzó su máximo nivel (esta cifra casi se duplicó). En consecuencia, surgen dos alternativas: la primera se relaciona con la exportación del excedente nacional; los principales mercados en América Latina podrían ser los países del Caribe. La segunda posibilidad sería la de buscar usos alternativos para el arroz, principalmente en aquellas actividades en las cuales el arroz podría sustituir otros productos, por ejemplo, en la producción de cerveza como sustituto de la cebada o como alimento para animales.

Los beneficios del aumento en la producción de cultivos alimenticios debido a cambios tecnológicos, serán captados por el consumidor y tenderán a favorecer los grupos de menores ingresos, cuando el producto no salga a los mercados de exportación. Las políticas de industrialización, que protegen al sector de la manufactura, contribuyen a fortalecer la producción de alimentos más baratos, en una forma interesante pero indirecta. Las tarifas de protección para el sector industrial permiten que el valor de las divisas extranjeras se mantenga a niveles más

Cuadro 18. Rendimiento y producción de los sectores de secano y riego en Colombia (años seleccionados).

Año	Secano: Rendimiento (ton/ha)	Secano: Producción ton (miles)	Riego: Rendimiento (ton/ha)	Riego: Producción ton (miles)
1954	1,1	124	2,7	171
1960	1,2	187	3,9	263
1965	1,1	276	3,0	396
1968	1,7	251	4,2	536
1972	1,6	161	5,2	883
1975	1,6	152	5,4	1.480

bajos de lo que estarían en ausencia de dicha protección. Cuando el cambio tecnológico generado por la inversión pública y la investigación agrícola desplace la oferta de cultivos alimenticios, los productores tienen menos incentivos para exportar debido a una tasa de cambio más baja. En consecuencia, el aumento de la producción debe ser absorbido por el mercado interno, en el cual la elasticidad de demanda es baja. De esta manera, los precios del arroz para consumo descienden considerablemente y los consumidores se benefician. Esto ocurre cuando en la agricultura existe una situación dinámica. En una situación estática, la protección al sector de la manufactura contribuye a aumentar los precios de los insumos para el sector agrario, reduce la producción agrícola y aumenta los precios de los alimentos. Si la política de tasa de cambio hubiera sido más favorable para las exportaciones potenciales, Colombia habría podido competir favorablemente en los mercados de exportación. En el futuro, los arroceros podrían captar una mayor proporción de los beneficios económicos (y una menor proporción los consumidores), si Colombia se convierte en un país exportador importante de arroz.

ADIESTRAMIENTO

El Programa de Arroz del CIAT, en estrecha colaboración con el Programa de Adiestramiento y Conferencias, adiestró, durante el segundo semestre de 1976, a ocho profesionales de seis países, en todos los aspectos relacionados con la producción de arroz. Cinco de estos becarios, provenientes de Honduras, Perú y Colombia, recibieron adiestramiento a tiempo completo y los tres restantes, procedentes de Guyana y Brasil, se adiestraron en forma parcial.

Utilizando el sistema de producción continua, se trató de desarrollar en el becario aptitudes científicas, técnicas, económicas, de agricultor y de comunicador, en relación con aquellos métodos prácticos involucrados en una producción racional de arroz bajo riego.

Como objetivos básicos, se procuró que el becario, al terminar su adiestramiento, pudiera:

a) Validar la nueva tecnología en la producción arrocera

b) Aplicar tanto la tecnología existente como la nueva dentro del marco económico de la producción arrocera

c) Planear, desarrollar y dirigir una eficiente explotación arrocera

d) Transferir las tecnologías a los productores de arroz para lograr aumentos, económicamente válidos, en producción, a nivel regional o nacional

e) Planear, desarrollar y dirigir pruebas regionales de variedades.

El período de adiestramiento fluctuó entre cuatro y seis meses. Sembrando aproximadamente dos hectáreas semanales y en producción continua, los becarios tuvieron la oportunidad de trabajar y de adiestrarse en todas las fases del cultivo. Dichas fases se agruparon en cuatro divisiones y así cada becario pudo adiestrarse, al menos por un mes, en cada una de estas divisiones.

a) Preparación de suelos

- Eliminación de residuos del cultivo anterior
- Análisis de suelos
- Hechura, limpieza y reconstrucción de caballones
- Arada o picada con rototiller
- Inundación para fangueo

- Nivelación con pala
- Uso del rastrillo de nivelación

b) Siembra

- Obtención de semilla de buena calidad
- Pregerminación
- Establecimiento de semilleros
- Siembra
- Desaguada

c) Prácticas culturales

- Riego
- Control de malezas
- Abonamiento
- Control de plagas y enfermedades

d) Cosecha y procesamiento

- Trilla manual y mecánica
- Secamiento
- Molinería
- Tratamiento de la semilla

e) Planeación y evaluación económica

f) Fitomejoramiento

g) Viajes de observación

Esencialmente, se impartió un adiestramiento práctico durante el cual los becarios estuvieron en contacto diario y permanente con las labores de producción de arroz. Este adiestramiento práctico fue reforzado con charlas y conferencias periódicas sobre temas de interés para todos los becarios.

Además del conocimiento biológico y agronómico del cultivo, los becarios recibieron amplia información sobre los aspectos económicos y administrativos de la producción. Dedicaron dos horas semanales a ejercicios y conferencias sobre administración.

Una parte muy importante del curso fue la dedicada al fitomejoramiento, en el establecimiento de pruebas regionales y la planeación, desarrollo y evaluación de viveros internacionales de rendimiento, de secano, de resistencia a salinidad y de resistencia a enfermedades.

Para que los becarios pudieran comparar diferentes técnicas de cultivo en diversos medios ecológicos y especialmente, evaluar e integrar sus propios conocimientos y experiencias con las de otros técnicos, se llevaron a cabo diversos viajes de observación por las zonas arroceras del Valle del Cauca, Tolima y Huila, en Colombia; y la zona del Río Guayas, en Ecuador. Estos viajes proporcionaron a los becarios nuevas experiencias y elementos de juicio para su formación profesional.

En el futuro, se espera que los cursos tengan una duración de seis meses, dedicando cuatro a producción y dos a fitomejoramiento.

ADOPCION DE TECNOLOGIA

En 1976 se iniciaron investigaciones sobre sociología rural con el propósito de identificar en Colombia los factores relacionados con la adopción de nuevas tecnologías de arroz. Los trabajos se llevan a cabo con la colaboración del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria, INCORA. El proyecto tiene dos objetivos básicos: a) recopilar información acerca de los aspectos socioeconómicos de la producción tradicional de arroz por los pequeños agricultores y b) evaluar los cambios que se presentan en el nivel de vida de los agricultores y en las estructuras

socioeconómicas bajo las cuales operan, como resultado de la adopción de nuevas tecnologías.

Esta información es importante para conocer las necesidades de los pequeños productores de arroz y para ayudar a comprender cómo las nuevas tecnologías relacionadas con este cultivo pueden contribuir a mejorar o cambiar el nivel de bienestar rural de estos agricultores.

La investigación se está haciendo en una región representativa de las tierras bajas tropicales, localizada en la costa norte de Colombia. Esta sección del país produce el 30 por ciento del arroz de Colombia y tiene un gran potencial para ampliar en el futuro la producción de este cultivo. Los agricultores de esta región utilizan diversos sistemas de producción de arroz: desde el cultivo de colonización en combinación con el establecimiento eventual de praderas, hasta los cultivos de dos cosechas anuales en los distritos de riego.

Se hicieron dos encuestas con el fin de lograr el primer objetivo del proyecto: para la primera se envió un cuestionario a los profesionales relacionados con la producción de arroz en la región, habiéndose recibido aproximadamente 50 respuestas. Por este medio, se obtuvo información acerca de la importancia relativa de diversos sistemas de cultivo de arroz, niveles de producción, utilización del arroz como cultivo de apertura de nuevas tierras para el establecimiento posterior de praderas, sistemas de tenencia de la tierra, mercadeo, costos de producción, uso de mano de obra, cambios en los valores de la tierra cultivable y problemas observados debido a la adopción de nuevas variedades de arroz.

Un factor importante que se encontró y que frecuentemente se pasa por alto es el gran número de pequeños agricultores de subsistencia que cultivan arroz. Estos arroceros sólo contribuyen en forma marginal a la producción nacional pero puede ser el grupo más grande, en términos del número de productores. En los departamento de Bolívar, Sucre, Córdoba y una pequeña parte de Antioquia, la encuesta reveló un límite inferior de aproximadamente 21.000 agricultores que cultivan arroz en la forma tradicional. Estos métodos tradicionales excluyen preparación del terreno, con excepción del uso de una vara para abrir los hoyos para la siembra de la semilla. Aproximadamente, la tercera parte de estos agricultores transplantan el arroz.

La extensión promedio de las parcelas de arroz, entre los agricultores que siembran la semilla directamente, es de 1,8 hectáreas y entre los que practican el transplante, 1,2 hectáreas. Los rendimientos promedio para los dos sistemas son de 2,3 y 2,5 ton/ha, respectivamente. Muchos de los agricultores de subsistencia de esta región utilizan el arroz como cultivo de colonización, es decir, el agricultor desmonta las tierras vírgenes y siembra arroz durante uno o dos ciclos de cultivo, para sembrar posteriormente pastos y establecer praderas. Esta práctica se considera que es la renta que se paga al propietario por el uso de la tierra; con frecuencia, el dueño de la tierra se dedica a la ganadería y por tal razón se interesa en el establecimiento de praderas.

La encuesta mostró que uno de los cambios más importantes que se presentan después de la introducción de nuevas tecnologías en el cultivo de arroz, es un aumento marcado en el valor de la tierra (Cuadro 19).

Estos datos parecen indicar que además de las presiones generadas por las nuevas oportunidades tecnológicas para elevar el precio de la tierra a tasas más altas que la inflación, en las áreas de subsistencia, posiblemente la presión demográfica y la importancia del arroz como alimento básico contribuyeron a elevar más este valor.

Cuadro 19. **Precios de las tierras arroceras* por hectárea en el norte de Colombia**, en 1968 y 1976.**

Sistema de producción	Precio 1968 (Col $)	Precio 1976 (Col $)	Tasa	Tasa deflactada
Mecanizado, con riego	5.030	24.700	4,7	1,7
Mecanizado, secano	2.660	10.800	4,1	1,4
Manual, secano	1.700	8.160	4,8	1,6
Manual, transplantado	1.290	7.000	5,4	1,8

* Precios no ajustados a la inflación
** El número de observaciones osciló entre 11 y 32.

En la segunda encuesta, los arroceros de cerca de 20 importantes comunidades productoras de arroz en la región participaron en entrevistas estructuradas con preguntas abiertas. En 1977 se habrá concluido el análisis total de la información recopilada en esta segunda encuesta.

Una consecuencia socioeconómica importante de la introducción de nuevas variedades de arroz que se pudo observar durante estas visitas de campo, es la desaparición del sistema manual de recolección que consistía en cortar el arroz, espiga por espiga, para formar "puños". Ahora donde la recolección se hace manual se utiliza la hoz. Este es un efecto directo del nuevo tipo de planta que involucra la entrada del campesino cada vez más en la economía monetaria, ya que en el nuevo sistema el pago se hace en dinero y no en arroz como en el sistema tradicional.

Con el fin de lograr el segundo objetivo de la investigación sociológica en arroz, se diseñó un estudio de tipo comparativo entre tres comunidades diferentes. Las comunidades se seleccionaron con base en los niveles tecnológicos utilizados en el cultivo del arroz. En una de las comunidades, todos los agricultores cultivaban variedades tradicionales. En otra, la mayoría de los agricultores cultivaban la variedad CICA 4 (mejorada) y utilizaban el riego, la mecanización y otros insumos modernos; en algunos años, estos agricultores lograron obtener dos cosechas. Una tercera comunidad de arroceros utilizaba un nivel tecnológico intermedio; se cultivaban nuevas variedades pero la mecanización era muy poca.

En una encuesta, hecha a 112 agricultores de las tres comunidades, se recopiló información acerca de los diferentes métodos de cultivo utilizados en las plantaciones de arroz, costos de producción, uso de mano de obra familiar y contratada, métodos de cosecha, producción y consumo de arroz, tenencia de la tierra, variedades sembradas, cambios ocurridos en el tamaño de la familia, nivel de salud, educación y expectativas futuras de los agricultores.

Las encuestas se completaron a fines de 1976, de manera que sólo se dispone de datos preliminares sobre algunos de los factores estudiados. Al hacer una comparación con los estimativos de la primer encuesta y los resultados obtenidos en las otras dos comunidades, los agricultores de la comunidad que utiliza los métodos tradicionales obtienen rendimientos muy bajos. En 1976, los agricultores de esa comunidad sólo obtuvieron un rendimiento de 0,892 ton/ha en las parcelas transplantadas, y 1,050 ton/ha en las parcelas sembradas directamente. Esto se debió, probablemente, y en parte, a las condiciones de sequía que prevalecieron durante el año; igualmente, al comparar estos datos con los estimativos de la primera encuesta hecha por correspondencia, los profesionales entrevistados pueden haber sobreestimado los promedios de

Cuadro 20. Mano de obra requerida (días-hombre) para cultivar una hectárea de arroz, bajo 3 sistemas diferentes, en la costa norte de Colombia, 1976.

	Sistema de producción					
	Secano manual		Transplante manual		Mecanizado con riego	
Tipo de labor	(familiar)	(contratada)	(familiar)	(contratada)	(familiar)	(contratada)
Preparación del terreno, siembra y riego	13,0	14,9	7,7	14,7	7,7	16,7
Transplante	0,0	0,0	3,6	8,1	0,0	0,0
Desyerba manual	7,8	17,9	3,4	6,3	0,5	9,1
Aplicación de insumos	0,0	0,0	0,5	0,5	1,6	2,2
Protección contra daño de pájaros	34,2	32,2	0,0	20,7	2,0	4,0
Cosecha	6,5	18,1	3,8	14,7	0,2	0,2
Otros	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Totales	61,5	83,1	20,0	65,0	12,0	32,2
Total mano de obra	144,6		85,0		44,2	

producción del arroz cultivado en la forma tradicional. Sin embargo, algunos agricultores de la comunidad obtuvieron rendimientos de más de 2,0 ton/ha con las variedades tradicionales. El 50 por ciento de estos agricultores utilizó herbicidas, el 10 por ciento insecticidas, pero ninguno utilizó fertilizantes químicos.

Entre las otras dos comunidades, el rendimiento promedio logrado con la variedad CICA 4 fue de 3,9 ton/ha. Los agricultores mecanizados obtuvieron un rendimiento promedio de 4,4 ton/ha, en tanto que el grupo con un nivel tecnológico intermedio sólo logró un rendimiento promedio de 3,1 ton/ha. El grupo de agricultores mecanizados demostró tener más experiencia en la producción de arroz bajo riego debido a que han utilizado este método durante aproximadamente seis años; los agricultores del grupo de tecnología intermedia sólo comenzaron a cultivar variedades mejoradas este año.

En la comunidad de producción tradicional, todo el arroz se corta manualmente y el 92 por ciento de los agricultores paga este servicio con entrega de arroz; de cada cinco puños cortados, el trabajador empleado recibe uno. Las dos terceras partes de los agricultores afirmaron que preferían pagar la mano de obra con dinero pero, por otra parte, el 91 por ciento prefería ser pagado con participaciones en arroz, en el caso de trabajar para otro agricultor. Menos de la mitad de los agricultores que utilizan niveles tecnológicos intermedios cosecharon su arroz manualmente y sólo dos de los 37 agricultores modernizados, aún cosechan manualmente. La mano de obra total requerida para producir una hectárea de arroz, bajo los tres sistemas tecnológicos, varió marcadamente (Cuadro 20).

Adiestramiento y Conferencias

ADIESTRAMIENTO

A medida que los programas de investigación en los cuales el CIAT está comprometido evolucionan y generan nuevas tecnologías, el adiestramiento en esta institución adquiere mayor importancia y amplitud. La expansión que paralelamente experimentan los programas de investigación y de adiestramiento, hace sentir cada día más la necesidad de dar un nuevo enfoque y una reorganización sistemática a los recursos y métodos que tienen relación con el Programa de Adiestramiento y Conferencias.

El año 1976 marcó un giro en el programa. Las estrategias y actividades se orientaron hacia la descentralización de las actividades de adiestramiento para ajustarlas más a las metas específicas que persigue cada uno de los programas de investigación sobre productos agropecuarios. Este proceso de ajuste está plenamente justificado y fué inducido por varias razones, las cuales se pueden resumir así:

1. En los últimos cinco años se ha hecho evidente que los programas del CIAT han evolucionado considerablemente. Esta evolución aumenta el grado de responsabilidad que el programa de cada especie tiene en el adiestramiento de profesionales dedicados a la investigación o a la producción de alimentos.

2. Esa rápida evolución y la disponibilidad de tecnologías que genera en el proceso, han hecho necesario que cada programa preste una mayor atención a las actividades de adiestramiento conectadas con la proyección externa del CIAT.

3. A fines de 1975 se completó una serie de proyectos especiales en adiestramiento, la cual tuvo una duración de seis años e incluyó seis cursos con una orientación hacia la producción combinada de los diversos cultivos, con los que el CIAT opera y cuatro cursos de adiestramiento en producción de ganado; estos cursos fueron financiados, en parte, con un donativo otorgado al CIAT por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y en parte con fondos de diversas fuentes. La experiencia obtenida indicó que el adiestramiento en producción debería preferiblemente hacer énfasis en un solo producto agrícola a fin de servir mejor a los propósitos de cada programa de investigación.

4. El CIAT ha logrado establecer un sólido prestigio internacional paralelo al que han adquirido sus programas de investigación, por la calidad y alcance de sus actividades de adiestramiento. Ese prestigio se ha establecido en las instituciones nacionales de los países con los cuales el CIAT ha sostenido relaciones de cooperación.

5. Hay indicaciones de que las instituciones nacionales de investigación están adquiriendo una mayor conciencia acerca de las ventajas que existen al integrar verticalmente los programas de investigación y producción alrededor de cada producto agropecuario, separadamente, con base en un enfoque multidisciplinario de equipo científico, en lugar del enfoque tradicional de separar por departamentos las disciplinas científicas para tratar de resolver, en forma aislada, diferentes aspectos de cada uno de los productos agropecuarios.

Se reconoce actualmente en el CIAT que el Programa de Adiestramiento y Conferencias: a) es una parte intrínseca de cada programa, b) proporciona apoyo a la investigación de cada producto agropecuario, a nivel nacional y forma parte de la cadena de transferencia de tecnología, c) tiene sus raíces en la función de investigación del CIAT, y d) es componente básico de las actividades de cooperación internacional.

