0005-78
ESP.

COLECCION HISTORICA

02S1-78
Octubre 1979

Informe Anual 1978

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICUL
TURA TROPICAL INFORME ANUAL
año
1978

vols nueva cafe

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia S.A.

CIAT
COLECCION HISTORICA

Contenido

V JUNTA DIRECTIVA

VI PERSONAL

XIII PREFACIO

A-1 PROGRAMA DE YUCA

A-1 Introducción
A-3 Fisiología
A-13 Entomología
A-25 Fitopatología
A-39 Mejoramiento Varietal
A-54 Agronomía
A-83 Suelos y Nutrición de la Planta
A-94 Economía
A-107 Cooperación Internacional

B-1 PROGRAMA DE GANADO DE CARNE

B-1 Introducción
B-5 Estudio del Area de Actuación
B-12 Introducción de Plantas
B-18 Mejoramiento de Forrajes
B-20 Agronomía de Leguminosas
B-34 Agronomía de Gramíneas
B-47 Producción de Semilla
B-55 Fitopatología
B-68 Entomología
B-76 Microbiología
B-86 Fertilidad del Suelo y Nutrición de la Planta
B-104 Desarrollo de Pastos
B-119 Utilización de Pastos
B-133 Manejo Animal
B-153 Salud Animal
B-167 Economía
B-182 Adiestramiento y Pruebas Regionales
B-187 Publicaciones

C-1 PROGRAMA DE FRIJOL

C-1 Introducción
C-3 Actividades del Programa de Fríjol en 1978
C-3 Selección de Cultivares por Características Deseables
C-20 Hibridación de Materiales Promisorios y Evaluación de sus Progenies
C-43 Evaluación y Mejoramiento de Prácticas Agronómicas
C-55 Estudios a Profundidad de Ciertas Areas de la Investigación que tienen Problemas Específicos
C-69 Validación de Tecnología en Ensayos a Nivel de Finca
C-73 Actividades Colaborativas Relizadas con Programas Nacionales en Instituciones Específicas durante 1978
C-75 Adiestramiento
C-75 Publicaciones

D-1 PROGRAMA DE ARROZ

D-1 Introducción
D-3 Fitomejoramiento
D-9 Agronomía
D-18 Adiestramiento
D-19 Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina

E-1 UNIDAD DE PORCINOS

E-1 Introducción
E-2 Adiestramiento
E-3 Cooperación Internacional
E-7 Investigación
E-20 Publicaciones

F-1 UNIDAD DE RECURSOS GENETICOS
F-13 UNIDAD DE ESTUDIOS ESPECIALES
G-1 UNIDAD DE SERVICIOS DE DATOS
G-19 OPERACIONES DE LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES
G-23 CLIMATOLOGIA
H-1 COOPERACION INTERNACIONAL
H-3 UNIDAD DE ADIESTRAMIENTO Y CONFERENCIAS
H-29 UNIDAD DE SERVICIOS DE DOCUMENTACION
H-35 UNIDAD DE COMUNICACIONES
H-41 UNIDAD DE SEMILLAS
H-45 UNIDAD REGIONAL ANDINA DE MAIZ CIMMYT/CIAT
I-1 INFORME FINANCIERO

Junta Directiva

(al 31 de Diciembre, 1978)

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

Dr. John A. Pino *(Vicepresidente)*
Director of Agriculture
The Rockefeller Foundation
1133 Avenue of the Americas
Nueva York, N.Y. 10036, U.S.A.

Dr. Paulo de T. Alvim
Scientific Technical Director
Centro de Pesquisas do Cacau (CEPLAC)
Caixa Postal 7
Itabuna, B.A., Brasil

Dr. Almiro Blumenschein
Director Ejecutivo
Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuaria (EMBRAPA)
Caixa Postal 1316
70.000 Brasilia, D.F., Brasil

Dr. Germán Bula Hoyos
Ministro de Agricultura
Carrera 10 # 20-30
Bogotá, D.E., Colombia

Dr. Mathew Dagg
The Ford Foundation
55 Lody State
Nueva Delhi, India 110003

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

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

Dr. Ramses Hakim Murad
Rector
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, D.E., Colombia

Dr. Reed Hertford
Program Officer
The Ford Foundation
320 E. 43rd Street
Nueva York, N.Y. 10017, U.S.A.

Dr. Leobardo Jiménez Sánchez
Profesor, Colegio de Posgraduados
Escuela Nacional de Agricultura
Chapingo, Estado de México, México

Ing. Agr. Mario Martínez Gutiérrez
8a. Avenida
2842, Zona 11
Ciudad de Guatemala, Guatemala

Dr. John L. Nickel
Director General
CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Valle, Colombia

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

Prof. J. A. Spence
Dean of Agriculture
Faculty of Agriculture
University of the West Indies
San Agustín, Trinidad Tobago, Indias Occ.