Como resultado de lo anterior, el adiestramiento se impulsa paralelamente a la investigación y todos los miembros del personal científico tienen la responsabilidad y el compromiso al mismo nivel de excelencia con igual sentido de urgencia, teniendo en cuenta que el adiestramiento produce el potencial humano científico y técnico indispensable para lograr a plenitud los objetivos de apoyo a las instituciones nacionales.

Actualmente todos los becarios del CIAT reciben adiestramiento sobre un solo producto agropecuario de aquellos con que trabaja la institución; las pocas excepciones incluyen aquellos que se adiestran en administración de estaciones experimentales o biblioteca y documentación,o estudios especiales (por ejemplo, control de malezas). La orientación por disciplinas, la cual hace algún tiempo fue aceptable en el programa de adiestramiento, ha cambiado por completo.

De acuerdo con este cambio, el coordinador de adiestramiento en sistemas de producción pecuaria se transfirió medio tiempo al Programa de Ganado de Carne como especialista en producción; el especialista en proyección externa del Programa de Porcinos dedica la mitad de su tiempo al adiestramiento y se asignó un asociado de adiestramiento para la producción, a cada uno de los programas de investigación para que colabore con un científico dedicado a la proyección externa.

ADIESTRAMIENTO POSGRADO

El CIAT selecciona los candidatos a becarios entre los mejores universitarios graduados disponibles que ya trabajan en los programas nacionales. Se hacen pocas excepciones en casos especiales, por ejemplo, cuando un país determinado no tiene el suficiente número de universitarios graduados en agricultura que estén empleados en las instituciones nacionales, o cuando se comprueba la necesidad, para el éxito de un proyecto cooperativo entre un país y el CIAT, de adiestrar técnicos para-profesionales que ingresarían al CIAT como becarios especiales.

El CIAT procura una mayor utilización de sus esfuerzos en adiestramiento enfocándolos hacia la capacitación posgrado de los líderes científicos de las instituciones nacionales con las cuales se desarrollan nexos cooperativos. En consecuencia, el CIAT da prioridad a candidatos que tengan ya el título de maestría o doctorado, o que estén en el proceso de obtenerlos. Esta necesidad se hizo más evidente con la evolución del programa de adiestramiento, durante la cual ha aumentado anualmente el número y proporción de becarios para estudio (tesis de MS) y asociados en investigación visitantes (adiestramiento pos MS y tesis de Ph.D.). Asimismo la categoría de becarios posdoctorales (pos Ph.D.), creada en 1975, se amplió en número desde tres hasta ocho, en 1976. Sin

embargo, la disponibilidad de candidatos con este nivel académico es aún muy limitada en los países en desarrollo, de tal manera que estas posiciones son llenadas, en la mayoría de los casos, por profesionales de las naciones desarrolladas. No obstante la mencionada preferencia por candidatos para adiestrar que ya están en niveles avanzados, el CIAT continuó en 1976, y seguirá ofreciendo en el futuro, similares oportunidades en adiestramiento posgrado en la categoría de internos posgraduado a profesionales que no han obtenido ni están en proceso de obtener un título de MS. Esta categoría sigue siendo muy importante y la más numerosa, en 1976 constituyó casi la mitad de todos los becarios.

Durante 1976, el CIAT, por intermedio de su programa de adiestramiento, prestó asistencia a 25 países en desarrollo y recibió 137 becarios de 18 países latinoamericanos. Los Cuadros 1 y 2 muestran el número de becarios de cada país, de acuerdo con las categorías de adiestramiento y los programas respectivos.

En este año, un total de 18 asociados en investigación visitantes realizaron en el CIAT sus investigaciones para obtener el doctorado o recibieron adiestramiento posmaestría en investigación científica o en los programas de investigación del CIAT. Un total de 19 becarios para estudio obtuvieron la maestría en diversas universidades; la mayoría de estos becarios hizo su tesis de investigación en el CIAT. Las universidades que en 1976 acordaron que sus estudiantes graduados hicieran las investigaciones de tesis en el CIAT incluyeron: La Universidad Nacional-ICA (Colombia); Universidad Agraria, La Molina (Perú); las universidades de Florida, Illinois, Michigan State, Minnesota, Cornell, Wisconsin y Texas A&M (Estados Unidos); Londres (Inglaterra); Bonn y la Universidad Tecnológica de Berlín (Repúblicas Federal Alemana). Se adiestraron 61 profesionales en la categoría de internos posgraduados en investigación y 25 en producción; 29 personas recibieron adiestramiento durante cortos períodos como becarios especiales y 28 profesionales (más cuatro internos posgraduados) participaron en un curso corto sobre producción de yuca.

En 1976, recibieron adiestramiento en el CIAT 188 becarios. Esta cifra es ligeramente inferior a la de 1975 (204) porque en este año no se llevaron a cabo los cursos sobre producción de cultivos y producción de ganado. Sin embargo, se constató un aumento en el número de internos posgraduados en investigación y becarios posdoctorales. En el Cuadro 3 se presenta la distribución de los becarios de todas las categorías, con relación a los programas de productos agropecuarios.

ADIESTRAMIENTO EN INVESTIGACION Y EN PRODUCCION DE ESPECIES AGROPECUARIAS

El adiestramiento relacionado con los productos agropecuarios se presenta en las respectivas secciones de cada programa. Además del adiestramiento de internos posgraduados en investigación, becarios de estudio, asociados de investigación visitantes y becarios posdoctorales, los internos posgraduados recibieron adiestramiento en: a) el primer curso de seis meses para Especialistas en Producción Porcina, b) el Módulo de Adiestramiento en Producción de Arroz, el cual tuvo una duración de cuatro meses, c) el Curso Intensivo en Producción de Yuca, y d) el Ejercicio de Campo en Epidemiología de Enfermedades del Ganado de Carne, el cual tuvo una duración de dos meses. Sólo 21 profesionales recibieron adiestramiento fuera de los programas de cada especie debido a su estudio académico o a la naturaleza especial de su adiestramiento; 3 recibieron adiestramiento en biblioteca y documentación y 7 en operación de estaciones experimentales.

Cuadro 1. **Becarios del CIAT en 1976, clasificados por país de origen y categoría de adiestramiento.**

País	Categoría de adiestramiento							
	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Participantes en cursos cortos	Becarios especiales	Becarios para estudio	Asociados en investigación visitantes	Posdoctorales	Total
América Latina y zona del Caribe								
Bolivia	3	2		1				6
Brasil	9	1	8	3				21
Colombia	11	4	6	3	14	1		39
Costa Rica		1						1
Chile	1			1	1	1	1	5
Ecuador				1				1
El Salvador	3					1		4
Guatemala	1	1		2	1	1		6
Guyana				1				1
Honduras	2	3	2	1				8
México	6	4	5	2	1			18
Nicaragua	1	2						3
Panamá	1	1	3					5
Paraguay		4	1					5
Perú	5	2		1	2		1	11
Puerto Rico				1				1
República Dominicana	3			4		1		8
Venezuela	5		3					8
Otros países								
Alemania						3		3
Canadá						1		1
España						1		1
Estados Unidos				1		4	2	7
Gran Bretaña				1		2		3
Holanda				6				6
Indonesia						1	1	2
Irlanda del Norte							1	1
Japón							2	2
Malasia	4							4
Tailandia	6							6
Tanzania						1		1
	61	25	28	29	19	18	8	188

Cuadro 2. **Becarios del CIAT en 1976, clasificados por país de origen y programa o área de especialización.**

País	Programa o área de especialización								
	Frijol	Yuca	Arroz	Ganado de carne	Porcinos	Operación de estaciones experimentales	Biblioteca y servicios de información	Otros	Total
América Latina y zona del Caribe									
Bolivia	1			2	2			1	6
Brasil	2	11	1	3	1	3			21
Colombia	10	8	3	10	3	3		2	39
Costa Rica					1				1
Chile	1	1		2				1	5
Ecuador				1					1
El Salvador	1			3					4
Guatemala	2			2	1	1			6
Guyana			1						1
Honduras	2	2	2	1	1				8
México	3	9		1	4	1			18
Nicaragua					3				3
Panamá		3			2				5
Paraguay		1			4				5
Perú	2	3	2	3				1	11
Puerto Rico	1								1
República Dominicana	1	1		3			3		8
Venezuela	3	4	1						8
Otros países									
Alemania				3					3
Canadá	1								1
España								1	1
Estados Unidos	7								7
Gran Bretaña	1			2					3
Holanda	1	1	2	2					6
Indonesia		1		1					2
Irlanda del Norte	1								1
Japón	2								2
Malasia		4							4
Tailandia		6							6
Tanzania		1							1
	42	56	12	39	22	8	3	6	188

Cuadro 3. Número de becarios en el CIAT en 1976, clasificados por programas o área de especialización y categoría de adiestramiento; comparación con el año 1975.

Programa		Categoría de adiestramiento							
		Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Participantes en cursos cortos	Becarios especiales	Becarios para estudio	Asociados en investigación visitantes	Posdoctorales	Total
Fríjol		18			7	3	7	5	40
Yuca		19		28	3	2	1	2	55
Arroz		3	5		3	1			12
Ganado de Carne		11			13	6	8		38
Porcinos		2	20						22
Otros									
Biblioteca y servicios de información					3				3
Operación de estaciones experimentales		7							7
Otros		1				7	2	1	11
Total	1976	61	25	28	29	19	18	8	188
	1975	58	45	30	27	20	21	3	204

En el Cuadro 4 se presenta el número de becarios en cada programa clasificados por disciplina y categorías y el total de hombre-meses de adiestramiento.

ADIESTRAMIENTO EN OPERACION DE ESTACIONES EXPERIMENTALES

Algunos centros internacionales han ofrecido adiestramiento en esta área para dar apoyo a sus actividades de investigación en fríjol, yuca, ganado de carne, arroz y porcinos. Existen dos razones principales para ofrecer estos cursos: a) el manejo ineficiente de las estaciones experimentales es frecuentemente un obstáculo para los programas de investigación, y b) este tipo de adiestramiento no se ofrece en otra parte de América Latina, con un alto nivel de calidad.

El personal científico del CIAT participó en una reunión especial, realizada en Guatemala y auspiciada por la Fundación Rockefeller, en la cual los directores de investigación y los de programas de graduados de diversos países hicieron énfasis sobre la importancia de este adiestramiento. El CIAT ha adelantado algunos esfuerzos para combinar su programa actual de seis meses de adiestramiento de internos posgraduados en operación de estaciones experimentales con un programa de maestría, en colaboración con las siguientes instituciones: Programa de Graduados de la Universidad Nacional-ICA, en Tibaitatá (Colombia); Programa para Graduados en Administración de la Universidad del Valle (Colombia) y Programa para Graduados en Administración de Empresas Agrícolas, de la ITESM, en Monterrey, México.

En 1976, siete administradores de estaciones experimentales procedentes de Brasil, México, Guatemala y Colombia recibieron 6 meses de adiestramiento en operación de estaciones experimentales. La mayor parte del adiestramiento se realizó en la sede del CIAT y se complementó mediante dos visitas de una semana cada una a estaciones experimentales en Colombia y Ecuador. En la sección de Operaciones de la Estación Experimental de este informe, se incluye información adicional relacionada con este adiestramiento

COMPONENTE DE ADIESTRAMIENTO EN DISEÑO Y METODOLOGIA EXPERIMENTAL

De acuerdo con los objetivos de investigación que tiene el CIAT, la Unidad de Biometría hace una contribución importante al propósito de dar instrucción a alto nivel a los investigadores. En esta instrucción se da énfasis a la planeación y al diseño de experimentos más que a los análisis estadísticos tradicionales. Durante 1976, se dio este tipo de adiestramiento en el Curso de Producción de Ganado Porcino y en el Curso Intensivo de Producción de Yuca.

COMPONENTE DE ADIESTRAMIENTO EN COMUNICACION Y ADMINISTRACION ECONOMIA DE LA PRODUCCION

A pesar de que el adiestramiento en el CIAT hace énfasis en la investigación biológica y en su aplicación a la producción agrícola, el centro tiene plena conciencia de que los métodos y estrategias de la comunicación tienen una gran importancia especialmente en relación con la validación y transferencia de nuevas tecnologías por medio de una cadena que incluye, como eslabones sucesivos, a investigadores, administradores, difusores de la tecnología en diversos niveles y finalmente, al propio agricultor; también son importantes los factores económicos y administrativos. En consecuencia, el Programa de Adiestramiento del CIAT proporciona a los internos posgraduados en producción, a los participantes en cursos cortos y a otros interesados, instrucción sobre economía y administración de la produc-

Cuadro 4. **Becarios del CIAT en 1976, clasificados por programas, disciplinas de especialización y categoría de adiestramiento.**

Programa y disciplina de especialización	Categoría de adiestramiento								
	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Participantes en cursos cortos	Becarios especiales	Becarios para estudio	Asociados en investigación visitantes	Posdoctorales	Total por disciplina (hombre-meses)	Total en el programa
Frijol									
Agronomía	3			1		3		7 (38)	
Biometría	2							2 (7)	
Economía						1		1 (1)	
Entomología	2			1	1		1	5 (39)	
Fisiología	4				1		1	6 (35)	
Fitomejoramiento	3						1	4 (19)	
Fitopatología	3			2	2	2	1	10 (55)	
Microbiología	1			2		1	1	5 (31)	
Producción de semilla				1				1 (1)	
Suelos (rocas fosfóricas)						1		1 (12)	
Total	18			7	4	8	5	42	42 (238)
Yuca									
Agronomía	7				1		1	9 (59)	
Entomología	1							1 (3)	
Fisiología	1						1	2 (17)	
Fitomejoramiento	3							3 (20)	
Fitopatología	5				2	1		8 (58)	
Microbiología del suelo	1							1 (6)	
Procesamiento	1			2				3 (20)	
Producción			28					28 (28)	
Sociología rural				1				1 (2)	
Total	19		28	3	3	1	2	56	56 (213)

Programa y disciplina de especialización	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Participantes en cursos cortos	Becarios especiales	Becarios para estudio	Asociados en investigación visitantes	Posdoctorales	Total por disciplina (hombre-meses)	Total en el programa
Arroz									
Agronomía	2				1			3 (14)	
Control de malezas	1							1 (6)	
Fitomejoramiento				1				1 (2)	
Producción		5						5 (21)	
Sociología rural				2				2 (9)	
Total	3	5		3	1			12	12 (52)
Ganado de Carne									
Administración agrícola					1			1 (8)	
Control de malezas en potreros	1							1 (3)	
Economía				1	1	1		3 (30)	
Pastos y forrajes	6			2	2	3		13 (72)	
Producción					1	2		3 (10)	
Salud animal	5			10	2	2		19 (87)	
Total	12			13	7	8		40	40 (210)
Porcinos									
Producción	2	20							
Total	2	20						22	22 (131)
Otros									
Biblioteca y servicios de información				3				3 (7)	
Biometría							1	1 (6)	
Estudios especiales/ control de malezas					1			1 (12)	
Microbiología del sŭelo					1	1		2 (14)	
Operación de estaciones experimentales	7				1			8 (41)	
Producción de cultivos					1			1 (11)	
Total	7			3	4	1	1	16	16 (91)
	61 (326)	25 (146)	28 (28)	29 (72)	19 (161)	18 (129)	8 (73)	188	188 (935)

ción dentro del marco del adiestramiento en producción de los productos agropecuarios de los cuales se ocupa. En igual forma, da algunas bases y métodos sobre comunicación que servirán al becario en su labor de promover nuevas tecnologías.

MATERIALES PARA ADIESTRAMIENTO

Un paso importante hacia la estructuración sistemática de los recursos de adiestramiento en el CIAT, ha sido la producción de materiales de enseñanza que: a) aseguren mejores resultados en el proceso de adiestramiento, b) reduzcan a un mínimo razonable el tiempo que los científicos deben dedicar a la enseñanza de aspectos rutinarios y c) puedan ser utilizados en programas de adiestramiento en los diferentes países y en el autoadiestramiento.

Ya se han producido algunos materiales audiovisuales de buena calidad sobre prácticas de manejo de ganado. Este esfuerzo inicial se ampliará considerablemente para lo cual se contrató un especialista que ingresó al personal científico del CIAT.

En 1976 se hizo una estimación de las necesidades que tienen las actividades de adiestramiento, tanto en investigación como en producción, en relación con materiales de enseñanza organizados sistemáticamente. Hasta el presente, el adiestramiento que se ha impartido en el CIAT se ha caracterizado por la participación del personal de investigación que demanda de ellos una extensa utilización de su tiempo. Además, se constató que el adiestramiento basado en presentaciones orales de información que está dirigido a un auditorio muy semejante, se presta para ser condensado en unidades de conocimientos cuyo contenido no varía mucho. Para ello se estudiaron diversas alternativas, una de las cuales, denominada el sistema audio-tutelar, fue desarrollada originalmente en el Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Purdue (Estados Unidos) y adaptada con el propósito de satisfacer los requerimientos del adiestramiento posgrado del CIAT. Este sistema de enseñanza se basa en la disponibilidad de unidades de adiestramiento que son relativamente independientes, autosuficientes y que constan de tres elementos: una exposición cuyo contenido básico persigue objetivos de importancia, una práctica orientada que lleva a cabo el becario y una evaluación con base en criterios que obtiene de sus propios conocimientos y referencias conceptuales. El enfoque audio-tutelar permite la instrucción individualizada que se puede complementar fácilmente con discusiones de grupo, con interacción directa entre el becario y el científico y con experiencias de laboratorio y de campo.

Durante los últimos meses de 1976, se configuró un modelo de desarrollo, el cual servirá como guía para futuras actividades de diseño, desarrollo y evaluación de las unidades individuales que integrarán el sistema audio-tutelar. El modelo se desarrolló a través de la producción de 11 unidades audio-tutelares de adiestramiento sobre control de malezas, mejoramiento genético de fríjol y desarrollo de la planta de fríjol.

Para desarrollar una unidad audio-tutelar sobre un determinado tema, el modelo estructural requiere un esfuerzo integrado de un equipo de trabajo, por un período de tres a cuatro semanas. El equipo debe estar formado por uno o más especialistas y un productor de ayudas visuales quien a su vez, es auxiliado por un editor, un fotógrafo y un especialista en artes gráficas. Según el modelo que se quiere desarrollar, la secuencia de labores cubre seis pasos: a) definición del propósito de una determinada unidad y su traspaso a los marcos de referencia conceptuales que tiene el becario, b) selección y organización del contenido de la unidad audio-tutelar, c) preparación del

material auxiliar de apoyo, d) evaluación formativa hecha por algunos representantes del auditorio al cual se trata de llegar con el mensaje educativo, e) integración de la unidad, y f) evaluación final e implementación o integración de los componentes de la unidad.

Con base en las experiencias obtenidas en este año, en cuanto a producción y su correspondiente modelo de desarrollo, se definieron conceptos y especificaciones detalladas para poner en marcha una fase de producción de tres años, para lograr el establecimiento de un sistema audiotutelar que cubra los productos agropecuarios en los cuales trabaja el CIAT; al definir tales conceptos y especificaciones se cuenta ya con las bases para conseguir la financiación de un proyecto especial.

ADIESTRAMIENTO EN CADA PAIS

Tres países recibieron asistencia del CIAT para llevar a cabo proyectos de adiestramiento dentro del país.

Durante el segundo año consecutivo, Ecuador recibió apoyo limitado en cuanto a colaboración en instrucción y directrices de organización para un Curso de Adiestramiento en Producción de Cultivos (principalmente arroz) realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en Portoviejo. El coordinador de adiestramiento del Programa de Ganado de Carne también visitó el INIAP para asesorar un próximo proyecto de adiestramiento que esa institución llevará a cabo en la costa ecuatoriana.

En este año, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) de Guatemala, inició un Programa de Adiestramiento en Producción de Cultivos (fríjol, arroz y maíz) en el área oriental de ese país, con la participación de instructores adiestrados en el CIAT el año anterior y un asociado en adiestramiento, proveniente del CIAT y radicado en el ICTA. Este proyecto constituyó un ejemplo de un enfoque innovador que combina el adiestramiento en servicio y la investigación de campo que orienta el proceso de producción y valida las nuevas tecnologías. El curso se basó en ensayos de campo para validar tecnologías en una región; se adiestraron 16 profesionales durante un período de nueve meses.

En agosto de 1976, el Programa de Arroz del Ministerio de Agricultura de la República Dominicana solicitó la asistencia del CIAT en la organización de una serie de cursos cortos prácticos, en producción de arroz, para extensionistas, como parte de una campaña de promoción entre pequeños agricultores y cooperativas. El objetivo de la campaña es transferir rápidamente tecnologías con miras a aumentar la producción y ayudar a solucionar definitivamente la escasez crónica de ese alimento básico en ese país, en el cual se dispone de nuevas variedades de arroz de alto rendimiento; pero esta semilla y las prácticas culturales que se asocian con ella, no han sido lo suficientemente adaptadas al medio rural, a pesar de los mercados favorables que han existido desde 1973. El CIAT envió su personal de adiestramiento en producción a ese país en misiones cortas de asesoría y se comprometió a continuar dando apoyo por medio de un asociado en adiestramiento por un período de seis meses.

FINANCIACION DEL PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO

De los 188 becarios que recibieron adiestramiento durante 1976, el 60 por ciento fue financiado por el presupuesto básico del CIAT. Un total de 79 becarios fue financiado por 31 donantes que incluyeron instituciones nacionales e internacionales y firmas privadas. En el Cuadro 5 se presenta una lista de los donantes.

Cuadro 5. **Becarios del CIAT en 1976, clasificados por fuentes de financiación y categoría de adiestramiento.**

Fuente de financiación*	Categoría de adiestramiento							
	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Participantes en cursos cortos	Becarios especiales	Becarios para estudio	Asociados en Investigación visitantes	Posdoctorales	Total
ACAR, Amazonas, Brasil		1						1
Agency for International Development, AID, Estados Unidos	1	2		3				6
Agricultural University, Wageningen, Holanda				6				6
Banco Interamericano de Desarrollo, BID-Honduras	2							2
Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, Estados Unidos					7	1		8
Banco Central de Guatemala					1			1
Banco Nacional de Crédito Rural, México	1							1
Banco de México		1						1
Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Colombia	46	10	23	9	11	3	8	110
Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, CIID, Canadá	4	8						12
Centro Panamericano de Zoonosis				7				7
EMBRAPA, Brasil			3					3
Fundación Amparo a Pesquisas, FAPERGS, Brasil	1							1
Fundación Rockefeller, Estados Unidos						3		3
Gobierno de la República Federal Alemana		1				2		3

* Apoyo financiero total o parcial, proporcionado por cada organización o bien, a través de la misma.

Cuadro 5. (Continuación).

Fuente de financiación*	Categoría de adiestramiento							
	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Participantes en cursos cortos	Becarios especiales	Becarios para estudio	Asociados en Investigación visitantes	Posdoctorales	Total
Gobierno Dominicano				1				1
Internacional de Mercadeo, C.A., Venezuela	1							1
Industrias Resistol, S.A., México			2					2
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, Guatemala				1				1
Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Colombia				1				1
International Fertilizer Development Center, Estados Unidos						2		2
Michigan State University, Estados Unidos						1		1
National Science Foundation, Estados Unidos						1		1
PROTINAL-INCE, Venezuela	1							1
Organización para la alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas, FAO	1					2		3
The Royal Society, Londres						1		1
Universidad Tecnológica de Berlín, Alemania						1		1
Universidad Autónoma de México		1						1
Universidad de Puerto Rico				1				1
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia	2							2
University of Illinois, Estados Unidos						1		1
Universidad del Tolima, Colombia	1	1						2
	61	25	28	29	19	18	8	188

Cuadro 6. **Becarios que empezaron o completaron su adiestramiento en el CIAT, desde el 1o. de enero hasta el 31 de diciembre de 1976, clasificados por categoría de adiestramiento, país y programa, y disciplina de especialización.**

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
Internos posgraduados en investigación				
Aguilar, Immer	México	Fríjol/fisiología	2	C
Alvarez, Eblis	Colombia	Fríjol/fisiología	5	C
Avalos, Feliciano	Perú	Fríjol/entomología	6	C
Baena, Diosdado	Colombia	Fríjol/biometría	3	E
Bandhukul, Rangsit	Tailandia	Yuca/agronomía	5	E
Bascar, Gabriel	Chile	Fríjol/agronomía	3	C
Bazalas, Hernando	Perú	Ganado de carne/salud animal	12	E
Calderón, Guillermo	Perú	Ganado de carne/salud animal	1	C
Camarena, Félix	Perú	Fríjol/fitomejoramiento-biometría	8	C
Carbonell, Javier	Colombia	Estación experimental/operación	6	C
Carrizo, Vicente	Panamá	Porcinos/sistemas de producción	1	C
Castellanos, Víctor H.	República Dominicana	Yuca/agronomía	3	E
Colasante, Luiz O.	Brasil	Arroz/agronomía	6	C
Chan, Seak Khen	Malasia	Yuca/agronomía	4	C
De Sordi, Guido	Brasil	Estación experimental/operación	4	C
Fernández, Héctor	Honduras	Fríjol/fitopatología	5	C
Freire, Wania María	Brasil	Yuca/fitomejoramiento	8	C
Fuentes, Germán	Bolivia	Ganado de carne/pastos y forrajes	7	C
Fukuda, Chigeru	Brasil	Yuca/fitopatología	8	C
García, Jesús A.	El Salvador	Ganado de carne/pastos y forrajes	5	C
García, Rafael	República Dominicana	Ganado de carne/salud animal	8	E
Geh, Swee Lan	Malasia	Yuca/fitopatología	5	C
Godoy, Gentil	Brasil	Estación experimental/operación	4	C
Jarapat, Thanakorn	Tailandia	Yuca/fitopatología	8	C
Khelikuzaman, Hussain	Malasia	Yuca/agronomía	10	E
Kessler, Raúl	Brasil	Ganado de carne/salud animal	2	C
Lamar, Raúl	Venezuela	Arroz/agronomía	3	C
Linares, César H.	Colombia	Arroz/control de malezas	6	C

Cuadro 6. (Continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
López, Gustavo	Colombia	Ganado de carne/salud animal	12	E
Mariot, Edemar	Brasil	Fríjol/fisiología	6	C
Martínez, Rafael	Honduras	Fríjol/agronomía	5	C
Materón, Hernán	Colombia	Estación experimental/operación	6	C
Moreno, María Teresa	Colombia	Fríjol/fisiología	2	C
Muñoz, Jaime	Colombia	Fríjol/biometría	7	C
Núñez, José Ignacio	México	Yuca/entomología	3	C
Nilmance, Sanay	Tailandia	Yuca/fitopatología	5	E
Papacostas, Pablo	Mexico	Yuca/procesamiento	4	C
Pardo, Alexis	Venezuela	Fríjol/fitopatología	6	C
Pastrana Laureano	México	Yuca-Fríjol/microbiología de suelos	6	C
Pettinelli, Armando	Brasil	Estación experimental/operación	4	C
Ramírez, Carlos Alberto	Colombia	Fríjol/microbiología	5	C
Ramírez, Esteban	Venezuela	Yuca/agronomía	5	C
Reyes, César A.	Perú	Ganado de carne/pastos y forrajes	7	C
Ríos, Raúl	Bolivia	Fríjol/fitomejoramiento	6	C
Rodríguez, Pedro	Venezuela	Fríjol/agronomía	5	C
Rodríguez, Roberto	Brasil	Yuca/agronomía	8	C
Rodríguez, Víctor Manuel	El Salvador	Fríjol/fitopatología	3	E
Rojanaridpitched, Chareinsuk	Tailandia	Yuca/fitomejoramiento	7	C
Romero, José A.	El Salvador	Ganado de carne/pastos y forrajes	5	C
Ropaín, Jairo	Colombia	Ganado de carne/pastos y forrajes	4	C
Sánchez, Luis Gerardo	Guatemala	Estación experimental/operación	6	C
Sánchez, Nelson	Venezuela	Fríjol/fitomejoramiento	5	C
Tiraporn, Charm	Tailandia	Yuca/fitomejoramiento	5	E
Tan, Swee Lian	Malasia	Yuca/fisiología	10	E
Unterladstatter, Roberto	Bolivia	Ganado de carne/control de malezas en potreros	3	C
Vargas, Héctor	Colombia	Fríjol/entomología	5	C
Vázquez, Antonio	México	Estación experimental/operación	6	C
Vega, Julio A.	Nicaragua	Porcinos/sistemas de producción	2	C
Vichukit, Vichan	Tailandia	Yuca/agronomía	9	C
Wagner, Birmania	República Dominicana	Ganado de carne/pastos y forrajes	6	C
Wood, Rogelio	México	Yuca/fitopatología	3	C

Cuadro 6. (Continuación).

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C* completo E= en curso
Internos posgraduados en producción				
Aguilera, Blas	Paraguay	Porcinos/producción	6	C
Alvarez, Alvaro J.	Colombia	Porcinos/producción	6	C
Ataide, Nilton	Brasil	Porcinos/producción	6	C
Berducido, Leonel	Guatemala	Porcinos/producción	6	C
Blanco, Carlos	Nicaragua	Porcinos/producción	6	C
Boutier, Luis Pablo	Bolivia	Porcinos/producción	6	C
Fajardo, Braulio	Honduras	Porcinos/producción	6	C
Florentín, Carlos	Paraguay	Porcinos/producción	6	C
García, Olegario	Mexico	Porcinos/producción y salud animal	10	E
Gómez, Juan	Panama	Porcinos/producción	6	C
González, Andrés	Paraguay	Porcinos/producción	6	C
González, Antonio	Bolivia	Porcinos/producción	6	C
Manjarrez, Bartolomé	Mexico	Porcinos/producción	4	C
Méndez, Asunción	Mexico	Porcinos/producción	6	C
Oddone, Blas	Paraguay	Porcinos/producción	6	C
Padilla, Manuel	Costa Rica	Porcinos/producción	6	C
Ramos, Luis Fernando	Colombia	Porcinos/producción	6	C
Ruiz, José A.	Nicaragua	Porcinos/producción	9	C
Silva, Roberto	Mexico	Porcinos/producción	5	C
Venegas, Jairo	Colombia	Porcinos/producción y ganado de carne	10	E
Castro, José H.	Colombia	Arroz/producción	4	C
Del Castillo, Dennis	Perú	Arroz/producción	4	C
Larios, Roberto	Honduras	Arroz/producción	4	C
Rázuri, Antonio	Perú	Arroz/producción	5	C
Rubí, Rolando	Honduras	Arroz/producción	4	C

Cuadro 6. (Continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
Participantes en cursos cortos				
Baena, Hugo	Colombia	Yuca/producción	1	C
Borges, José Eduardo	Brasil	Yuca/producción	1	C
Cáceres, José W.	Honduras	Yuca/producción	1	C
Cortés, Carlos	Colombia	Yuca/producción	1	C
Dos Santos, Antonio	Brasil	Yuca/producción	1	C
Echeverri, Manuel	Colombia	Yuca/producción	1	C
Fuentes, Claudio	Colombia	Yuca/producción	1	C
González, Fernando	México	Yuca/producción	1	C
Guerra, Mario	Panamá	Yuca/producción	1	C
Guevara, Arturo	México	Yuca/producción	1	C
Jaramillo, Alejandro	Panamá	Yuca/producción	1	C
Macedo, Manuel C.	Brasil	Yuca/producción	1	C
Malo, Eddy	México	Yuca/producción	1	C
Marcano, Luis	Venezuela	Yuca/producción	1	C
Marquez, Marcio	Brasil	Yuca/producción	1	C
Mayeregger, Manuel	Paraguay	Yuca/producción	1	C
Muñoz, Rodián Iván	Venezuela	Yuca/producción	1	C
Oliveira, Fernando	Brasil	Yuca/producción	1	C
Olivero, Carlos	Venezuela	Yuca/producción	1	C
Orozco, Alvaro	Colombia	Yuca/producción	1	C
Pérez, Néstor	Panamá	Yuca/producción	1	C
Pérez, Octavio	Colombia	Yuca/producción	1	C
Pesoa, Severino	Brasil	Yuca/producción	1	C
Pires, Pedro	Brasil	Yuca/producción	1	C
Prudot, Agustín	Honduras	Yuca/producción	1	C
Reyes Humberto	México	Yuca/producción	1	C
Ternes, Murito	Brasil	Yuca/producción	1	C
Yong, Carlos	México	Yuca/producción	1	C

Cuadro 6. (Continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
Becarios especiales				
Aguilar, Catalina de	México	Fríjol/microbiología	1	C
Becerra, María Nelly de	Bolivia	Ganado de carne/salud animal	4	C
Burgos, José A.	Honduras	Ganado de carne/salud animal	2	C
Da Costa, Joaquim	Brasil	Ganado de carne/salud animal	2	C
De Matos, José A.	Brasil	Ganado de carne/salud animal	2	C
Dorresteijn, Hans	Holanda	Arroz/sociología rural	6	C
Egas, Jaime	Ecuador	Ganado de carne/economía	6	C
Evans, Stuart	Gran Bretaña	Ganado de carne/salud animal	1	C
García, Alvaro	Colombia	Fríjol/microbiología de suelos	2	C
García, Omar	Colombia	Ganado de carne/salud animal	1	C
Ordóñez, José Hugo	Perú	Yuca/procesamiento-producción	2	C
Genao, Diana	República Dominicana	Biblioteca	2	C
Gooren, Gerardus	Holanda	Arroz/sociología rural	3	E
Lotter, Donald	Estados Unidos	Fríjol/agronomía	3	C
Marmolejo, José	República Dominicana	Ganado de carne/salud animal	2	C
Martínez, Marco Tulio	Guatemala	Ganado de carne/salud animal	2	C
Maturana, René	Chile	Ganado de carne/salud animal	2	C
Méndez, Marco A.	México	Ganado de carne/salud animal	2	C
Monllor, Amelia de	Puerto Rico	Fríjol/fitopatología	1	C
Pineda, Jorge	Guatemala	Fríjol/producción de semilla	1	C
Rava, Carlos A.	Brasil	Fríjol/fitopatología	2	C
Rewinkel, Bernardus	Holanda	Ganado de carne/pastos y forrajes	3	C
Rewinkel, Margaretha	Holanda	Ganado de carne/pastos y forrajes	3	C
Robinson, Ana Dolores	República Dominicana	Biblioteca	2	C
Somwaru, Ramlakhan	Guyana	Arroz/fitomejoramiento	2	C
Strobosch, Peter	Holanda	Yuca/sociología rural	2	C
Tolentino, Francisca	República Dominicana	Biblioteca	3	C
Trujillo, Freddy	Colombia	Yuca/procesamiento	3	C
Van Gent, Rudolph	Holanda	Fríjol/entomología	7	E

Cuadro 6. (Continuación).