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

Personal

(al 31 de Diciembre, 1978)

Oficina del Director General

Científicos Principales
John L. Nickel, *PhD, Director General*
Alexander Grobman, *PhD, Director General Asociado, Cooperación Internacional*
*Kenneth O. Rachie, *PhD, Director General Asociado, Investigación*

Personal Asociado
Cecilia Acosta, *Asistente Administrativa*

Administración

Oficina de la División Administrativa

Científico Principal
Jesús Antonio Cuéllar, *MBA, Administrador Ejecutivo*

Personal Asociado
*Hernán Villa J., *BS, Asistente Administrativo*
Germán Vargas, *MS, Asociado en Administración*

Oficina en Bogotá
Ricardo Castañeda, *Asistente Administrativo*

Estación en Carimagua
Fernando Bernal, *MS, Superintendente*

Alimentos y Vivienda
Eduardo Fonseca, *Jefe*

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 eléctricos)*
Marvin Heenan, *Asistente del Superintendente (Parque automotor)*
Francisco Jaramillo, *Ing. Mec., Asistente del Superintendente (Talleres mecánicos)*

Suministros
Fernando Posada, *MS, Jefe*
Percy De Castro, *Asistente Administrativo*
Marino López, *Asistente Administrativo*
Diego Mejía, *Asistente Administrativo*

Oficina del Contralor

Científico Principal
Andrew V. Urquhart, *FCA, Contralor*

Personal Asociado
Joffre A. Guerrero, *Contralor Asistente*
Gregorio Bedoya, *Contador*
Yolanda Fernández, *Contadora*
Mauricio Lozano, *MBA, Administrador Asociado*
César Moreno, *Cajero*
Hernando Navia, *Auditor Interno*
Rafael Petti, *Asistente de Presupuesto*
Raúl Zamudio, *Analista de Sistemas*

Programa de Yuca

Científicos Principales
James H. Cock, *PhD, Fisiólogo (Coordinador)*
Anthony C. Bellotti, *PhD, Entomólogo (asignado en Cruz das Almas, Brasil)*
Abelardo Castro, *PhD, Agrónomo*
Reinhardt Howeler, *PhD, Edafólogo (en licencia de estudio)*
Kazuo Kawano, *PhD, Fitomejorador*
Dietrich Leihner, *DAgr, Agrónomo*

* Se retiró en 1978

J. Carlos Lozano, *PhD, Fitopatólogo*
John K. Lynam, *PhD, Economista Agrícola*
Romeo R. Obordo, *PhD, Coordinador Regional en Asia (con sede en SEARCA, Los Baños, Filipinas)*
Julio César Toro, *PhD, Agrónomo*

Científico Visitante
Yoshiki Umemura, *PhD, Fitopatólogo*

Científico Posdoctoral
Clair Hershey, *PhD, Fitomejoramiento*

Especialista Visitante
Jesús Antonio Reyes, *MS, Entomología*

Investigadores Asociados
*Jairo Castaño, *MS, Fitopatología*
Rafael Orlando Díaz, *MS, Economía Agrícola*
**Carlos Domínguez, *MS, Adiestramiento*
Octavio Vargas, *MS, Entomología*

Investigadores Asociados Visitantes
David Byrne, *MS, Entomología*
Fritz Elango, *MS, Fitopatología*
Rafael Laberry, *MS, Fitopatología*
Bernhard Lohr, *MS, Entomología*
Peter Jan Strobosch, *MS, Sociología Rural*
Hendrick Jan Veltkamp, *MS, Fisiología*

Investigadores Asistentes
*Nancy Acosta, *Ing. Agr., Agronomía*
Bernardo Arias, *Ing. Agr., Entomología*
Eitel Adolfo Buckhardt, *Biólogo, Edafología*
Fernando Calle Calle, *Ing. Agr., Edafología (asignado en Carimagua, Colombia)*
Ernesto Celis, *Ing. Agr., Agronomía*
Julio Eduardo Holguín, *Ing. Agr., Agronomía*
Gustavo Jaramillo, *Ing. Agr., Agronomía*
Javier López, *Ing. Agr., Prácticas Culturales*
*Carlos Medina, *Ing. Agr., Edafología*
Sara Mejía, *Ing. Agr., Fisiología*
Germán E. Parra, *Ing. Agr., Fisiología*
Edgar Salazar, *Ing. Agr., Edafología (asignado en Carimagua, Colombia)*
Ana Milena Varela, *Bióloga, Entomología*
*Uldarico Varón, *Ing. Agr., Economía Agrícola*
Ana Cecilia Velasco, *Tec. Med., Fitopatología*

* Se retiró en 1978
** Pertenece a la Unidad de Adiestramiento y Conferencias

Programa de de Ganado de Carne

Científicos Principales
Pedro A. Sánchez, *PhD, Edafólogo (Coordinador)*
Eduardo R. Aycardi, *PhD, Especialista en Salud Animal*
Walter Couto, *PhD, Edafólogo, Desarrollo de Praderas (con sede en Brasilia, Brasil)*
William E. Fenster, *PhD, Especialista en Fertilidad de Suelos (Proyecto Fósforo del IFDC)*
John E. Ferguson, *PhD, Agrónomo, Producción de Semillas*
Bela Grof, *PhD, Agrónomo en Leguminosas (asignado en Carimagua, Colombia)*
Jake Halliday, *PhD, Microbiólogo en Suelos*
C. Allan Jones, *PhD, Agrónomo en Gramíneas*
Ingo Kleinheisterkamp, *DAgr, Zootecnista, Manejo Animal*
Luis Alfredo León, *PhD, Químico de Suelos (Proyecto Fósforo del IFDC)*
C. Patrick Moore, *PhD, Zootecnista (con sede en Brasilia, Brasil)*
Gustavo A. Nores, *PhD, Economista Agrícola*
Osvaldo Paladines, *PhD, Zootecnista/Nutricionista*
José G. Salinas, *PhD, Nutricionista en Suelos*
*Kenneth D. Sayre, *PhD, Fitomejorador*
Rainer Schultze-Kraft, *DAgr, Agrónomo en Leguminosas*
James M. Spain, *PhD, Edafólogo, Desarrollo de Praderas (asignado en Carimagua, Colombia)*
Luis E. Tergas, *PhD, Agrónomo, Adiestramiento y Pruebas Regionales*
Derrick Thomas, *PhD, Agrónomo en Pastos (con sede en Brasilia, Brasil)*

Científicos Visitantes
Thomas T. Cochrane, *PhD, Especialista en Evaluación de Recursos de Tierras*
E. Mark Hutton, *DAgrSc, Fitomejorador*
Nobuyoshi Maeno, *DAgr, Agrónomo en Leguminosas*

Científicos Posdoctorales
Mario Calderón, *PhD, Entomología*
Jillian M. Lenné, *PhD, Fitopatología*
Eugenia de Rubinstein, *PhD, Economía Agrícola*

Especialistas Visitantes
Rolf Minhorst, *MS, Manejo Animal (asignado en Brasilia, Brasil)*
Peter Kammer, *MS, Manejo Animal (asignado en Maturín, Venezuela)*

Investigadores Asociados

Edgar Burbano, *MS, Producción de Semilla*
Carlos Castilla, *MS, Desarrollo de Praderas*
Rubén Darío Estrada, *MS, Economía Agrícola*
**Clemencia Gómez, *MS, Adiestramiento/ Pruebas Regionales*
*Víctor H. Guzmán, *MS, Salud Animal*
Libardo Rivas, *MS, Economía Agrícola*
Fabio Nelson Zuluaga, *MS, Salud Animal*

Investigadores Asociados Visitantes

Fabio Calvo, *Ing. Agr., Desarrollo de Praderas*
Guido Delgadillo, *MS, Suelos/ Nutrición Vegetal*
Jorge Luis Díaz, *MS, Utilización de Pastos*
William F. Gómez, *DMV, Utilización de Pastos*
Hendrik Jansen, *MS, Agronomía de Leguminosas*
*Herbert Jenrich, *MS, Utilización de Pastos*
Joel Levine, *MS, Economía Agrícola*
*Javier Marín, *BS, Proyecto Fósforo*
Frank Müller, *MS, Agronomía de Leguminosas (asignado en Carimagua, Colombia)*
Luis Fernando Sánchez, *MS, Evaluación de Recursos de Tierras*

Investigadores Asistentes

Amparo V. de Alvarez, *Ing. Agr., Fitopatología*
*Miguel A. Ayarza, *Ing. Agr., Edafología*
Daniel Javier Belalcázar, *Ing. Agr., Introducción de Plantas*
Francisco Bonilla, *Ing. Agr., Producción de Semillas*
Raul Botero, *DMV. Manejo Animal (asignado en Carimagua, Colombia)*
Arnulfo Carabaly, *Ing. Agr., Agronomía de Gramíneas*
Manuel Coronado, *Ing. Agr., Mejoramiento de Leguminosas*
José Misael Cortés, *DMV, Salud Animal*
Patricia Chacón, *Bióloga, Entomología*
Luis A. Duque, *Ing. Agr., Proyecto Fósforo*
Martha Lucía Escandón, *Ing. Agr., Mejoramiento de Leguminosas*
*Jaime Escobar, *Zootecnista, Utilización de Pastos (asignado en Carimagua, Colombia)*
Luis E. Forero, *Biólogo, Introducción de Plantas*
Luis H. Franco, *Ing. Agr., Desarrollo de Praderas (asignado en Carimagua, Colombia)*
Duván García, *Ing. Agri., Producción de Semillas*
Hernán Giraldo, *Ing. Agr., Agronomía de Leguminosas*
Ramón Gualdrón, *Ing. Agr., Edafología (asignado en Carimagua, Colombia)*
Fabio Gutiérrez, *Ing. Agr., Microbiología de Suelos*
Uriel Gutiérrez, *Economía Agrícola*
**Silvio Guzmán, *DMV, Adiestramiento/ Pruebas Regionales*
Phanor Hoyos, *Zootecnista, Manejo de Praderas (asignado en Carimagua, Colombia)*
*Jorge Leal, *Zootecnista, Manejo de Praderas*
*Orlando Lozano, *DMV, Manejo Animal*
Henry Llanos, *Ing. Agr., Química de Suelos*
Carlos Humberto Molano, *Ing. Agr., Agronomía de Pastos (asignado en Carimagua, Colombia)*
Rodrigo F. Mutis, *Zootecnista, Manejo Animal (asignado en Carimagua, Colombia)*
*Martha Stella Peña, *Química, Manejo de Praderas*
Bernardo Rivera, *DMV, Salud Animal (asignado en Carimagua, Colombia)*
Manuel Sánchez, *Ing. Agr., Agronomía de Leguminosas (asignado en Carimagua, Colombia)*
Roberto Sánchez, *Ing. Agr., Suelos/ Nutrición Vegetal*
José Ignacio Sanz, *Ing. Agr., Adiestramiento/ Pruebas Regionales*
Luis Miguel Uribe, *Zootecnista, Utilización de Pastos*
Gustavo Adolfo Urrea, *Ing. Agr., Adiestramiento/ Pruebas Regionales*
Bernardo Velosa, *Ing. Agr., Mejoramiento de Leguminosas*
Fernán Alberto Varela, *Ing. Agr., Entomología (asignado en Carimagua, Colombia)*