Nombre	País	Programa/disciplina	Institución en la cual estudia	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
Becarios para estudio					
Acuña, Luis	Colombia	Yuca/agronomía	Univ. de Guelph, Canadá	4	C
Altieri, Miguel Angel	Chile	Estudios especiales/ control de malezas	Prog. Graduados, ICA, Colombia	12	C
Argel, Pedro	Colombia	Ganado de carne/pastos y forrajes	Univ. de Queensland, Australia	12	E
Calvo, Fabio	Colombia	Ganado de carne/pastos y forrajes	Esc. Nal. Agricultura, México	4	E
Campos, José Y.	Colombia	Ganado de carne/administración en agricultura	Inst. Tecnológico, ITESM, Mexico	8	E
Cárdenas, Moisés	México	Fríjol/fitopatología	Prog. Graduados, ICA, Colombia	12	E
Domínguez, Carlos	Colombia	—/producción de cultivos	Univ. de Guelph, Canadá	12	E
Galindo, José	Colombia	Fríjol/fitopatología	Univ. de Cornell, Estados Unidos	6	E
Garcés, Carlos	Colombia	—/ingeniería agrícola	Prog. Graduados, ICA, Colombia	4	C
García, Edmundo	Colombia	Arroz/agronomía	Esc. Luiz de Queiroz, Brasil	5	E
Gómez, William F.	Colombia	Ganado de carne/producción	Prog. Graduados, ICA, Colombia	3	E
Hidalgo, Rigoberto	Colombia	Fríjol/fisiología	Univ. de Cornell, Estados Unidos	12	E
Laberry, Rafael	Perú	Yuca/fitopatología	Prog. Graduados, ICA, Colombia	12	C
Mattos, Luz Leonor	Perú	Yuca/fitopatología	Univ. Nal. Agraria La Molina, Perú	12	E
Moncada, Hemerson	Colombia	Ganado de carne/ salud animal	Univ. Hannover, Alemania	3	E
Morales, Víctor	Colombia	-/microbiología de suelos	Univ. de Florida, Estados Unidos	12	E
Ramírez, Luis E.	Colombia	Ganado de carne/microbiología	Univ. de Antioquia, Colombia	5	C
Samayoa, Otto	Guatemala	Ganado de carne/economía	Univ. Católica, Chile	11	C
Vargas, Octavio	Colombia	Fríjol/entomología	Univ. de Cornell, Estados Unidos	12	E

Cuadro 6. (Continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
Asociados en investigación visitantes					
Betancourt, Antonio	Colombia	Ganado de carne/ salud animal	Univ. de Texas A&M, Estados Unidos	12	C
Ellis, Michael	Estados Unidos	Fríjol/fitopatología	Univ. de Illinois, Estados Unidos	4	C
Evans, David	Gran Bretaña	Ganado de carne/ salud animal	Univ. de Londres, Inglaterra.	12	E
Fuentes, César	España	-/microbiología de suelos	Inst. Nal. Inv. Agr., INIA, España	2	C
Galway, Nicholas	Gran Bretaña	Fríjol/agronomía-entomología	Univ de Cambridge, Inglaterra	3	E
Hammond, Lawrence	Estados Unidos	Fríjol/rocas fosfóricas del suelo	Univ Estatal de Michigan, Estados Unidos	12	C
Hudgens, Robert	Estados Unidos	Fríjol/agronomía	Univ. de Florida, Estados Unidos	12	E
Martínez, Romeo	Guatemala	Fríjol/fijación de nitrógeno	Univ. Estatal de Michigan, Estados Unidos	8	C
Muller, Frank	Alemania	Ganado de carne/ pastos y forrajes	Univ. de Bonn, Alemania	9	E
Paniagua, César	República Dominicana	Fríjol/agronomía	Univ. Estatal de Michigan, Estados Unidos	7	C
Pervis, Dennis	Canadá	Fríjol/economía	Univ. Estatal de Michigan, Estados Unidos	1	C
Rubinstein, Eugenia de	Chile	Ganadó de carne/economía	Univ. de Minnesota, Estados Unidos	12	E
Salazar, Mauricio	El Salvador	Ganado de carne/ pastos y forrajes	Univ. de Florida, Estados Unidos	7	C
Schellenberg, Rupprecht	Alemania	Ganado de carne	Univ. Técnica de Berlín, Alemania	12	C
Schultze-Kraft, Rainer	Alemania	Ganado de carne/ pastos y forrajes	Univ. de Justus Liebeg, Giessen, Alemania	1	C
Soekanto, Lebdosoekojo	Indonesia	Ganado de carne/producción	Univ. de Florida, Estados Unidos	6	C
Teri, James	Tanzania	Yuca/fitopatología	Univ. de Cornell, Estados Unidos	5	E
Webster, David	Estados Unidos	Fríjol/fitopatología	Univ. de Wisconsin, Estados Unidos	4	E

Cuadro 6. (Continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento (hasta dic. 31, 1976)	Situación a dic. 31, 1976 C = completo E = en curso
Posdoctorales				
Castro, Abelardo	Chile	Yuca/agronomía	11	E
Eskafi, Fred	Estados Unidos	Fríjol/entomología	9	C
Halliday, John	Irlanda del Norte	Fríjol/microbiología de suelos	11	E
Hayakawa, Yoshiiko	Japón	Fisiología de fríjol	8	C
Mendoza, Gastón	Perú	Biometría	6	E
Swindell, Richard	Estados Unidos	Fríjol/fitomejoramiento	4	E
Thung, Michael	Indonesia	Yuca/fisiología	12	E
Yoshii, Kazuhiro	Japón	Fríjol/fitopatología	12	C

Fundamentalmente, las actividades de conferencias que se adelantan en el CIAT sirven los requerimientos y objetivos de los programas de investigación relacionados con los productos agropecuarios en los cuales trabaja. Sin embargo, como hay suficiente espacio físico y las reuniones organizadas no ocupan todo el tiempo, el CIAT facilita sus instalaciones para conferencias de varios tipos, siempre relacionadas con la investigación y el desarrollo agrícola y económico y que son financiadas y llevadas a cabo por otras organizaciones, nacionales o internacionales.

Como se puede observar en el Cuadro 7, el CIAT patrocinó o copatrocinó en 1976, 13 eventos que incluyeron seminarios científicos, reuniones de discusión y reuniones de organización. El evento internacional más importante, considerando su magnitud y participación a nivel mundial, fue el IV Simposio sobre Raíces Comestibles Tropicales, con la participación de 170 delegados que representaron 44 países.

En abril, todo el personal científico del CIAT asistió a una reunión interna de discusión sobre adiestramiento, la cual tuvo una duración de dos días; en esta productiva reunión se revisaron las actividades del programa y se establecieron los objetivos para el futuro.

Los "Días de Presentación" constituyen una revisión anual de las actividades realizadas por cada programa y también una discusión de las proyecciones futuras. Además de representantes de las instituciones donantes del CIAT y del pleno de los científicos investigadores de la institución, en 1976 se invitó a los directores de los programas nacionales de investigación agrícola de América Latina. Esta reunión se realizó los días 19 y 20 de abril y fué seguida por una discusión de mesa redonda acerca de las formas y medios para facilitar la cooperación internacional y la transferencia de tecnologías que se obtienen de las investigaciones que hace el CIAT.

La reunión de investigadores de arroz en América Latina, realizada en agosto, incluyó varios becarios del Programa de Arroz del CIAT; de esta reunión se obtuvo como resultado la consolidación de la red de investigadores de arroz, que adelantarán un programa expandido de ensayos internacionales.

En agosto se reunieron 65 microbiólogos y edafólogos provenientes de varios países desarrollados y de otros en desarrollo, para compartir los avances de la investigación relacionada con la fijación de nitrógeno y para planificar futuras investigaciones, especialmente en fríjol y leguminosas forrajeras, bajo condiciones tropicales.

Además de las conferencias anteriormente mencionadas, se realizaron 11 seminarios presentados por científicos visitantes.

En las instalaciones para conferencias del Centro, otras organizaciones realizaron nueve seminarios y reuniones de discusión.

El Programa de Yuca y la sección de salud animal del Programa de Ganado de Carne realizaron, cada uno, un curso corto de adiestramiento con miras al aumento de la producción en esas especialidades. En muchas ocasiones, la oficina de información al público utilizó las salas de conferencias para presentar los programas del CIAT a grupos de visitantes. Finalmente, las instalaciones fueron utilizadas por todos los programas para la realización de reuniones internas. Los registros que se llevan sobre la utilización de las salas de conferencias, durante 1976, muestran un promedio de ocupación del 50 por ciento para los cinco salones de reunión (Cuadro 8).

Cuadro 7. Eventos realizados en las instalaciones para conferencias del CIAT, durante 1976.

Fecha	Evento	No. de participantes
Seminarios y reuniones de discusión de carácter científico, patrocinados o copatrocinados por el CIAT		
Abril 19-20	Días de Presentación del CIAT	80
Abril 21	Mesa redonda con los directores de investigación de América Latina	12
Abril 23	Conferencia de expertos sobre el rendimiento de productos agropecuarios en América Latina	80
Mayo 7	Primera reunión regional sobre la Interacción entre Malezas, Cultivos e Insectos	80
Junio 14-16	Presentación al IICA-Trópicos	6
Agosto 2-7	IV Simposio de Raíces Comestibles Tropicales	170
Agosto 12-14	Ensayos de Arroz IRRI-CIAT en América Latina	50
Octubre 18-20	VIII Reunión Latinoamericana sobre **Rhizobium**	65
Eventos organizados por el CIAT		
Febrero 24-25	Reunión de discusión sobre adiestramiento en el CIAT	60
Marzo 1-2	Planificación de la red de cooperación (Fundación Rockefeller, Universidad de Texas A&M Universidad de Illinois, USAID y CIAT)	20
Abril 24	Revisión especial del Programa de Arroz	60
Sept. 6-7	Comité Asesor del Germoplasma de Frijol	8
Dic. 11-14	Comité Asesor del Programa de Frijol	10
Dic. 13-17	Revisión de los Programas del CIAT	60
Cursos cortos realizados en el CIAT		
Marzo 15-Sept. 15	Producción de Ganado Porcino	20
Sept. 30-Nov. 30	Producción de Yuca	32
Sept. 30-Nov. 30	Adiestramiento de campo en enfermedades del ganado de carne	7
Eventos realizados en el CIAT, patrocinados por otras instituciones		
Marzo 22-27	Conferencia sobre Nemátodos de Nudos Radicales (Universidad de Carolina del Norte)	25
Abril 5-7	Educación para el Desarrollo (Fundación Rockefeller)	20
Mayo 14-15	Procedimientos de Mercadeo (INCOLDA)	15
Octubre 4-6	Estudio de Nutrición Mundial (Academia Nacional de Ciencias)	15
Octubre 20-23	Mercadeo Rural (INCOLDA)	25
Nov. 4-6	Políticas de Alimentos en el Mundo (USIS)	40
Nov. 15-18	Riego y Drenajes (Venezuela)	10
Nov. 22-27	Investigaciones sobre Comunicación para el Desarrollo Rural (CIID)	80

Biblioteca y Servicios de Información

El Programa de Biblioteca y Servicios de Información proporciona apoyo básico a todas las actividades de investigación y adiestramiento en el CIAT y tiene también como actividad fundamental la difusión de la tecnología existente y la desarrollada, tanto en el CIAT como en otras partes del mundo, por medio de sus publicaciones, servicios de documentación y actividades de información al público. Con el cumplimiento de esta función, el programa se integra a las actividades de cooperación internacional del CIAT.

El Programa ha tenido como filosofía básica, enviar oportunamente a los usuarios la información que ellos requieren. Al poner en práctica esta filosofía, se genera una serie de actividades que gradualmente se tornan más especializadas en términos de los tópicos de la información distribuida, y más personal, en términos de servicio.

BIBLIOTECA Y CENTRO DE DOCUMENTACION

En la actualidad, la biblioteca tiene 37.500 libros aproximadamente (incluyendo volúmenes encuadernados de revistas científicas) y recibe periódicamente 1.302 revistas científicas especializadas.

En 1976 se completó el proceso de clasificación y manejo de toda la documentación acumulada en relación con la yuca. Actualmente, la colección de documentos de yuca del CIAT, es probablemente la más completa que existe en el mundo y por lo tanto los servicios del Centro de Información de Yuca, se ofrecen a nivel mundial.

Además de la distribución permanente de tarjetas de compendios y búsquedas por

tópicos específicos a los suscritores de este servicio, se publicó el segundo volumen cumulativo de resúmenes. Aunque los volúmenes I y II se publicaron en inglés (Abstracts on Cassava), se proyecta publicar en 1977 estos dos volúmenes en español. Posteriormente, el Centro publicará suplementos semestrales en ambos idiomas para proporcionar a los científicos un registro permanente de información sobre yuca. Sin embargo, el servicio de tarjetas de compendios se mantendrá como un sistema de actualización del conocimiento mediante el cual cada usuario estará alerta acerca de nuevas publicaciones y como un medio para responder a las solicitudes de búsqueda de tópicos específicos.

En febrero de 1976 cesó la donación inicial hecha por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la cual permitió el establecimiento del Centro de Información de Yuca en el CIAT. En mayo, se culminaron las negociaciones para continuar con la ayuda del CIID, prosiguiendo con la Fase II de este proyecto, la cual fue ampliada y se caracteriza por una mayor integración de la documentación per se con otras actividades de comunicación. Estas actividades incluyen: a) la publicación de monografías sobre aspectos particulares de la yuca, con información actualizada sobre los conocimientos existentes y que incluya un análisis crítico del científico que escribe la monografía; b) la publicación de un boletín informativo de yuca; c) la continuación de la serie de manuales, tales como Problemas de Cultivos de la Yuca, y d) la reproducción de artículos seleccionados de revistas científicas los cuales, debido a su importancia particular, deben llegar a un mayor número de personas. Esta última actividad es particularmente importante para los países en desarrollo, en los cuales la disponibilidad de bibliotecas (y en consecuencia, de revistas científicas básicas) es muy limitada.

En 1975 se inició el Centro de Información de Fríjol del CIAT, con una donación inicial del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual cubrió parcialmente los costos de esta actividad y permitió al CIAT aplicar la experiencia adquirida con el Centro de Información de Yuca y darle mayor circulación a la literatura existente sobre fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones del trópico. La principal ventaja de estas actividades de documentación, en comparación con la publicación tradicional de listas de bibliografías es que, tan pronto se adquieren los nuevos documentos, la información es inmediatamente puesta al alcance de los científicos. Además, se publicó el volumen I de "Abstracts on Beans"

Paralelamente con la actividad de documentación sobre fríjol y yuca, el Centro de Documentación Económica para la Agricultura Latinoamericana (CEDEAL), ofreció en 1976 servicios similares a los economistas agrícolas y planificadores agropecuarios en América Latina. Al final del año, también se publicó y distribuyó el primer volumen cumulativo de resúmenes en este campo de las ciencias sociales.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los compendios procesados durante 1976 y su distribución, en términos del número de países servidos y de personas e instituciones a quienes se les proporcionó el servicio. Se debe aclarar que las tarjetas de compendio son un medio de información diseñado específicamente para uso personal. En consecuencia, se envían preferentemente a los científicos más que a las instituciones (bibliotecas). Por el contrario, la serie de resúmenes, en forma de libro, se distribuye más ampliamente a las instituciones sin excluir las personas que han mantenido su suscripción al día.

El Cuadro 2 muestra los países de América Latina que presentan los cinco mayores porcentajes de utilización de los servicios de documentación en las tres

Cuadro 1. **Distribución de los compendios sobre yuca, fríjol y economía agrícola, y desarrollo rural elaborados durante 1976.**

Area de documentación	Compendios elaborados	Países servidos	Personas e instituciones servidas
Yuca	1.037	45	318
Fríjol	1.475	47	420
Economía agrícola y desarrollo rural	750	20	603

áreas cubiertas: yuca, fríjol y economía agrícola.

En el Cuadro 3 se presentan cifras sobre la distribución del servicio de Tablas de Contenido, por medio del cual los científicos reciben mensualmente copias de las tablas de contenido de revistas científicas agrícolas, pecuarias y sociales; los científicos también pueden solicitar fotocopias de los artículos de su interés.

El sistema de cupones, el cual se inició en 1975 para facilitar el pago de las fotocopias y de otros servicios, ha tenido una amplia aceptación entre los usuarios, Sin embargo, el problema de la obtención de divisas extranjeras aún no se ha resuelto para los países que tienen restricciones al respecto.

Cuadro 2. **Países que presentan los 5 mayores porcentajes de utilización de los servicios de documentación, en cada área cubierta.**

País	Area de documentación		
	Yuca	Fríjol	Economía agrícola
Colombia	19,18	19,76	39,00
Brasil	13,21	10,00	
Venezuela	4,40		14,30
México	3,77	3,57	
Estados Unidos	3,77	6,19	7,14
Ecuador	3,77		4,54
Nigeria	3,14		
Guatemala			
Perú		3,33	5,19

En 1976 se llegó a un acuerdo de cooperación con el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), por medio del cual sus representantes en cada país pueden tramitar las solicitudes de los servicios del CIAT, de los usuarios en sus respectivos países y recibir pago en moneda local. Igualmente, se lograron acuerdos con otras instituciones nacionales para la distribución y procesamiento de servicios dentro de cada país. De esta manera, las instituciones nacionales pueden utilizar la biblioteca del CIAT para solicitar las fotocopias de los materiales que no se consigan localmente. Por ejemplo, el CIAT envía mensualmente por correo, a la biblioteca de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires, las Tablas de Contenido para su distribución interna en Argentina. Posteriormente, la Facultad procesa las solicitudes y el pago (cuando se solicitan materiales existentes en la biblioteca del CIAT) se efectúa a través de la oficina del IICA en Buenos Aires. Se están llevando a cabo arreglos similares

Cuadro 3. **Distribución de las Tablas de Contenido de las revistas que cubre el centro de documentación del CIAT.**

Area	Revistas científicas cubiertas	Países servidos	Personas e instituciones servidas
Ciencias agrícolas	317	29	629
Ciencias pecuarias	285	27	539
Ciencias sociales (CEDEAL)	58	34	804

con la Facultad de Agronomía de Paraguay y Venezuela.

Otro servicio que proporciona el programa de biblioteca y documentación es la preparación de bibliografías cortas y específicas, las cuales se hacen a solicitud del interesado e incluyen los resúmenes disponibles sobre el tema. Actualmente existen 62 bibliografías de este tipo. Se inició una nueva serie bibliográfica llamada Selecciones de Reseñas de Libros. El concepto de esta serie bibliográfica es similar al de las Tablas de Contenido; la serie reproduce reseñas de libros publicados en revistas técnicas. Además de ser una herramienta de actualización sobre nuevos libros para los científicos, esta publicación también ayudará a los bibliotecarios en sus actividades de adquisición de documentos.

Tres bibliotecarias de la República Dominicana recibieron adiestramiento en servicio durante dos meses.

OFICINA DE INFORMACION AL PUBLICO

En el Cuadro 4 se presenta el número de visitantes que vinieron al CIAT durante 1976; además, la oficina de información al público manejó las relaciones nacionales e internacionales con los medios de información. Como resultado de esta actividad aparecieron artículos informativos sobre el CIAT en diversos periódicos y revistas de América Latina y en países tales como Tailandia, Malasia y Filipinas.

Varias instituciones nacionales e internacionales de televisión y radiodifusión grabaron información técnica en el CIAT la cual se transmitió a diversos países.

Durante 1976, el CIAT también participó en ferias agrícolas, tales como la "Fiesta Nacional de la Agricultura" en Palmira, y la "Muestra Nacional de Agricultura y Artesanía", en Bogotá.

Cuadro 4. País de origen y características de los visitantes que fueron recibidos en el CIAT durante 1976.

País	Agricultores	Estudiantes	Científicos y planificadores	Grupos cívicos	Otros profesionales	Otros	Total
Colombia	357	862	95	720	63	345	2.442
Norte América, Europa y otros países no americanos	22	60	133	19	26	18	278
Venezuela	49	86	18	-	28	31	212
Ecuador	15	93	15	-	14	7	144
América Central y zona del Caribe	39	22	17	-	15	23	116
Brasil	3	-	24	2	-	-	29
Perú	3	2	14	-	3	4	25
Bolivia	-	3	19	-	1	-	23
Otros países suramericanos	-	5	8	-	12	5	30
Total	488	1.133	343	741	161	433	3.299

UNIDAD DE SERVICIOS GRAFICOS Y EDITORIALES

La integración de los servicios de documentación con las actividades de edición e impresión se logró en tal forma que, además de la producción y distribución de tarjetas de compendios, se imprimieron y distribuyeron en diciembre los siguientes volúmenes cumulativos anuales: Abstracts on Cassava, Abstracts on Beans y Resúmenes Analíticos en Economía Agrícola Latinoamericana.