Programa de Fríjol

Científicos Principales

Aart van Schoonhoven, *PhD, Entomólogo (Coordinador)*
Jeremy Davis, *PhD, Agrónomo, Fitomejorador*
Guillermo G. Gálvez, *PhD, Coordinador Regional para América Central (asignado en San José, Costa Rica)*
Peter H. Graham, *PhD, Microbiólogo*
Douglas R. Laing, *PhD, Fisiólogo*
Silvio H. Orozco, *PhD, Fitomejorador (ligado al ICTA, Guatemala)*
John H. Sanders, *PhD, Economista Agrícola*
Howard F. Schwartz, *PhD, Fitopatólogo*
Shree P. Singh, *PhD, Fitomejorador*
Steven Ray Temple, *PhD, Fitomejorador*
Michael D.T. Thung, *PhD, Agrónomo*
Oswaldo Voysest, *PhD, Agrónomo*
Kazuhiro Yoshii, *PhD, Fitopatólogo (ligado al ICTA, Guatemala)*

* Se retiró en 1978
** Pertenece a la Unidad de Adiestramiento y Conferencias

Científicos Visitantes
*Richard M. Riedel, *PhD, Nematólogo*
*Oghenetsevbuko Todo Edje, *PhD, Fisiólogo en Semillas*

Científicos Posdoctorales
César Cardona, *PhD, Entomología*
Francisco J. Morales, *PhD, Virología*
Richard Swindell, *PhD, Fitomejoramiento*

Investigadores Asociados
Camilo Alvarez P., *MS, Economía Agrícola*
**Carlos Flor, *MS, Adiestramiento*
José Ariel Gutiérrez, *MS, Fitomejoramiento*
Luis Gonzaga Vergara, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*

Investigadores Asociados Visitantes
Gustavo Arcia, *MS, Economía Agrícola*
Stephen Beebe, *PhD, Producción de Frijol*
Anne Clark, *MS, Fisiología*
Nicholas Galwey, *MS, Agronomía*
Susana García, *MS, Fitomejoramiento*
Jeffrey Wescott White, *MS, Fisiología*

Investigadores Asistentes
Alfredo Acosta, *Ing. Agr., Entomología*
*Carlos Bohórquez, *Ing. Agr., Agronomía*
*Ricardo Campos, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*
Mauricio Castaño, *Ing. Agr., Fitopatología*
Fernando Correa, *Ing. Agr., Fitopatología*
Aurora Duque Maya, *Ing. Agr., Microbiología de Suelos*
Jaime García, *Ing. Agr., Entomología*
Jorge García, *Ing. Agr., Entomología*
Ranulfo González, *Biólogo, Entomología*
*Pablo Guzmán, *Ing. Agr., Fitopatología*
Norha R. de Londoño, *Ing. Agr., Economía Agrícola*
Nelson Martínez, *Ing. Agr., Agronomía*
Carlos S. Medina, *Ing. Agr., Agronomía*
William Mondragón, *Ing. Agr., Fitopatología*
*Martín Prager, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*
Luz H. Ramírez, *Ing. Agr., Entomología*
José Restrepo, *Ing. Agr., Fisiología*
*Rosmira Rivera, *Ing. Agr., Fitopatología*
*Juan Carlos Rosas, *Ing. Agr., Microbiología de Suelos*
*Luz Dary Ruíz, *Ing. Agr., Microbiología de Suelos*
Fernando Takegami, *Ing. Agr., Agronomía*
Gerardo Tejada, *Ing. Agr., Agronomía*
Silvio Vitery, *Ing. Agr., Microbiología de Suelos*
*Diego Zorrilla, *Ing. Agr., Agronomía*
Silvio Zuluaga, *Ing. Agr., Fisiología*

* Se retiró en 1978
** Pertenece a la Unidad de Adiestramiento y Conferencias

Unidad de Arroz

Científicos Principales
Joaquín González, *MS, Agrónomo (Coordinador)*
Peter R. Jennings, *PhD, Coordinador Regional para América Central (asignado en San José, Costa Rica)*
Manuel J. Rosero, *PhD, Científico de enlace con el IRRI*
Hector Weeraratne, *PhD, Fitomejorador*

Investigadores Asociados Visitantes
*Annette Bernd, *MS, Fitomejoramiento*
Diego Roldán, *MS, Economía Agrícola*

Investigadores Asistentes
Gustavo Benavides, *Ing. Agr., Pruebas Internacionales*
*Marino Caicedo, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*
Luis García, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*
Camilo Jaramillo, *Ing. Agr., Pruebas Internacionales*
Luis Octavio Molina, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*
Carlos Otero, *Ing. Agr., Agronomía*

Unidad de Porcinos

Científicos Principales
Guillermo Gómez, *PhD, Bioquímico/Nutricionista*
Julián Buitrago, *PhD, Nutricionista*

Investigador Asociado
Jorge Santos, *MS*

Investigadores Asistentes
Luis Enrique Beltrán, *DMV*
*Elkin Taborda, *Zootecnista*
Mauricio Valdivieso, *Zootecnista*

Unidades Asociadas de Investigación

Unidad de Recursos Genéticos

Científicos Principales
Robert A. Luse, *PhD, Bioquímico (Coordinador)*
Leonard S. P. Song, *PhD, Especialista en Germoplasma*
William M. Roca, *PhD, Fisiólogo*

Investigador Asociado
Rigoberto Hidalgo, *MS, Germoplasma*

Investigadores Asociados Visitantes
Daniel Debouck, *Ing. Agr., Taxonomía*
Paul Gepts, *Ing. Agr., Fitopatología*

Investigadores Asistentes
James García, *Ing. Agr., Germoplasma*
Hember Rubiano, *Ing. Agr., Germoplasma*
*José Tinoco, *Ing. Agr., Germoplasma*

Unidad de Estudios Especiales

Científico Principal
Kenneth O. Rachie, *PhD, Director General Asociado, Investigación (Coordinador)*

Científico Posdoctoral
Bodo Hegewald, *PhD, Producción Vegetal*

Investigador Asociado Visitante
Judith M. Lyman, *MS, Horticultura*

Investigador Asistente
Guillermo Giraldo, *Ing. Agr.*

Grupos de Apoyo a la Investigación

Unidad de Servicios de Datos

Científicos Principales
*David Franklin, *MS, Ingeniero de Sistemas/ Biometrista (en licencia de estudio)*
Gastón Mendoza, *PhD, (Coordinador interino)*

Servicios de Computadora

Investigador Asociado
Jorge A. Porras, *BS*

Investigadores Asistentes
Adolfo Gordillo, *Ing. Elec.*
Gerardo I. Hurtado, *Ing. Agr.*

Servicios de Estadística

Investigador Asociado
María Cristina Amézquita de Quiñones, *Dipl. Est. Mat.*

Investigador Asociado Visitante
*Cristoph Plessow, *MS, Biometría*

Investigadores Asistentes
Juan Ospina, *Ing. Agr.*
Jaime E. Muñoz, *Ing. Agr.*

* Se retiró en 1978.

Operaciones de la Estación Experimental

Científico Principal
Alfonso Díaz-Durán, *MS, PE, Superintendente de la Granja Experimental*

Investigadores Asistentes
Xavier Carbonell, *Ing. Agríc.*
Ricardo Cruz, *Ing. Agríc.*
Ramiro Narváez, *Ing. Agríc. (en la subsede CIAT-Quilichao)*

Climatología

Investigador Asistente
Delmar Peña, *Meteorología*

Servicios de Laboratorio

Investigador Asistente
Charles McBrown, *BS*

Cooperación Internacional

Adiestramiento y Conferencias

Científico Principal
Fernando Fernández, *PhD, Edafólofo (Coordinador)*

Adiestramiento

Asociados
Carlos Domínguez, *MS, Yuca*
Carlos Flor, *MS, Frijol*
Clemencia Gómez, *MS, Ganado de Carne*
Marceliano López, *MS (asignado a CENTA, El Salvador)*
Eugenio Tascón, *Ing. Agr. (asignado a INIAP, Ecuador)*
Cornelio Trujillo, *MS, Porcinos*
Gustavo Villegas, *MS, Arroz*

Asistentes
Silvio Guzmán, *DMV, Ganado de Carne*
Carlos Suárez, *BS, Orientación de Becarios*

Conferencias

Personal Administrativo
David Evans, *Administrador de Conferencias*

Unidad de Servicios de Documentación

Científico Principal
Fernando Monge, *PhD, Científico en Ciencias de la Comunicación (Coordinador)*

Especialista Visitante
Trudy Brekelbaum *MA, Editora*

Asociado
Hernán Poveda, *BA*

Asistentes
Stella Gómez, *BA*
Marilú O. de Hensel, *BA, Documentalista*
Sonia Laverde, *BA, Jefe, Servicios al Público*
Jorge López S., *Documentalista*
Piedad Montaño, *Jefe, Adquisiciones*
Julia Emma de Rodríguez, *Ing. Agr., Documentalista*
Himilce Serna, *BA, Jefe, Servicios Técnicos*

Unidad de Servicios de Comunicación

Científico Principal
Fritz Kramer, *PhD. Científico en Ciencias de la Comunicación (Coordinador)*

Producción de Mensajes

Elaboración de Textos Originales

Científico Principal
Mario Gutiérrez J., *Ing. Agr., Editor*

Publicaciones Periódicas

Científico Principal
Charles E. Bower, *BSJ, Editor*

Asociado
Francisco Motta, *MS, Editoriales*

Asistentes
Alejandro Jiménez, *Ing. Agr., Editoriales*
Dorothy Muller, *BA, Editoriales*

Unidades Audiotutoriales

Investigador Asociado
Alfredo Caldas, *MS*

Asociados
María Lucía de Posada, *MS*
Gabriel Robayo, *MA*

Asistentes
*Antonio Acosta, *Zootecnista*
Oscar Arregocés, *Ing. Agr.*
Luis Fernando Ceballos, *Ing. Agr.*
Cilia Fuentes, *Ing. Agr.*
Héctor Fabio Ospina, *Ing. Agr.*

Producción de Artes Gráficas

Personal Administrativo
Walter Correa, *PhD, Jefe, Artes Gráficas*

Asociado
Manfred Hirsh, *Fotografía*

Asistentes
Didier González, *Diseño Gráfico*
Carlos Rojas, *Diseño Gráfico*
Fanny Rodríguez, *Diseño Gráfico*
Carlos Vargas, *Diseño Gráfico*

Oficina de Información Pública

Asociado
Fernando Mora, *BA, AHA, Jefe*

Asistentes
José Fernández de Soto, *Ing. Agric.*
Jorge Enrique Paz, *Ing. Agr.*

Unidad de Semillas

Científico Principal
Johnson Douglas, *MS, Especialista en Semillas (Coordinador)*