Durante el año, se imprimieron más de 30 publicaciones. La demanda por algunas de estas publicaciones fue tan alta que en corto tiempo fue necesario reimprimir algunas de ellas. Las publicaciones de mayor impacto y utilidad especial para los científicos, extensionistas y agricultores, fueron los manuales de campo, como Problemas en Cultivos de Arroz en América Latina (publicada en inglés y español) y Problemas en Cultivos de la Yuca (publicada en inglés, español y portugués). El CIAT recibió y aprobó la solicitud hecha por la revista brasileña Lavoura Arroceira de publicar en portugués Problemas en Cultivos de Arroz en América Latina.

Durante 1976, el Comité de Publicaciones resolvió enfatizar más el que los científicos del CIAT publiquen los resultados de sus investigaciones en revistas científicas establecidas. (Al final de cada capítulo de este Informe Anual se presenta la lista de estas publicaciones). En el CIAT se hacen reimpresiones de algunas de estas publicaciones, para lograr su mayor difusión. En 1977 se harán las traducciones de algunos de estos artículos para su publicación simultánea con las revistas o inmediatamente después.

Finalmente, este año se comenzó la publicación mensual de un periódico interno llamado ARCOS, como medio de comunicación entre el personal de los diversos niveles de la institución.

LISTA DE PUBLICACIONES DEL CIAT

La lista de publicaciones producidas en 1976 por la Biblioteca y Servicios de Información es la siguiente:

AS- 1 Noti-CIAT

AE- 1 Noti-CIAT

AS- 2 Noti-CIAT

AE- 2 Noti-CIAT

AS- 3 Noti-CIAT

BE- 6 Annual Report. 1975. 315 p.

BS- 6 informe Anual. 1975. 322 p.

Las siguientes 12 publicaciones (seis en inglés y seis en español) constituyen separatas del Informe Anual del CIAT (1976) correspondientes a los seis productos agropecuarios con los cuales trabaja fundamentalmente el CIAT. En la versión unificada del Informe Anual, esas separatas se integran para formar el texto del informe.

Cassava Production Systems. 57 p.

Sistemas de Producción de Yuca. 63 p.

Bean Production Systems. 58 p.

Sistemas de Producción de Frijol. 64 p.

Rice Production Systems. 16 p.

Sistemas de Producción de Arroz. 18 p.

Maize Production Systems. 10 p.

Sistemas de Producción de Maíz. 11 p.

Beef Production Program. 64 p.

Programa de Producción de Ganado de Carne. 72 p.

Swine Production Systems. 20 p.

Sistemas de Producción de Ganado Porcino. 23 p.

BE- 7 1975 Research Highlights. 80 p.

BS- 7 1975 Progresos de Investigación. 94 p.

DE- 5 **LOZANO, J. C.** and **BOOTH, R. H.** Diseases of cassava *(Manihot esculenta* Crantz). 40 p.

ES- 4 **GUTTIERREZ, N.** and **BUITRAGO, J.** Cálculo de raciones de mínimo costo para cerdos en zonas tropicales. 15 p.

ES- 6 **CLAVIJO, H.** y **MANER, J. H.** El empleo del banano de rechazo en la alimentación porcina. 20 p.

ES-16 **DOLL, J. D.**Control de malezas en cultivos de clima cálido. 10 p.

ES-17 **BOOTH, R.H.** Almacenamiento de raíces de yuca. 20 p.

EE-20 **COCK, J. H., WHOLEY, D.** and **LOZANO, J. C.** A rapid propagation system for cassava. 11 p.

ES-20 **COCK, J. H.** *et al.* Sistema rápido de propagación de yuca. 13 p.

EE-21 **DOLL, J. D.** and **PIEDRAHITA C., W.** Methods of weed control in cassava. 12 p.

ES-21 **DOLL, J. D.** and **PIEDRAHITA C., W.** Métodos de control de malezas en yuca. 12 p.

ES-22 **DOLL, J. D.** and **ARGEL, P.** Guía práctica para el control de malezas en potreros. 30 p.

GE-16 **LOZANO, J. C.** *et al.* Field problems in cassava. 127 p.

GS-16 **LOZANO, J. C.** and others. Problemas en cultivos de la yuca. 127 p.

GP-16 LOZANO, J. C. and others. Problemas no cultivo da mandioca. 127 p. (Port.)

HS-27 Biblioteca. Catálogo de publicaciones periódicas de la Biblioteca del CIAT. 78 p.

HE-28 Cassava Information Center. Abstracts on cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Vol. II. 302 p.

HE-29 Bean Information Center. Abstracts on field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Vol. I. 494 p.

HE-30 CEDEAL. Resúmenes analíticos en economía agrícola latinoamericana. Vol. I. 394 p.

— Directory of persons interested in cassava and other tropical root crops. 49 p.

Grupos de Apoyo a la Investigación

BIOMETRIA

En su cuarto año de servicio, la Unidad de Biometría ha continuado proporcionando asesoría en la planeación, diseño, análisis e interpretación de los experimentos llevados a cabo por los distintos programas de investigación del CIAT.

La Unidad de Biometría tiene como funciones básicas:

ASESORIA ESTADISTICA

La Unidad ofrece asesoría estadística en todas las etapas de desarrollo de un proyecto, incluyendo la planeación, escogencia del diseño, el procesamiento de datos, el análisis estadístico apropiado al diseño utilizado y finalmente la interpretación de resultados. Estos servicios han sido proporcionados a todos los programas del CIAT y a otras instituciones afines, tales como el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), en Guatemala, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP), en Ecuador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), en Brasil y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Colombia.

DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE INFORMACION

En ciertos proyectos de investigación de gran envergadura, el volumen de datos generado es tan grande que justifica la creación de una base de datos y de un sistema eficiente de acceso y actualización de la información. El Sistema de Análisis Estadístico (SAS), ha sido utilizado para este propósito debido a que no sólo es un excelente paquete de análisis estadístico, sino que también es eficiente en el manejo de grandes volúmenes de información.

PROYECTOS COOPERATIVOS DE INVESTIGACION

La Unidad de Biometría participa en proyectos cooperativos con otros programas del CIAT para satisfacer necesidades de los programas de investigación y prever oportunidades de aplicar o desarrollar nuevas metodologías estadísticas. Esto ha contribuido a una mejor comprensión de las funciones que una Unidad de Biometría puede desarrollar en un centro de investigación.

EVALUACION DE TECNOLOGIA

La Unidad colabora con los programas de investigación en el estudio del impacto de nuevas tecnologías desarrolladas por el CIAT comparándolas con las utilizadas tradicionalmente por el agricultor nativo. Las conclusiones de estos estudios servirán finalmente a las instituciones nacionales encargadas de la difusión de las tecnologías mejoradas.

ADIESTRAMIENTO EN EL CAMPO ESTADISTICO

La Unidad de Biometría también

proporciona entrenamiento en estadística y procesamiento de datos al personal científico del CIAT, a miembros de otras instituciones invitadas por el CIAT a seminarios o cursos cortos, y a los becarios.

COLABORACION CON LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION

SISTEMAS DE PRODUCCION DE FRIJOL

Sistema de información para fitomejoramiento de fríjol (SIFFRI)

Para satisfacer las necesidades presentes y futuras del Programa de Fríjol del CIAT, la Unidad de Biometría ha diseñado un sistema de información que responda a los siguientes requerimientos básicos:

- Registro del material genético que ingresa y sale del sistema
- Recuperación de todas las cruzas y selecciones provenientes de un progenitor
- Determinación de los progenitores, sus cruzas y sus selecciones correspondientes a un criterio o a una combinación de criterios de selección.
- Reconstrucción de la genealogía de una cruza o de una determinada selección.
- Registro de selecciones descartadas (aquellas que no llegaron a ser promisorias) y su motivo de eliminación.
- Clasificación de materiales genéticos de acuerdo con sus características (integración taxonómica).
- Producción de informes periódicos sobre datos faltantes y realización de un control de inventario de semilla viable.
- Análisis estadístico de la información que proporcione el sistema.
- Elaboración de etiquetas que son parte importante de las tarjetas individuales usadas como libro de campo para las cruzas y selecciones.
- Determinación de un índice de similitud entre progenitores actuales y potenciales.
- Integración de la información.

El SIFFRI se ha desarrollado satisfactoriamente en las etapas de organización de los datos, recuperación de información concerniente a ascendencia, descendencia y características de las cruzas. Para efectos de análisis estadísticos, la Unidad cuenta con el sistema SAS versión 76.2 el cual, conjuntamente con otros programas desarrollados en la Unidad, constituye el soporte para el manejo de la información.

El SIFFRI cuenta con diversos conjuntos de datos, tales como el archivo del banco de germoplasma, el de materiales promisorios con sus características principales, el de cruzas con su información inmediata, el de materiales promisorios utilizados como progenitores y otros archivos que responden a necesidades muy específicas de las distintas disciplinas del Programa de Fríjol. El archivo de selecciones aún no ha sido creado, pero el sistema está en capacidad de integrarlo en el futuro.

Los esfuerzos se dirigirán ahora hacia la etapa de integración taxonómica, el manejo de la información proveniente de las primeras generaciones y por último, hacia el desarrollo de una metodología que permita una integración plena de toda la información generada por las distintas disciplinas del Programa de Fríjol.

Utilizando información contenida en los archivos del SIFFRI, la Unidad produjo un catálogo que contiene las características de 780 materiales promisorios de *Phaseolus vulgaris*. Además, se han realizado análisis estadísticos de algunos de sus archivos (tablas de frecuencias, correlaciones entre características, etc.)

Eficiencia relativa del diseño en látices con respecto al diseño en bloques completos al azar en ensayos de rendimiento en fríjol (*Phaseolus vulgaris*)

Con el objeto de prestar un mejor servicio de consulta sobre planeación y

diseño de un experimento de rendimiento en fríjol, la Unidad de Biometría realizó este estudio que muestra la eficiencia relativa del diseño en látices con respecto al diseño de bloques completos al azar (B.C.A), bajo diferentes condiciones de suelo.

Al escoger un diseño experimental se hace énfasis en seleccionar aquel que minimice la varianza del error experimental. El diseño más simple, para probar si los efectos de tratamiento son significativamente diferentes bajo condiciones de heterogeneidad entre las unidades experimentales, es el de B.C.A. Para una adecuada utilización de este diseño se requiere que la variación entre los bloques sea lo más grande posible, mientras que la variación dentro del bloque sea mínima. Cuando el número de tratamiento es muy grande (12 según Kempthorme, 10 según Gómez, K.A.)* el diseño en B.C.A. no es eficiente pues es difícil obtener un área de terreno, lo suficientemente homogénea, para que pueda considerarse como un bloque apropiado.

* Kempthorme, O. Design and analysis of experiments. Ed. Krieger. 1973. p.631.

Gómez. K.A. Techniques for field experiments with rice. 1975.

Esta situación se presenta en los ensayos para probar variedades de fríjol en los cuales se utiliza generalmente un gran número de materiales genéticos. Esto, unido al alto índice de heterogeneidad que presentan algunos suelos en los que el CIAT realiza experimentación en fríjol, hace necesaria la utilización de diseños que controlen más eficientemente el efecto de heterogeneidad del suelo. Un paso en esta dirección es el uso de diseño en látices. Dado que el diseño en látices puede ser analizado también como un diseño en B.C.A., considerando las "replicaciones"del látice como bloques completos, es posible obtener la eficiencia relativa del primero respecto del segundo a partir del mismo ensayo. La información básica de este estudio es la relativa a ocho ensayos de rendimiento realizados por las unidades de agronomía y de mejoramiento del Programa de Fríjol las cuales utilizaron como diseño experimental el de látice. Los resultados de este estudio se muestran en el Cuadro 1.

Según los resultados que se presentan en ese cuadro podemos concluir que, para un número grande de variedades, el diseño en látices es más eficiente que el de B.C.A. Es práctica estadística aceptar como

Cuadro 1. **Eficiencia relativa del diseño en látices respecto del diseño en B.C.A. (Resultados de 8 ensayos).**

Lugar	Tipo de latice	V[1]	Media general (kg/ha)	DMS (kg/ha)		Eficiencia relativa[2] (%)	RHO[3]
				B.C.A.	Latice		
Popayán	5x5, triple	25	795	34	31	109	0,96
Dagua	5x5, triple	25	2.222	13	10	126	0,95
CIAT-Palmira	5x5, triple	25	1.615	23	15	184[4]	0,92
CIAT-Palmira	5x5, triple	25	850	40	29	151	0,75
Monteria	6x7, triple	42	872	29	25	123	0,96
CIAT-Palmira	7x7, simple	49	1.851	11	10	107	0,98
Boliche (Ecuador)	5x5, triple	25	2.380	16	16	102	1,00
CIAT-Palmira	5x5, triple	25	1.545	21	21	105	1,00

1 V=número de variedades

2 La eficiencia relativa de un diseño A con respecto a un diseño B se define como $\frac{\text{CM Error bajo B}}{\text{CM Error bajo A}}$

3 Coeficiente RHO de Spearman para correlación entre los ordenamientos de las medias de tratamiento bajo B.C.A. y látices

4 La alta eficiencia relativa observada en este experimento se debe en parte a que 2 bloques incompletos se inundaron y por tanto, el rendimiento obtenido en ellos presentó diferencias altas con los demás.

justificada la utilización del diseño en látices cuando su eficiencia relativa al diseño en B.C.A. es superior al 105 por ciento. En el presente estudio, la eficiencia promedio sobre los ocho ensayos fué de 126 por ciento. Otra manifestación de la superioridad del diseño en látices es su mayor sensibilidad para detectar, como significativas, diferencias más pequeñas entre medias de variedades. Esto se observa en las columnas que indican la diferencia mínima significativa (DMS) para ambos diseños.

Otros proyectos cooperativos

En 1976 la unidad de agronomía del Programa de Fríjol, inició el proyecto denominado Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol, consistente en más de 100 ensayos de rendimiento provenientes de 30 países del mundo. Para facilitar los análisis estadísticos comparativos, se consideró conveniente adoptar un diseño experimental común para todos los ensayos, escogiéndose el de látice (5 x 5) con cuatro replicaciones. La Unidad de Biometría participó en la escogencia del diseño y en la elaboración de las hojas de codificación que contendrían la información proveniente de los distintos ensayos. Hasta el presente sólo se ha recibido información de un reducido número de ensayos. Además del procesamiento y análisis estadístico del proyecto, la Unidad de Biometría utilizará esta información para ampliar el estudio de evaluación del diseño en látices.

Se ha colaborado también con la unidad de fitopatología en el proyecto denominado Vivero Internacional de Resistencia a Roya (IBRN) en la obtención de un índice de resistencia a la roya tendiente a detectar resistencia horizontal, es decir, hallar variedades resistentes a través de sitios.

En el curso del presente año, Biometría finalizó el procesamiento y tabulación de los datos provenientes de las encuestas agroeconómicas en fríjol y yuca realizadas por economistas del CIAT en varias regiones de Colombia.

SISTEMAS DE PRODUCCION DE GANADO DE CARNE

Proyecto cooperativo ICA-CIAT "Sistemas de Hatos I" desarrollado en Carimagua

Este proyecto, iniciado en julio de 1972 se desarrollará hasta abril de 1978; constituye la principal actividad cooperativa de la Unidad de Biometría con el Programa de Ganado de Carne. Debido al gran volumen de información que periódicamente genera fue necesario diseñar un sistema para la clasificación, ordenamiento y análisis de los datos. Hasta fines de 1976 la Unidad ha procesado y analizado toda la información existente hasta junio de 1976, utilizando el método de Harvey, de USDA*, una adaptación al computador de las técnicas para análisis de diseños no balanceados desarrollados por Henderson**. (Para más detalles, ver sección Biometría, Informe Anual del CIAT de 1975 y sección Ganado de Carne, Informe Anual del CIAT, 1975 y 1976).

En junio de 1976, el equipo de salud animal del Programa de Ganado de Carne inició un estudio que se prolongará hasta junio de 1977, fecha en la cual será reevaluado, sobre la practicabilidad de la Prueba de Perfiles Metabólicos para la evaluación de las dietas a base de pastos mejorados y suplementación mineral y energética en la producción y fertilidad del ganado de carne. La participación inicial de Biometría en este proyecto fué la elaboración del plan de análisis estadístico. Hasta el presente, se ha realizado el cálculo

* Harvey, W.R. Least squares analysis of data with unequal sub-class numbers. USDA. Washington, D.C. 1960.

** Henderson, C.R. Estimation of variance and covariance components. Biometrics: 226-252. 1953.

de las estadísticas descriptivas básicas correspondientes a los distintos parámetros sanguíneos, en dos fechas de sangría: junio y agosto de 1976. En cada período se ha estudiado, en forma independiente, el efecto de la suplementación mineral, de la suplementación proteínica, de los pastos mejorados y de la práctica de destete precoz, sobre el comportamiento de los distintos parámetros sanguíneos de los animales.

Proyecto cooperativo ICA-CIAT sobre el control de fiebre aftosa

Este proyecto se lleva a cabo en forma cooperativa entre el ICA y el CIAT con la participación de las unidades de salud animal y economía del Programa de Ganado de Carne y Biometría de ambas instituciones. La Unidad de Biometría del CIAT ha colaborado básicamente en dos aspectos: a) en la elaboración de un modelo estocástico Semi-Markov que tiene por objeto determinar la proporción de animales en las distintas etapas de desarrollo de la enfermedad a largo plazo; sobre la base de este modelo, se desarrolló una metodología de evaluación económica de diversas alternativas de control de la enfermedad; b) en el desarrollo de una metodología de muestreo adecuada a utilizar en la determinación del tamaño de muestra para la estimación de parámetros de producción en fincas ganaderas de la costa norte de Colombia.

Encuestas epidemiológicas

En 1976, la Unidad de Biometría colaboró con el grupo de salud animal del Programa de Ganado de Carne del CIAT en dos estudios epidemiológicos para determinar la prevalencia de cinco enfermedades bovinas: dos producidas por hemoparásitos y tres clasificadas como enfermedades reproductivas. El primer estudio se realizó en la región de Matto Grosso, Brasil, en cooperación con EMBRAPA. El segundo se hizo en la zona de Santander de Quilichao, Colombia, con la participación de profesionales del Centro Panamericano de Zoonosis de Buenos Aires, Argentina, invitados por el CIAT para recibir adiestramiento en prácticas de campo. El aporte de Biometría en estos estudios consistió en la selección de la metodología de muestreo apropiada, que permitiera obtener conclusiones válidas con un margen deseado de confianza. Esta metodología incluye la elaboración y prueba del cuestionario, la elaboración de la muestra, el control de calidad de los datos y el procesamiento electrónico de la información.