---

* Se retiró en 1978

Unidad Regional de Maíz Andino CIMMYT/CIAT

Científicos Principales
Gonzalo Granados, *PhD. Entomólogo*
James Barnett, *PhD, Fitomejorador*

Investigador Asistente
Edgar Castro, *Ing. Agr.*

Programas Internacionales

Guatemala (Fundación Rockefeller)

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Científicos Principales
Robert K. Waugh, *PhD. Director Asociado*
Roland E. Harwood, *BS, Coordinador de Operaciones de la Estación Experimental*

Prefacio

En 1978, el CIAT completó un año de progreso sólido, tanto en la generación de tecnología como en la transferencia institucional de la misma. Después de varios años de revisiones externas e internas, de modificaciones de los programas y de cambios en el personal, 1978 fue un año de estabilidad, durante el cual las investigaciones interdisciplinarias se cimentaron firmemente en objetivos bien definidos y en estrategias rigurosamente enfocadas hacia la resolución de problemas específicos.

Los resultados que ahora comienzan a emerger de nuestros programas han creado una atmósfera de expectativa en los sectores agrícolas de los países tropicales. Muchos de estos resultados de la investigación se relacionan con problemas básicos de la producción de alimentos y de la utilización de recursos; tienden a proporcionar soluciones amplias a tales problemas. Además tenemos razones para creer que esos resultados son válidos y adaptables a todos los niveles económicos de producción y, generalmente, a extensas áreas geográficas. Por tal razón, nuestro estusiasmo *es* justificado si nos ponemos a pensar en lo que estos resultados pueden significar en términos de un mayor bienestar humano, cuando sean aplicados por los agricultores en las áreas en las cuales actúa el CIAT.

Aunque somos optimistas y nos sentimos emocionados por nuestros logros en la generación de nueva tecnología, somos conscientes de que existe una brecha entre el desarrollo de esa tecnología y su aplicación por parte de un amplio sector de agricultores, con lo cual se lograría aumentar la productividad de alimentos. En años anteriores dedicamos grandes esfuerzos al fortalecimiento de los programas nacionales y al incremento de su capacidad para adaptar y utilizar la nueva tecnología, bajo las condiciones locales. Nos hemos movido activamente en esa dirección, ubicando personal de nuestros programas con sede fuera del CIAT a fin de que preste servicios a nivel nacional y regional; también, se ha aumentado el número de participantes en nuestros programas de adiestramiento. No sólo esperamos que estas estrategias sirvan como un mecanismo más eficiente de transferencia de tecnología, sino que también nos proporcione una fuente importante de retroinformación, para asegurarnos así de que la tecnología desarrollada en el CIAT sea aplicable ampliamente y tan útil como sea posible, bajo las condiciones reales de los agricultores, en nuestra áreas de interés profesional.

Los programas de investigación del CIAT están aumentando sus esfuerzos para asegurar que la tecnología en desarrollo sea apropiada para diversas

condiciones climatológicas, edáficas y socioeconómicas en los países a los cuales servimos. Los programas están haciendo el mayor esfuerzo posible para ayudar a diseminar la nueva tecnología en una forma que alcance un alto nivel de efectividad. En consecuencia, los lectores de este informe anual notarán que en las actividades de este año se mencionan frecuentemente ciertos temas que son comunes a todos nuestos programas. Entre tales temas, algunos de los más importantes son: la filosofía del uso mínimo de insumos y la ampliación e intensificación de actividades colaborativas a nivel regional para probar/ validar tecnología a nivel de finca.

La filosofía del uso mínimo de insumos se relaciona directamente con nuestra Declaración de Objetivos, la cual identifica a los productores y consumidores de recursos limitados como los mayores beneficiarios de nuestra tecnología. Si se han de beneficiar los consumidores es importante que los aumentos en la producción se logren mediante costos unitarios más bajos. Los costos unitarios más bajos se pueden obtener por medio de tecnología cuya base sea biológica, la cual, generalmente, se puede aplicar en cualquier escala de producción. Para asegurar que los productores de recursos limitados tengan acceso a los beneficios de la tecnología, ésta no debe depender de grandes cantidades de insumos que se tengan que adquirir en el mercado. Es probable que sea esencial una mayor utilización de fertilizantes para satisfacer la creciente demanda de alimentos en las áreas bajas tropicales. Sin embargo la superación de factores que son limitantes de la producción de alimentos calóricos, no dependientes de los cereales, es otra meta que se debe alcanzar. Estos factores limitantes pueden ser las enfermedades, los insectos y las condiciones edáficas adversas. Hemos logrado avances significativos en la solución de problemas de producción a través de una mayor potencialidad genética de las plantas; sin embargo, no hemos buscado solamente soluciones parciales a los problemas sino que hemos procurado encontrar enfoques integrales que proporcionen mejores conocimientos sobre las complejas relaciones insectos-enfermedades-ambiente. Tenemos razones para ceer que existen diferencias genéticas que se pueden explotar para la utilización eficiente de elementos importantes, tales como el fósforo y el potasio. Dos de nuestros programas incluyen plantas leguminosas; un aumento en la eficiencia en la fijación biológica nitrogenados y hemos hecho avances importantes en la obtención de esta eficiencia. Todos estos esfuerzos y resultados contribuirán a disminuir la dependencia de los pesticidas y de los fertilizantes relativamente costosos —y con frecuencia escasos— y aún así proporcionar rendimientos óptimos con pocos riesgos.

Los informes que estamos presentando en este año también dejan entrever un gran salto hacia adelante en cuanto a la cantidad y calidad de la evaluación colaborativa de la tecnología del CIAT en redes regionales e internacionales, utilizando procedimientos elaborados por acuerdos mutuos, en varias reuniones de discusión. El apoyo y el asesoramiento continuado son proporcionados por el

personal que tiene su base en el CIAT pero que viaja extensivamente como parte de sus actividades de investigación y por el personal de los programas con sede fuera del CIAT.

Los programas del CIAT también están intensificando su colaboración con los programas nacionales en el establecimiento de pruebas a nivel de finca, para la validación de la tecnología. Este nivel de la evaluación de la tecnología es un componente esencial de nuestra estrategia de generación de tecnología; adicionalmente, es un punto de partida lógica en el proceso de transferencia de tecnología. Uno de los problemas importantes es la gran diferencia que existe entre los rendimientos que se obtienen en las estaciones experimentales y los que se obtienen en los campos de los agricultores. Debemos determinar si, para aplicar una tecnología determinada, podemos reducir o eliminar esa diferencia evaluando esa tecnología bajo las condiciones reales de esos agricultores y si ellos adoptarían la nueva tecnología; sólo en la medida en que tengamos respuestas positivas a ambos interrogantes, podremos estar seguros de que hemos producido tecnología mejorada. Puesto que esta etapa de la generación de tecnología es tan crítica, hemos procurado este año participar más activamente en ella; esperamos continuar expandiendo nuestras capacidades con base en el estudio de esta etapa y continuaremos aprendiendo de ella.

Los resultados y avances presentados en este informe son muy alentadores. Sin embargo, este es solo el comienzo. La mayoría de nuestros programas sólo tienen cinco a ocho años de haber iniciado sus labores; sin embargo, ya tienen el suficiente tiempo para esperar que de ellos estén comenzando a emerger rápidamente resultados alentadores. Estos resultados ya están pasando a manos de los programas nacionales, muchos de los cuales son manejados, en diversos niveles, por profesionales que han completado alguna etapa de su adiestramiento en los propios programas de adiestramiento del CIAT. Hasta el momento, el Centro y sus programas no han alcanzado la suficiente madurez como para que buena parte de los resultados de los esfuerzos pasados del CIAT estén ya siendo aplicados por los agricultores.

Sin embargo, el Centro está ahora comenzando a mostrar su madurez, una madurez que ha de ser medida por la cantidad y en última instancia por el grado en el cual las nuevas tecnologías serán incluídas en los esfuerzos investigativos de adaptación/validación por los programas nacionales con los cuales tenemos nexos; finalmente, esa madurez se manifestará por el grado en que esas nuevas tecnologías sean adoptadas por los agricultores. Tenemos absoluta confianza en que, para los años venideros, podremos informar sobre progresos importantes alcanzados en esta fase esencial del proceso del mejoramiento integral de la producción agrícola.

John L. Nickel
Director General

CIAT

Programa de Yuca

1978

Programa de Yuca

El Programa de Yuca tiene tres objetivos básicos: 1) desarrollar una tecnología sencilla para aumentar la producción en áreas en donde actualmente se cultiva yuca; 2) desarrollar una tecnología para producir yuca en suelos ácidos e infértiles; y 3) dar asistencia a las instituciones nacionales en sus esfuerzos para adaptar esta tecnología a las condiciones locales y así, aumentar la producción de yuca.

El primero de estos objetivos se está logrando rápidamente. Es así como en la costa norte de Colombia, una zona representativa de una gran proporción de las áreas yuqueras del mundo, el paquete tecnológico desarrollado por el CIAT ha sido probado por los agricultores. El uso de un paquete tecnológico constituido por variedades mejoradas, la selección y tratamiento de las estacas, una óptima población de plantas y un buen control de malezas, triplicó los rendimientos. Es importante anotar que tal logro se alcanzó sin el uso de insumos adquiridos en el mercado, con excepción del tratamiento de las estacas, el cual tiene un costo muy bajo (US$3/ha). A pesar de que los rendimientos aumentaron en forma espectacular, se presentaron algunos problemas de mercadeo a causa del bajo contenido del almidón de las líneas seleccionadas por el CIAT. Esta situación condujo a que los esfuerzos investigativos del Programa se concentraran en métodos para aumentar el contenido de almidón, principalmente mediante la selección de líneas con mayores contenidos de esta sustancia.

La tecnología aplicable a los suelos ácidos e infértiles aún no está tan avanzada a causa de los serios problemas que se han presentado con enfermedades en estas áreas. La investigación en este campo ha aumentado; en parcelas experimentales se ha logrado obtener rendimientos consistentes de más de 30 ton/ha. Sin embargo, aún falta resolver problemas, particularmente los relacionados con la producción de grandes cantidades de material de siembra de alta calidad y la disponibilidad de materiales con mayor resistencia a las enfermedades.

La medida del éxito en lo que respecta a la transferencia de tecnología es siempre difícil de definir; sin embargo, se han logrado progresos. Las semillas producidas por el CIAT se han sembrado en varios países y las líneas seleccionadas se están cultivando actualmente en ensayos avanzados de rendimiento. Se han establecido pruebas internacionales de rendimiento en más de 10 países y en Asia se ha multiplicado material a fin de iniciar

ensayos en el Sureste Asiático a principios del próximo año.