Otros proyectos

En el curso de este año se completó un Modelo de Simulación por computador para fincas ganaderas, desarrollado conjuntamente con el grupo de economía del Programa de Ganado de Carne. Está en vías de publicación una versión preliminar de su manual de operación. El modelo está escrito en Fortran IV y permite el análisis tecnicoeconómico de fincas ganaderas en condiciones de pastoreo intensivo. Ha sido aplicado recientemente en la región de los Llanos Orientales de Colombia y adaptado a regiones de agricultura más intensiva en Ecuador y Guatemala.

La Unidad concluyó este año el análisis estadístico del experimento denominado "Destete Precoz en Fincas Comerciales de la Altillanura Colombiana" y el de algunos experimentos de naturaleza factorial incompleta (carga x fertilización con nitrógeno) en pasto pangola. Ha seguido colaborando en el análisis de experimentos sobre ceba intensiva en ganado Cebú y otros relacionados con pastos y forrajes.

SISTEMAS DE PRODUCCION DE YUCA

Modelo de un prototipo ideal de la planta de yuca

A partir de 1975, la Unidad de Biometría conjuntamente con el Programa de Yuca, ha venido elaborando un modelo de

computador que simula el desarrollo biológico de una planta de yuca. La creación de este modelo obedece a la carencia de uno cuantitativo que permita obtener un prototipo de planta de yuca de máxima producción. Este prototipo sería de mayor utilidad para el fitomejorador que los modelos existentes, los cuales están descritos solamente en términos cualitativos. El modelo simula el desarrollo del área foliar y su relación con la acumulación de materia seca y con su distribución entre formación de hojas y tallos y producción de raíces. Los parámetros y las relaciones funcionales utilizados en el modelo, fueron estimados mediante un programa experimental de campo desarrollado por el CIAT. Actualmente se está perfeccionando el modelo con el objeto de poder usarlo predictivamente, una vez que haya pasado por un cuidadoso proceso de validación con el material genético disponible (Ver sección Fisiología de yuca).

Estudio de estabilidad en yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

El objetivo central de las pruebas regionales de yuca es probar las variedades bajo condiciones ecológicas diferentes y luego recomendar genotipos estables y de buen rendimiento. Los datos obtenidos durante el primer ciclo de pruebas regionales, llevadas a cabo en 1975 por la unidad de agronomía del Programa de Yuca, fueron la base para la realización en forma conjunta de un estudio de estabilidad varietal, con respecto a las seis siguientes variables: rendimiento de raíces en base a peso fresco, rendimiento de raíces en base a peso seco, índice de cosecha, diámetro de la raíz, longitud de la raíz y número de raíces por planta.

La estabilidad varietal es una característica hereditaria que puede ser cuantificada mediante los llamados "parámetros de estabilidad" los cuales permiten al mejorador contar con un criterio más confiable en la selección de progenitores.

La metodología utilizada en este estudio incluye criterios de estabilidad usados en trabajos anteriores en maíz, cebada, papa y fríjol, así como un nuevo criterio que mide la contribución de una variedad específica a la interacción variedad x ambiente.

Los resultados finales de este estudio serán publicados en el Informe Anual de 1977.

Estudio del desarrollo del gusano cachón de la yuca

La Unidad de Biometría, en colaboración con la unidad de entomología del Programa de Yuca, inició un proyecto experimental a largo plazo, cuyo objetivo central es determinar la efectividad de los controles biológicos de parasitismo de huevos por **Trichogramma** sp. y de consumo de larvas por *Polistes erytrocephalus* sobre el desarrollo del gusano cachón de la yuca. Se estudiará la dinámica de población del gusano y su impacto económico en la producción de yuca bajo dos condiciones: 1) de laboratorio, en donde el insecto encuentra un ambiente óptimo para su desarrollo por no verse afectado por ningún control biológico, y 2) de finca, bajo el control biológico de las avispas **Trichogramma** sp., **Polistes** sp., o de ambas.

La Unidad ha iniciado el desarrollo de un modelo estocástico que describe la población en su estado de equilibrio el cual será usado para estimar el efecto de los controles biológicos mencionados sobre la población del gusano.

Otros proyectos

En 1976, la Unidad de Biometría completó el procesamiento y tabulación de datos de los estudios agroeconómicos de yuca realizados en Colombia y Ecuador.

SISTEMAS DE PRODUCCION DE GANADO PORCINO

Por iniciativa del Programa de Porcinos, la Unidad de Biometría realizó una evaluación económica de los sistemas de alimentación para cerdos a base de maíz común, maíz opaco-2 y harina de yuca. El estudio tuvo por objeto comparar la rentabilidad de las dietas a base de maíz opaco-2 y de harina de yuca, con dietas a base de maíz común. Los resultados muestran que con los precios actuales de la yuca respecto a los del maíz en el Valle del Cauca (Colombia), las dietas a base de harina de yuca no resultan competitivas. Sin embargo, si la relación de precios maíz/yuca fuera superior a 2,2 la dieta de harina de yuca sería más rentable que la de maíz común. Asimismo, si la relación de precios maíz/maíz opaco-2 fuera superior a 1,1, la dieta a base de maíz opaco-2 sería más rentable que aquella a base de maíz común. (Para mayores referencias sobre metodología y otra información ver la sección correspondiente al Programa de Producción de Porcinos en el presente informe).

ADIESTRAMIENTO Y CONFERENCIAS

A principios del año, la Unidad de Biometría participó en dos cursos de Adiestramiento: de Producción Porcina, y el de Producción de Ganado de Carne ofrecidos por el CIAT a investigadores y productores de distintas instituciones latinoamericanas. Esta participación consistió en dictar ciclos de conferencias de dos horas cada una, en las cuales se expusieron los principios básicos sobre estadística y diseño experimental ilustrados con ejemplos prácticos. Durante el mes de octubre, participó igualmente en el Curso Intensivo de Producción de Yuca para Ingenieros Agrónomos de América Latina, ofreciendo un ciclo de conferencias que cubrió los siguientes temas: introducción general a la estadística y diseño experimental; diseños más utilizados en experimentación con yuca y estadística en las pruebas regionales. En los meses de octubre y noviembre, la Unidad colaboró en el adiestramiento del grupo de veterinarios del Centro Panamericano de Zoonosis, con sede en Buenos Aires. Su asesoría consistió en el diseño de la encuesta, metodología de muestreo en general y procesamiento de la información obtenida, con el objeto de determinar la prevalencia de enfermedades en ganado bovino en la zona de Santander de Quilichao (Cauca, Colombia) y utilizar dicha información en la elaboración de planes de control.

SISTEMAS DE PRODUCCION DE ARROZ

En este año se realizaron estudios preliminares de evaluación de un nuevo diseño experimental para ordenamiento y selección de genotipos en base a plantas individuales: el diseño de anillos hexagonales (Honycomb Design). El Programa de Arroz del CIAT, en cooperación con el ICA, realizó el primer ciclo de experimentos tendientes, en primer lugar, a determinar la distancia mínima entre plantas que garantice la ausencia de competencia y en segundo lugar, a comparar la evaluación de materiales con este nuevo diseño y con el diseño de bloques completos al azar, utilizado tradicionalmente en las pruebas regionales. (Para mayores detalles, ver sección correspondiente al Programa de Producción de Arroz).

UNIDAD DE ESTUDIOS ESPECIALES

La Unidad de Estudios Especiales inició algunas actividades para estudiar la factibilidad de proyectos que puedan ser de aplicación útil para los agricultores tradicionales. Los trabajos de investigación se realizaron en la sede del

CIAT donde se probaron y se les dió un desarrollo inicial, antes de introducirlos en las fincas pequeñas localizadas en terrenos de menor calidad. En 1976, básicamente la Unidad trabajó en cuatro actividades.

CULTIVOS DE COBERTURA PERMANENTE

Los cultivos de cobertura se han utilizado por siglos en muchas partes del mundo para proteger el suelo; con frecuencia se utilizan en plantaciones perennes, como la palma africana y el caucho. Se ha dado un nuevo enfoque utilizándolos como elemento integrante de los sistemas de cultivo; para este propósito se está evaluando el maní perenne *(Arachis glabrata)* en la sede del CIAT. Como este maní es una planta leguminosa puede ser una fuente importante de nitrógeno; al producir estolones y/o rizomas, también puede estabilizar el suelo de los terrenos pendientes, conservar la humedad y reducir en gran parte la competencia de las malezas.

Los ensayos de establecimiento del maní perenne demostraron que la humedad del suelo es crítica al momento de la siembra; ésta sólo se debe hacer cuando el suelo se encuentra en capacidad de campo; si la precipitación o el riego no es frecuente durante las primeras dos semanas, la supervivencia del cultivo se reduce considerablemente.

El establecimiento de *A. glabrata* es lento (Cuadro 1). Se requirieron casi tres meses para lograr un 50 por ciento de cobertura del suelo pero, posteriormente, su crecimiento fue más rápido y después de cinco meses, se logró una cobertura de más del 90 por ciento. Es interesante anotar que se observó muy poca correlación entre la densidad de siembra y el índice de establecimiento. Solamente con una densidad de siembra de 160.000 plantas/ha se logró, en un tiempo considerablemente menor, una cobertura del suelo del 90 por ciento.

Debido al lento establecimiento del maní y a la necesidad de hacer desyerbas frecuentes, durante los primeros tres meses después de la siembra, se hicieron diversos ensayos de selectividad de herbicidas. Los resultados del primer ensayo, realizado en semilleros bajo condiciones de invernadero, indicaron que el alaclor, H-22234, nitrofen, linuron, DNBP, vernolate y bentazon fueron selectivos, en tanto que el diuron, metribuzina y trifluralina no fueron lo suficientemente selectivos. En un ensayo de campo se confirmaron estos resultados y el mejor control de las malezas se logró con la combinación de alaclor y linuron.

Una vez logrado el buen establecimiento de las plantas, se hizo un ensayo aplicando paraquat y glifosato, con el fin de deter-

Cuadro 1. Indice de establecimiento de maní perenne (*Arachis glabrata*) en 5 densidades de siembra.

Densidad de siembra plantas/ha (miles)	Distancia (cm) entre		Porcentaje de cobertura del suelo a los				
	surcos	plantas	40	77	103	127	150
			días después de la siembra				
160	25	25	17	49	87	91	94
100	40	25	5	20	53	60	85
83	40	30	9	35	82	85	95
67	50	30	8	28	72	72	91
50	50	40	7	26	65	73	90

minar los productos y las dosis de aplicación que se requieren para eliminar una banda de plantas de maní en la cual, posteriormente, se sembraría otro cultivo. El paraquat sólo quemó las hojas tratadas; 21 días después de su aplicación, el maní se recuperó totalmente. El glifosato fue mucho más efectivo y los mejores resultados se lograron con una dosis de 1-1,5 kg/ha de i.a.

Se hizo un ensayo para evaluar la efectividad de las aplicaciones en posemergencia de atrazina y dalapon con surfactantes, para erradicar el maní perenne o reducir su acción competitiva. Con 2 kg/ha de atrazina y 8 kg/ha de dalapon, se logró un control del 70 por ciento el cual se considera suficientemente efectivo.

En otro ensayo en parcelas de maní, se aplicó paraquat y glifosato en bandas de 20 ó 40 centímetros de ancho; también se incluyó un tratamiento en el cual se limpiaron con azadón bandas de 20 y 40 centímetros de ancho. En todas las parcelas se sembró maíz y se incluyó un testigo sin maní. Tres semanas después se observó que el maíz fue severamente retardado por la competencia del maní y fue necesario remover el maíz y dar por terminado el ensayo.

Un mes más tarde se aplicó glifosato, dalapon y atrazina en bandas de 50 centímetros de ancho o a la totalidad de las parcelas y se limpió con azadón una banda de 50 centímetros de ancho. Se sembró maíz nuevamente. Los mejores tratamientos fueron la aplicación de 1,5 kg/ha de i.a. de glifosato ó 2 kg/ha de atrazina en la totalidad de la superficie y el de la parcela que se desyerbó manualmente. Aparentemente, todos los otros tratamientos permitieron la competencia excesiva; esta observación se confirmará al observar los rendimientos del maíz el cual se cosechará a comienzos de 1977.

ASOCIACION DE LEUCAENA CON MAIZ

La leguminosa forrajera perenne del género **Leucaena**, es de tipo arbóreo y nativa de América. Recientemente, esta planta ha sido ensayada en diferentes sistemas de cultivo y específicamente asociada con maíz, como fuente de nitrógeno. En el CIAT se iniciaron ensayos para evaluar el potencial de la asociación Leucaena-maíz, bajo las condiciones de América Latina.

El porcentaje de germinación de las semillas de **Leucaena** es muy bajo. El tratamiento de la semilla con agua caliente, a 80°C durante 1-2 minutos, aumentó la germinación de 20 a 96 por ciento. El tratamiento de la semilla, durante un tiempo más largo, tendió a reducir su viabilidad. Con el fin de determinar si el tratamiento de la semilla bajo estas condiciones ejercía un efecto permanente, se almacenaron durante cuatro meses, semillas tratadas con agua caliente. Los resultados obtenidos demostraron que el efecto del tratamiento es perdurable (Cuadro 2), lo cual indica que las instituciones nacionales que distribuyen insumos agrícolas pueden tratar la semilla y garantizar al agricultor que ésta tiene alta viabilidad y no requiere otros tratamientos.

Se están haciendo dos ensayos de campo con **Leucaena**. A comienzos de 1976 se estableció un cultivo de **Leucaena** (CIAT 871); cuatro meses después, las plantas

Cuadro 2. **Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación de la semilla de Leucaena tratada con agua caliente.**

Tratamiento	Germinación (%)
80°C el mismo día	78
80°C 1 mes después	97
80°C 2 meses después	88
80°C 4 meses después	92
Sin tratamiento	37

alcanzaron una altura de dos metros aproximadamente. Las plantas se cortaron a 20 centímetros de altura y las ramas se distribuyeron uniformemente sobre la superficie del suelo. En uno de los ensayos, el maíz (var. H-207) se sembró a una densidad de población de 25.000 y 50.000 plantas/ha, con densidades de población de **Leucaena** de 0, 10.000, 20.000 y 40.000 plantas/ha. En el segundo ensayo, la densidad de población de maíz fue de 60.000 plantas/ha y la **Leucaena** se sembró: a) en el mismo camellón del maíz (40.000 plantas/ha); b) en los otros camellones (20.000 plantas/ha) o c) cada tres camellones (13.000 plantas/ha). Después de 30 días de sembrado el maíz, se hizo un nuevo corte a la **Leucaena** a 10 centímetros de altura, para evitar la competencia con el maíz ya que había crecido demasiado; las ramas se distribuyeron alrededor de las plantas de maíz.

Al momento de la siembra del maíz, se determinó que el peso fresco y los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en la planta de **Leucaena** (Cuadro 3), fueron significativamente mayores en la densidad de población más alta. Sin embargo, todas las densidades de población indujeron a que se integraran cantidades significativas de nitrógeno y potasio al ciclo vital de las plantas. Las hojas mostraron un contenido de proteína de 27,4 por ciento; posiblemente se pueden incorporar en dietas para la alimentación de animales.

Los rendimientos del maíz fueron sólo ligeramente diferentes (Cuadro 4). Este hecho es importante puesto que indica que la **Leucaena** no ejerció competencia; además, no produjo aumentos en el rendimiento, lo cual se explica fácilmente porque la fertilidad de los suelos de la sede del CIAT es relativamente alta y en consecuencia, no se observó respuesta a los nutrimentos presentes en el follaje de la leguminosa. La reducción de la altura de las plantas de **Leucaena**, en las poblaciones más densas, no redujo su crecimiento y tampoco afectó los rendimientos.

En el segundo ensayo, los resultados fueron similares (Cuadro 5). Los rendimientos de maíz se redujeron sólo ligeramente cuando se sembró en asociación con la mayor densidad de población de **Leucaena** y los rendimientos de la población de maíz en ambas densidades, no fueron notablemente diferentes. Aparentemente, las densidades de población de **Leucaena** de 10.000 y 20.000 plantas/ha son adecuadas para proporcionar suficiente follaje para cubrir el suelo y suministrar cantidades significativas de nutrimentos sin competir con el maíz. Actualmente, al estar bien establecido el cultivo de **Leucaena**, se harán otros ensayos para establecer con mayor certeza si la asociación **Leucaena**-maíz es ventajosa o no.

Por el lento establecimiento de la **Leucaena**, las malezas constituyen un

Cuadro 3. **Peso fresco y contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, en hojas y ramas de plantas de *Leucaena* de 4 meses de edad.**

Poblaciones de Leucaena (plantas/ha)	Peso fresco* (ton/ha)	Nutrimentos liberados (kg/ha)**								
		N			P			K		
		hojas	ramas	total	hojas	ramas	total	hojas	ramas	total
40,000	17,8	127	45	172	7	6	13	53	46	99
20,000	9,3	66	25	91	4	4	8	28	24	52
13,000	8,2	59	22	81	3	3	6	24	21	45

* Las hojas y ramas tenían un 64% de humedad
** En base a peso seco.

Cuadro 4. Altura de la planta y rendimiento en grano del maíz cultivado en asociación con Leucaena.

Población de *Leucaena* (plantas/ha)	Distancias de siembra (cm x cm)	Maíz	
		Reducción en la altura* (%)	Rendimiento** (ton/ha)
0	—	0	4,4
13.000	25 x 300	16	6,0
20.000	25 x 200	16	5,5
40.000	25 x 100	25	4,9
40.000	50 x 50	29	4,5

* 40 días después de la siembra en comparación con el testigo
** Ajustado a un 15% de humedad.

problema. Con el fin de estudiar posibles métodos de control de malezas, se hicieron ensayos de selectividad de herbicidas, similares a los que se hicieron con el maní. Los herbicidas selectivos fueron alaclor, H-22234, fluorodifen, nitrofen, DNBP, linuron y bentazon, en tanto que los compuestos no selectivos fueron la metribuzina, diuron, vernolate y trifluralina.

Los resultados en un ensayo exploratorio indicaron que la Leucaena se puede sembrar en asociación con otro cultivo durante el período de su establecimiento. Esto reduce la competencia de malezas e implica un ingreso, durante los 3-4 meses de iniciado el crecimiento lento de la Leucaena. Se sembró fríjol arbustivo (var. Calima) en hileras con un metro de espaciamiento, intercalado con Leucaena. El fríjol no afectó el desarrollo inicial de la Leucaena y viceversa.

SISTEMAS DE PREPARACION DEL SUELO SIN LABRANZA

Para los agricultores tradicionales, la mayor demanda de mano de obra se presenta al momento de la siembra y en la cosecha. La utilización de herbicidas no selectivos y sin residualidad hace posible la

Cuadro 5. Reducción de la altura de la plantas de maíz y su rendimiento en grano debido a su cultivo en asociación con Leucaena.

Población de *Leucaena* (plantas/ha)	Población de maíz (plantas/ha)	Maíz	
		Reducción de la altura* (%)	Rendimiento** (ton/ha)
0	25.000	0	4,6
0	50.000	0	5,2
10.000	25.000	2	4,7
10.000	50.000	11	4,6
20.000	25.000	0	4,2
20.000	50.000	12	4,9
40.000	25.000	10	3,5
40.000	50.000	15	4,9

* 40 días después de la siembra en comparación con el testigo
** Ajustado a un 15% de humedad.

preparación química del suelo; en consecuencia, permite que los agricultores siembren mayores extensiones. Además, estos sistemas no afectan la estructura del suelo sino que ayudan a reducir la susceptibilidad a la erosión. Las malezas muertas forman una cobertura protectora, reducen la temperatura de la superficie, aumentan la infiltración, conservan la humedad e inhiben un nuevo crecimiento de las malezas.

Se inició un ensayo que tendrá una duración de tres ciclos de cultivo en el cual se pretende comparar la aplicación de las dos dosis de glifosato y una de paraquat, con la desyerba manual, hecha antes de la siembra. Se está sembrando maíz y fríjol en monocultivo continuo o en rotación, o en asociación. Los herbicidas preemergentes se aplican sobre la mitad de la parcela. La primera siembra se hizo a principios de 1976; las siembras sin labranza se hicieron a fines del año; éstas constituyen el objetivo básico del ensayo. En 1977 se obtendrán los resultados de las tres siembras, para hacer las comparaciones respectivas.

EVALUACION DE GERMOPLASMA

Se hizo una invitación a los científicos de otros centros internacionales de investigación agrícola para que enviaran al CIAT sus materiales más promisorios de

Cuadro 6. Información sobre rendimiento y características importantes de 4 plantas leguminosas ensayadas en la sede del CIAT, en el segundo ciclo de cultivos de 1976.

Especie y no. de líneas ensayadas	Variedad o línea	Período de crecimiento (días)	Color del grano	Peso de 100 granos (g)	Rendimiento de las parcelas (ton/ha)
Caupí*					
31	(Rango)	68-85	blanco, crema castaño	8,4-18,4	0,3-3,5
	TV x 1193-059D	80	castaño	15,7	3,5
	TV x 30-1G	78	crema	15,5	3,2
	TV x 456-01F	83	blanco cenizo	18,4	3,2
	Costa	85	blanco	15,1	2,6
Fríjol mungo**					
65	(Rango)	61-74		2,9-8,4	0,1-3,7
	1180M-239	65	verde brillante	5,5	3,7
	2808 local	70	verde oscuro	6,3	3,5
	1380 Mg-50-10A	67	verde brillante	7,6	3,2
	2273 ML-3	65	verde brillante	3,9	3,1
Soya*					
51	(Rango)	70-95	-	8,7-29,7	0,3-2,7
	30211-1-5	83	-	18,7	2,7
	30101-23-8	90	-	21,3	2,5
	30096-1-9	90	-	17,6	2,4
	Acc 2120	90	-	8,7	2,4
Fríjol alado*					
66	(Rango)	64-67	-	16-41	74-750***
	ICA	64	-	36,1	750***
	UPS-61	67	-	28,0	598***
	UPS-63	67	-	21,1	488***
	UPS-37	67	-	28,9	428***

* Rendimientos en parcelas observadas sin replicaciones
** Rendimientos promedios de 4 replicaciones
*** Rendimiento en grano seco de 6 plantas cultivadas con el apoyo de una estac; los rendimientos no se pueden convertir a toneladas por hectárea.

germoplasma, para su evaluación bajo las condiciones del medio ambiente en Colombia. También, se están evaluando diversas especies importantes de leguminosas (soya, fríjol mungo, caupí, "winged beans", fríjol Jack y fríjol "sword") y algunas plantas hortícolas (repollo y tomate), las cuales no están incluidas en ningún programa de investigación de un centro internacional situado en América Latina. Los únicos datos de rendimiento obtenidos hasta el momento son los del ensayo de caupí (Cuadro 6).

OPERACIONES DE LA ESTACION EXPERIMENTAL

El personal que integra esta Unidad desarrolló en 1976 las siguientes labores de apoyo a los programas de investigación: a) servicios generales; b) servicios específicos.

SERVICIOS GENERALES

Se cubrió con material de río una extensión de carreteras internas del CIAT que alcanzó casi 28 kilómetros, con el fin de mejorar sus condiciones de tránsito durante todo el año y se hizo también el mantenimiento correspondiente (Figura 1).

Se recubrieron con pavimento asfáltico 2,80 kilómetros en la sección de la estación en la cual existe una mayor concentración de actividades de los programas de investigación. Este recubrimiento redujo o eliminó la cantidad de polvo que levanta el tráfico de vehículos (Figura 2).

Se revistieron, con una mezcla de tierra-cemento, 4,21 kilómetros de canales que integran el sistema de riego, el cual permite conducir el agua a todos los terrenos que constituyen la sede del CIAT.

Se construyó un dique de 12.375 metros cúbicos y 550 metros de longitud. En la cresta de dicho dique se construyó un canal revestido para conducir agua desde un pozo situado al este del reservorio de "El Porvenir" hasta la sección de la sede del CIAT que tiene terrenos con mayor altura. Este dique resuelve el problema de riego de los lotes situados en el extremo este de la estación (Figura 3).

Con el fin de mejorar el sistema de drenaje interno de los lotes experimentales, se subsolaron con topo 53 hectáreas, a las cuales también se les construyeron 10

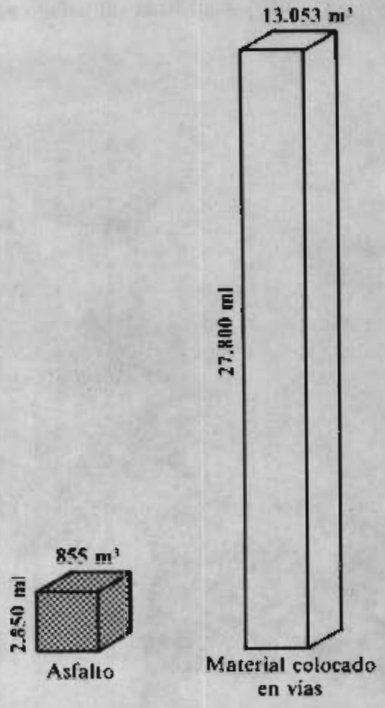


Figura 1. Recubrimiento con asfalto y mantenimiento de las vías dentro de la sede del CIAT en 1976.



Figura 2. Vía pavimentada con asfalto para eliminar el exceso de polvo durante la época de sequía.



Figura 3. Dique construido para conducir el agua a la parte alta de la Estación Experimental del CIAT.

kilómetros de canales de drenaje (Figuras 4 y 5).

Se lavaron 51,8 hectáreas de terreno mediante la producción de arroz de las cuales 20 han sido asignadas a los programas de investigación (Figura 6).

Se nivelaron 44,5 hectáreas para someterlas a un proceso de adecuación. En la actualidad, esta área está sembrada con cultivos de arroz y de maíz. Se espera que estos lotes, al ser mejorados, puedan ser utilizados por los programas de investigación y de Adiestramiento (Figuras 7 y 8).

Se levantaron 20,8 kilómetros de cercos, de los cuales se rescataron 6.953 postes y 104 kilómetros de alambre. También, se construyeron 2,2 kilómetros de cercos y se hizo mantenimiento a los 11 kilómetros restantes.

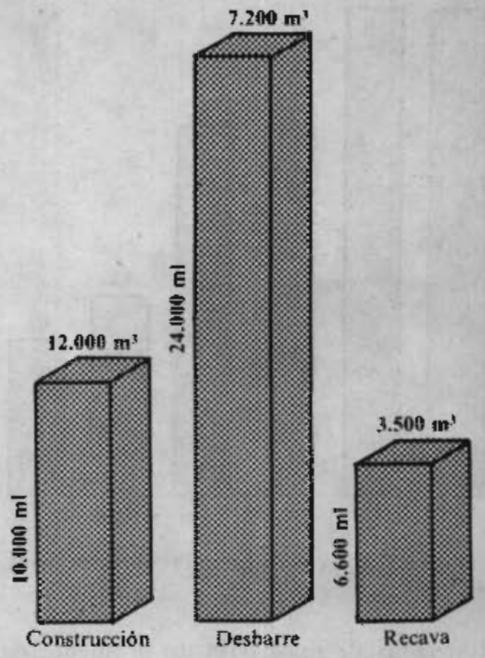


Figura 5. Construcción y mantenimiento de drenajes en terrenos de la sede del CIAT, 1976.

Se hizo el mantenimiento de las áreas experimentales; en las tierras no adecuadas para investigación se produjeron 30

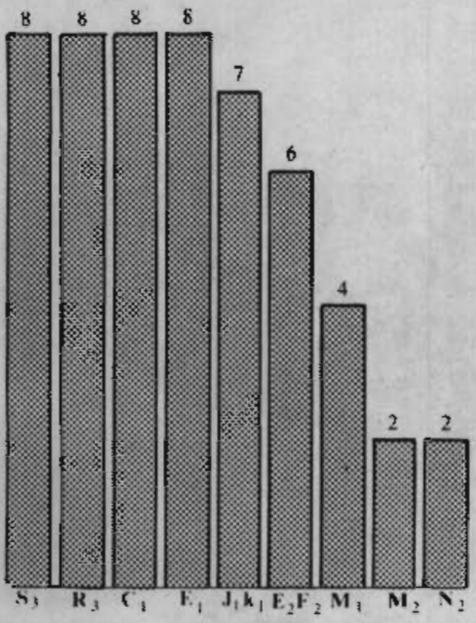


Figura 4. Mejoramiento de drenaje interno en los lotes (subsolada). En 1976 se hizo esta operación en 53 ha.

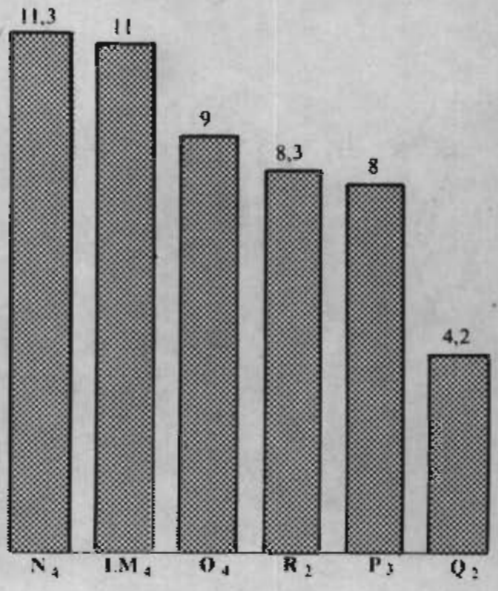


Figura 6. Lotes mejorados con cultivo de arroz en la sede del CIAT en 1976; área mejorada: 51,8 ha.

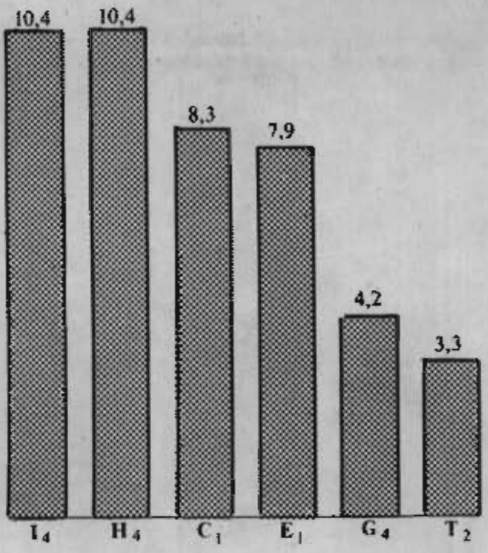


Figura 7. Lotes nivelados en 1976; área mejorada 44,5 ha.

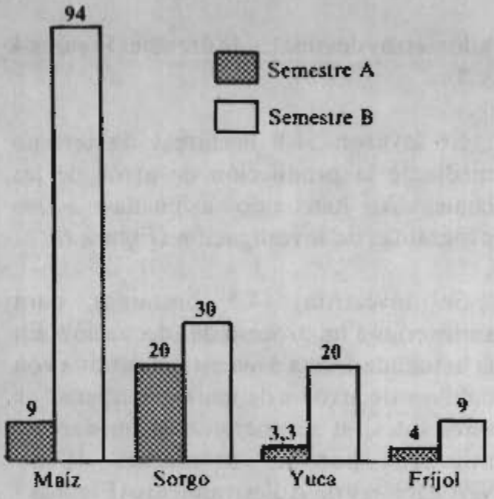


Figura 9. Areas cultivadas en la sede del CIAT en 1976. Total: 189,3 ha.

toneladas de maíz, con un promedio de 3,50 ton/ha; 70 toneladas de sorgo, con un promedio de 3,4 ton/ha; 2,2 toneladas de fríjol, con un promedio de 0,55 ton/ha; 46 toneladas de yuca, con un promedio de producción de 14 ton/ha; 648 toneladas de arroz, con un promedio de 6,2 ton/ha; además, en 1976B se sembraron 94 hectáreas de maíz, 32 de sorgo, 9 de fríjol y se dejaron 20 para soca de sorgo (Figura 9).



Figura 8. Lote completamente recuperado y que se encuentra asignado a un programa de investigación.

En cooperación con el Programa de Arroz del CIAT, se produjeron 152,9 toneladas de semilla básica de arroz CICA 7 y CICA 9. También, se produjeron 87 toneladas de semilla certificada para la Federación de Arroceros de Colombia; se produjo semilla básica de seis variedades: CICA 6, CICA 9, L4462, L4461, L4422 e IR5 (Figura 10). y se procesaron en un molino 324,6 toneladas de grano; del producto cosechado se vendieron 148,5 toneladas de arroz blanco a través de CRECIAT, entidad autónoma de crédito para los empleados del CIAT (Figura 11). Sólo fue posible vender a un molino comercial de Palmira 66,7 toneladas de arroz en cáscara de la variedad CICA 6 debido a que la cosecha coincidió con la época de producción de semilla básica

Se atendieron las necesidades de administración, operación, reparación y mantenimiento del parque de maquinaria agrícola y de la cuadrilla de trabajadores de campo.

Se cosecharon los residuos que quedaron en el campo en las parcelas de

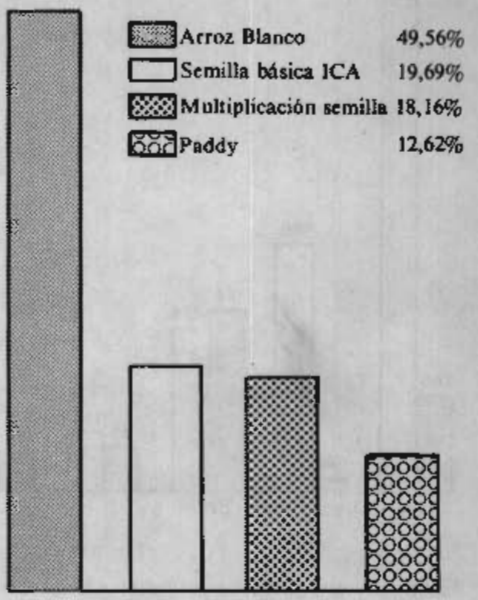


Figura 11. Forma en que se vendió el arroz producido en terrenos de la sede del CIAT en 1976. Total: 648.165 kg.

investigación, los cuales se vendieron a través de CRECIAT.

SERVICIOS ESPECIFICOS

Se atendieron 940 solicitudes mediante

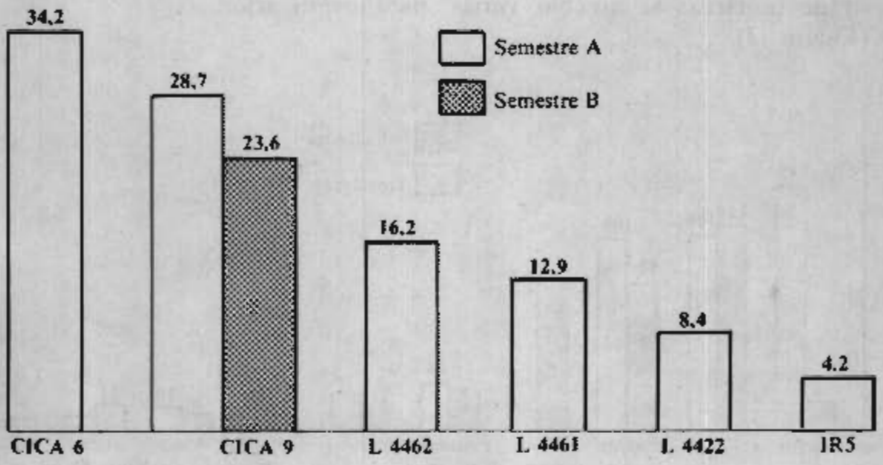


Figura 10. Areas cultivadas con seis variedades de arroz en la sede del CIAT en 1976. Total: 128,2 ha.

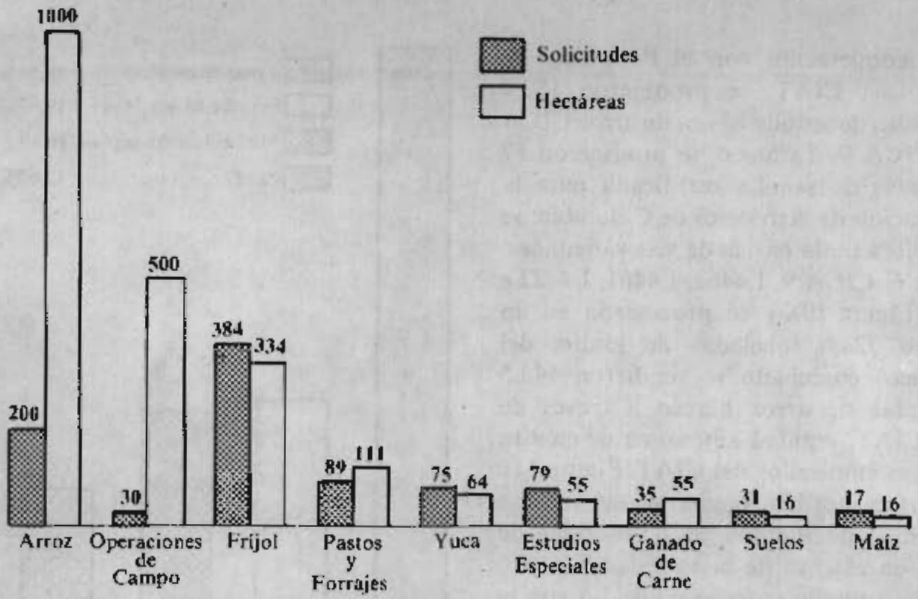


Figura 12. Servicio de riego brindado a los programas de investigación del CIAT en 1976; se recibieron 940 solicitudes para un total de 2.151 ha.

las cuales se aplicó riego a 2.151 hectáreas para los diferentes programas de investigación del CIAT; esto indica que las áreas cultivadas se regaron varias veces (Figura 12).

Se prepararon 679 hectáreas de terreno para atender 329 solicitudes de los programas; como en el caso del riego, ese número de hectáreas se atendió varias veces (Figura 13).

A través de operaciones de campo se atendieron las necesidades de mano de obra de los programas, ocupando hasta el mes de octubre, 31.769 jornales entre personal de la cuadrilla de campo y contratistas (Figura 14).

Se brindó asesoramiento a los programas en la asignación de tierras aptas para investigación.

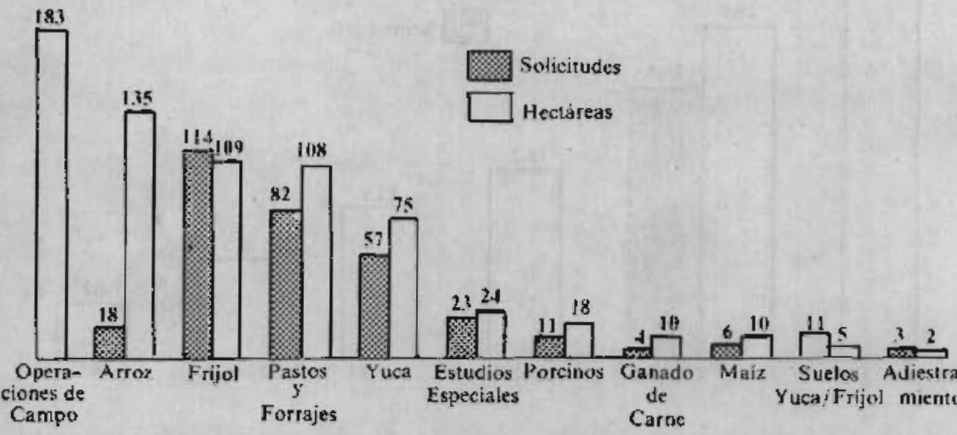


Figura 13. Servicio de maquinaria agrícola brindado a los programas de investigación del CIAT en 1976. Se recibieron 329 solicitudes para un total de 679 ha.

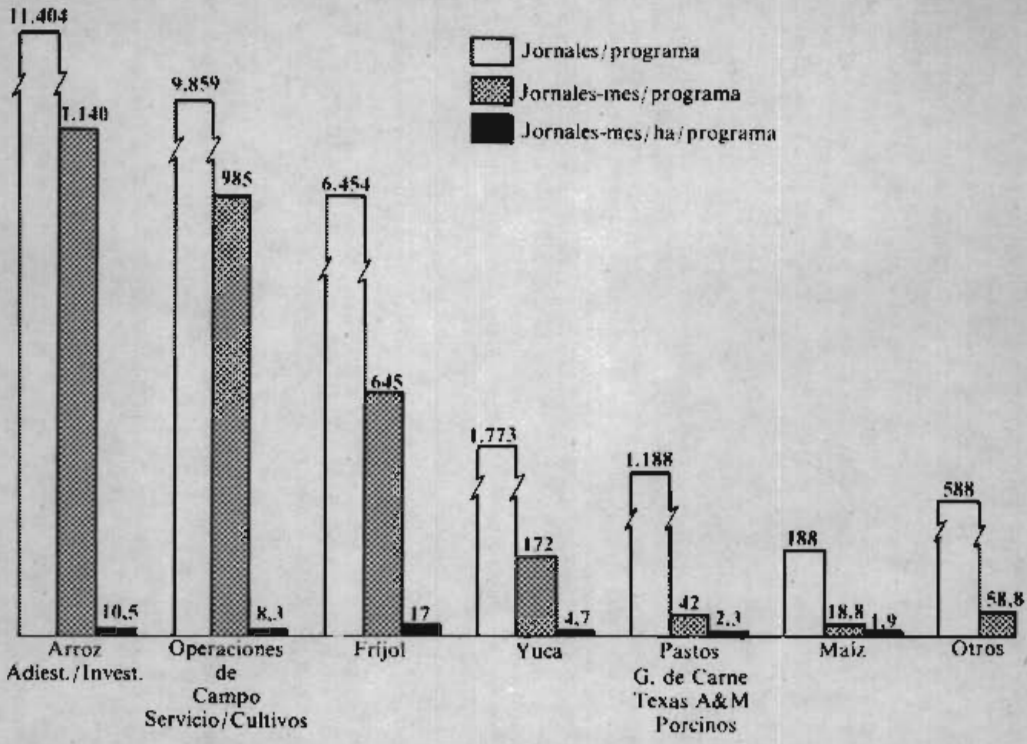


Figura 14. Movimiento de personal de campo en labores efectuadas por los programas de investigación del CIAT, en 1976, incluyendo contratistas y cuadrillas de campo.

ADIESTRAMIENTO

Se adiestraron siete profesionales en operaciones de estaciones experimentales: dos ingenieros agrícolas de Colombia, un ingeniero agrónomo de México, uno de Guatemala y tres del Brasil.

Durante el año de 1976, en cooperación con los programas de adiestramiento y de arroz, se prepararon y sembraron 138,0 hectáreas de arroz.

El superintendente de la estación del CIAT colaboró con el personal encargado de organizar los cursos de adiestramiento en producción de yuca, como instructor en la fase teoricopráctica de la preparación de tierras para este cultivo.

Administración y Finanzas

Price Waterhouse & Co.

APARTADO AEREO 180 - CALI, COLOMBIA

Febrero 28, 1977

Señores Miembros de la Junta Directiva del

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

En nuestra opinión, el balance general y el correspondiente estado 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, 1976 y los resultados de sus operaciones por el año terminado en esa fecha, de conformidad con principios de contabilidad generalmente aceptados y aplicados sobre una base acorde con la del año anterior Nuestro examen de estos estados financieros fue hecho de acuerdo con normas de auditoría generalmente aceptadas y por consiguiente incluyó las pruebas de los registros de contabilidad y los demás procedimientos de auditoría que consideramos necesarios en las circunstancias.

Nuestro examen también cubrió los estados de análisis de donaciones y los desembolsos correspondientes, ingresos devengados, comparación de presupuesto aprobado y los desembolsos reales y fechas de recibo de donaciones por el año terminado en Diciembre 31, 1976, que se acompañan como información suplementaria y, en nuestra opinión, estos estados presentan fidedignamente la información mostrada en ellos.

Price Waterhouse & Co

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
BALANCE GENERAL
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	Diciembre 31			
ACTIVO	**1976**	**1975**	**1974**	**1973**
ACTIVO CORRIENTE:				
Caja	1,481	1,152	623	139
Cuentas por recibir:				
Donantes	1,616	607	531	497
Empleados	57	66	85	69
Otros	425	311	718	289
	2,098	984	1,334	855
Inventarios	345	250	199	100
Gastos pagados por anticipado	11	5	8	5
Total del activo corriente	3,935	2,391	2,164	1,099
ACTIVOS FIJOS:				
Equipos	1,963	1,721	1,346	802
Vehículos	685	593	568	305
Vehículos (reemplazos) en tránsito	149	330		
Muebles, enseres y equipo de oficina	938	930	901	378
Edificios	4,773	4,495	4,429	3,950
Otros	25	46	103	925
Total de activos fijos	8,533	8,115	7,347	6,360
Total del activo	12,468	10,506	9,511	7,459
PASIVO Y SALDOS DE FONDOS				
PASIVO CORRIENTE:				
Sobregiros bancarios	18	14	317	137
Cuentas por pagar	807	758	286	351
Otros			385	152
Total del pasivo corriente	825	772	988	640
DONACIONES RECIBIDAS POR ANTICIPADO	180	250	115	117
SALDOS DE FONDOS:				
Invertido en activos fijos	8,533	8,115	7,347	6,360
Fondos sin desembolsar (déficit):				
Programas básicos				
Sin restricción	70	303	32	(37)
Donación para fondo de trabajo	600	600	100	100
Donaciones de capital	1,964	185	628	178
Proyectos especiales				
Donantes	315	340	301	144
Otro	(19)	(59)		(40)
	2,930	1,369	1,061	317
Total saldos de fondos	11,463	9,484	8,408	6,702
Total del pasivo y saldos de fondos	12,468	10,506	9,511	7,459

Las notas en las páginas G-54 y G-55 son parte integral de los estados financieros

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
ESTADO DE INGRESOS Y EGRESOS Y FONDOS SIN DESEMBOLSAR
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	Año terminado en Diciembre 31			
	1976	1975	1974	1973
Ingresos:—				
Programas básicos:				
Donaciones de operación-				
Sin restricción	4,500	4,180	3,475	2,672
Restringidos	1,145	1,090	1,030	790
Donación para fondo de trabajo		500		100
Donaciones de capital	1,858	257	1,365	1,779
Total programas básicos	7,503	6,027	5,870	5,341
Proyectos especiales - donaciones	725	593	631	404
Ingresos devengados	339	339	310	168
Total ingresos	8,567	6,959	6,811	5,913
Egresos:—				
Programas básicos.				
Investigación directa -				
Ganado de carne	831	813	724	661
Frijol	698	517	374	262
Yuca	573	413	399	330
Porcinos	150	211	230	202
Arroz	206	201	133	135
Maíz		78	83	121
Sistemas para pequeños agricultores		160	185	36
	2,458	2,393	2,128	1,747
Investigación - operaciones auxiliares	602	328	342	230
Total investigación	3,060	2,721	2,470	1,977
Adiestramiento y conferencias	634	527	520	518
Biblioteca y servicios de información	515	438	276	139
Gastos de administración	670	598	559	340
Gastos generales de operación	999	986	678	656
Total programas básicos	5,878	5,270	4,503	3,630
Proyectos especiales	710	613	602	305
Adquisición de activos fijos	418	768	987	2,496
Total egresos	7,006	6,651	6,092	6,431
Exceso de ingresos sobre egresos:				
Fondos sin restricción	(233)	271	69	
Donación para fondo de trabajo		500		100
Donaciones de capital	1,779	(443)	453	(717)
Proyectos especiales	15	(20)	197	99
	1,561	308	719	(518)
Fondos sin desembolsar al principio del año	1,369	1,061	342	889
Donaciones por cobrar de años anteriores canceladas				(29)
Fondos sin desembolsar al fin del año (ver balance general)	2,930	1,369	1,061	342

Las notas en las páginas G-54 y G-55 son parte integral de los estados financieros

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
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 mostrada 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 dólares estadounidenses 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):

	P/$1	
Saldos en pesos incluidos en activos corrientes y pasivos corrientes	36.32	Tasa de cambio a fin de año
Ingresos en pesos y desembolsos en pesos para propiedades y equipo y gastos	34.71	Promedio mensual de tasa de cambio resultante de venta de dólares

NOTA 3 - OPERACIONES:

CIAT opera bajo un acuerdo firmado con el gobierno de Colombia, en el cual las condiciones más importantes son las siguientes:

1. La duración del acuerdo es de 10 años a partir de Octubre de 1967, pero puede ser prorrogada si así lo deciden las partes contratantes.

2. CIAT es una entidad de naturaleza permanente y, por lo tanto, la terminación del acuerdo no implicaría la cesación de su existencia.

3. En caso de que CIAT deje de existir, todos sus activos netos serán transferidos a una institución colombiana, educacional o de otra naturaleza, que las partes contratantes consideren apropiada.

4. CIAT está exenta de todo impuesto colombiano.

5. CIAT tiene permiso para importar todos los equipos y materiales que requiera para sus programas, libres de gravámenes arancelarios o de cualquier otro impuesto al respecto.

6. El gobierno de Colombia proporciona a CIAT un terreno para sus operaciones, bajo un contrato de arrendamiento a 10 años, con un alquiler nominal, prorrogable de común acuerdo.

NOTA 4 - CUENTAS POR RECIBIR DE DONANTES:

Las cuentas por recibir de donantes a Diciembre 31, 1976 fueron como sigue

	$000
Banco Interamericano de Desarrollo:	
Saldo de donación de 1976 (sin restricción y capital)	525
The Rockefeller Foundation:	
Saldo de donación de capital	107
Proyectos especiales	19
	126
United States Agency for International Development:	
Saldo de donación de 1976 (sin restricción)	700
Proyectos especiales	27
	727
Canadian International Development Agency:	
Saldo de donación de 1976 (restringido)	31
Gobierno de Bélgica:	
Saldo de donación de 1976 (capital)	135
Gobierno de la República Federal de Alemania:	
Saldo de donación de 1976 (capital)	34
Otros	38
	1.616

ANEXO I

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
ANALISIS DE DONACIONES Y LOS DESEMBOLSOS CORRESPONDIENTES POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1976
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

		Desembolsos							
	Total de fondos disponibles	Activos fijos	Total investigación	Adiestramiento y conferencias	Biblioteca y servicios de información	Administración	Gastos generales	% de biblioteca, administración y gastos generales a investigación y adiestramiento	Traslado a fondos sin desembolsar
Programas básicos sin restricción:									
The Ford Foundation	400								
Banco Interamericano de Desarrollo	1,900								
The Rockefeller Foundation	500								
United States Agency for International Development	1,700								
Saldo al principio del año	303								
Total programas básicos sin restricción	4,803		2,622	351	412	544	804	59	70
Programas básicos restringidos:									
Canadian International Development Agency	845								
The W.K. Kellogg Foundation	300								
Total programas básicos restringidos	1,145		438	283	103	126	195	59	
Donaciones para fondo de trabajo (programas básicos):									
Saldo al principio del año	600								
Total fondo de trabajo	600								600
Donaciones de capital:									
Gobierno de Australia	125								

	Total de fondos disponibles	Desembolsos						% de biblioteca, administración y gastos generales a investigación y adiestramiento	Traslado a fondos sin desembolsar
		Activos fijos	Total investigación	Adiestramiento y conferencias	Biblioteca y servicios de información	Administración	Gastos generales		
Gobierno de Bélgica	135								
Gobierno de la República Federal de Alemania	636								
Banco Interamericano de Desarrollo	200								
International Development Association	250								
Gobierno de Holanda	200								
The Rockefeller Foundation	15								
Gobierno de Suiza	140								
Gobierno del Reino Unido	106								
Otros	51								
Saldo al principio del año	185								
Ingresos aplicados	339								
Total donaciones de capital	2,382	418							1,964
Proyectos especiales (1):									
CIMMYT (Canadian International Development Agency)	73		44	5					24
The Ford Foundation	63		5	6	44				8
Banco Interamericano de Desarrollo	207		107	66	15	17	21		(19)
International Board for Plant Genetic Resources	72		12	8					52
International Development Research Centre (Canada)	218		9	53	37				119
International Fertilizer Development Center	11		11						
International Minerals & Chemical Corporation	21		11				1		9
The Rockefeller Foundation	175		96	34		3	4		38
Reino Unido - Ministry of Overseas Development	74		34			4	5		31
United States Agency for International Development	27			27					
Otros	65			31					34
Total proyectos especiales	1,006		329	230	96	24	31	29	296

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
ESTADO DE INGRESOS DEVENGADOS
POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1976
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

Origen de ingresos:

Intereses sobre depósitos exigibles	147
Venta de productos agrícolas y servicios	73
Uso de las instalaciones de CIAT	119
	339
Asignado a capital	339

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
COMPARACION DE PRESUPUESTO APROBADO Y LOS DESEMBOLSOS REALES
POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1976
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	Programas básicos sin restricción		Programas básicos restringidos		Capital	
Programas	**Presupuesto aprobado ***	**Real**	**Presupuesto aprobado ***	**Real**	**Presupuesto aprobado ***	**Real**
Investigación:						
Ganado de carne	1,031	831				
Fríjol	750	698				
Yuca	371	292	285	281		
Porcinos	102	77	79	73		
Arroz	265	206				
Investigación - Operaciones auxiliares	603	518	84	84		
Adiestramiento y conferencias	504	351	308	283		
Biblioteca y servicios de información	444	412	92	103		
Gastos de administración	575	544	114	126		
Gastos generales de operación	892	804	183	195		
Total	5,537	4,733	1,145	1,145		
Capital						
Activos fijos					1,234	418
Total					1,234	418
Análisis de variaciones						
Sobrantes presupuestales:						
Donaciones no recibidas		734				
Traslado a fondos sin desembolsar		70				816
Total		804				816

INFORMACION SUPLEMENTARIA
FECHAS DE RECIBO DE DONACIONES
POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1976
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	Por recibir al princ. del año	1976 recdo. por anti-cipado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Por recibir al fin del año	1977 recdo. por anti-cipado	1976 dona-ciones netas
Programas básicos sin restricción:																	
The Ford Foundation					100	33	33	34	33	33	34	33	33	34			400
Banco Interamericano de Desarrollo	(349)			349							1,050		525		325		1,900
The Rockefeller Foundation			283	17	13	34	10	16	9	8	8	9	86	7			500
United States Agency for International Development						500			500						700		1,700
	(349)		283	366	113	567	43	50	542	41	1,092	42	644	41	1,025		4,500
Programas básicos restringidos:																	
Canadian International Development Agency						814									31		845
The W.K. Kellogg Foundation							300										300
						814	300								31		1,145
Donaciones de capital:																	
Gobierno de Australia					125												125
Gobierno de Bélgica															135		135
Gobierno de la República Federal de Alemania						197		35	97			107		166	34		636
Banco Interamericano de Desarrollo															200		200
International Development Association		110			140												250
Gobierno de Holanda								200									200
The Rockefeller Foundation	(179)									81				6	107		15
Gobierno de Suiza		140												180		(180)	140
Gobierno del Reino Unido								37		36				33			106
Otros														51			51
	(179)	250			265	197		272	97	117		107		436	476	(180)	1,858

	Por recibir al princ. del año	1976 recdo. por anti-cipado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Por recibir al fin del año	1977 recdo. por anti-cipado	1976 dona-ciones netas
Proyectos especiales:																	
CIMMYT (Canadian International Development Agency)									57					16			73
Banco Interamericano de Desarrollo									214	52							266
International Board for Plant Genetic Resources														25	8		33
International Development Research Centre (Canadá)	(23)		3	73			58	8	24	(3)	41						181
The Rockefeller Foundation	(9)			5	80										19		95
United States Agency for International Development	(30)					30									27		27
Otros	(33)		1		4	29	2		3	1	1	4	7	1	30		50
	(95)		4	78	84	59	60	8	298	50	42	4	7	42	84		725
	(623)	250	287	444	462	1.637	403	330	937	208	1.134	153	651	519	1.616	(180)	8.228