El contacto permanente que se ha mantenido con los muchos becarios que han recibido adiestramiento en el CIAT indica que, entre las instituciones nacionales, hay un interés creciente en el cultivo de la yuca y que, como consecuencia de la colaboración con el CIAT y de la diseminación de tecnología desarrollada por este Centro, el logro de una mayor producción de yuca, en algunos países, será pronto una realidad.

FISIOLOGIA

La Sección de Fisiología continuó la evaluación de caracteres asociados con el alto potencial de rendimiento de la yuca. En 1978, los esfuerzos se concentraron en la determinación de las características de la ramificación de diferentes clones, en la forma cómo las diferentes condiciones de crecimiento afectan los hábitos de ramificación y en la obtención de una base más firme para recomendar la longevidad foliar para obtener rendimientos más altos.

Los estudios de fisiología hechos en años anteriores se orientaron hacia la determinación del tipo ideal de planta de yuca para condiciones casi ideales, incluyendo la producción en monocultivo. Sin embargo, gran parte de la producción mundial de yuca se obtiene en suelos pobres, con poca fertilización y en sistemas de cultivos múltiples. Se intensificó la investigación para observar la respuesta de la yuca a diferentes niveles de fertilidad y para definir el tipo de planta requerido para la siembra en sistemas de cultivos múltiples.

Patrón de Ramificación de la Yuca

La forma predominante de ramificación de la yuca se presenta cuando el ápice principal produce una inflorescencia. Aparentemente, cuando ocurre este fenómeno, se rompe la dominancia apical y los 2-6 ápices axilares colocados inmediatamente debajo del ápice principal se desarrollan en ramas que tienen un tamaño muy semejante (Figura 1). El número más común de ramas, en cada punto de ramificación, es 2 ó 3 pero algunos clones producen 4.

Figura 1. Planta madura de yuca que presenta un patrón típico de ramificación.

Se ha demostrado que el cambio en el hábito de ramificación puede afectar los rendimientos en forma marcada y que existen óptimos patrones de ramificación para obtener rendimientos altos (Informes Anuales del CIAT, 1975, 1976 y 1977). En consecuencia, es importante determinar la variabilidad genética en el hábito de ramificación y la forma en la que las condiciones ecológicas afectan el hábito de ramificación de la yuca. El tiempo de formación de la primera rama, bajo las condiciones del CIAT en Palmira, dependió de la variedad (Figura 2). La variedad M Col 72 no ramificó en el ensayo de un año de duración, en tanto que M Mex 59 ramificó primero aproximadamente a los 60 días después de la siembra. El intervalo

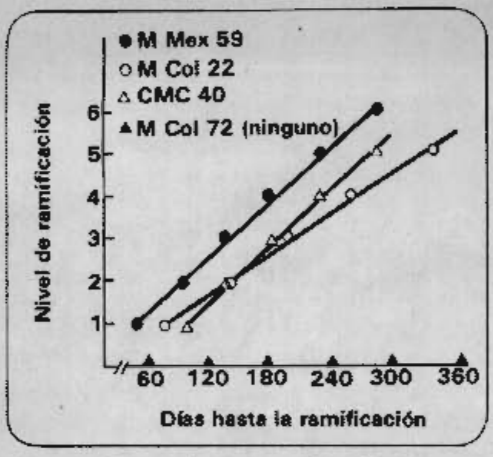


Figura 2. Tiempo hasta la ramificación de cuatro variedades de yuca, en el CIAT.

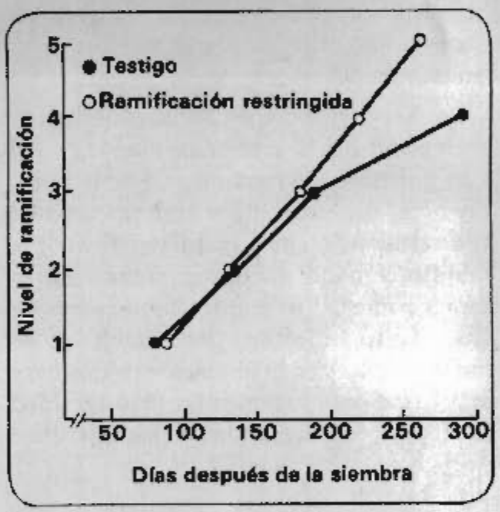


Figura 3. Efectos de la restricción del número de ramas, en cada punto de ramificación, sobre el tiempo requerido para la ramificación en la variedad M Col 113.

de tiempo entre la formación de ramas fue constante para una determinada variedad, pero varió entre variedades (Figura 2). Este intervalo de tiempo constante entre los puntos de ramificación es importante para determinar el tipo ideal de planta; por ejemplo, con base en estos datos, sería imposible obtener una variedad que ramificara solamente a las 20 y 30 semanas y luego se detuviera. En estudios posteriores con un modelo de simulación computadorizado y empleando un intervalo de ramificación constante, se determinó que se pueden obtener óptimos niveles de rendimiento con tipos que ramifiquen a las 30 semanas o a las 30 y 45 semanas.

La variedad M Col 113 tiende a producir cuatro ramas en cada punto de ramificación. El intervalo de tiempo entre los puntos de ramificación tendió a aumentar en los niveles de ramas más altos. Cuando el número de ramas en cada punto de ramificación se limitó a uno, se mantuvo el intervalo de tiempo constante (Figura 3). Este resultado indica que, cuando la ramificación es profusa, hay algún tipo de mecanismo interno de competencia que retarda la ramificación en los niveles más altos.

Bajo condiciones de temperaturas más bajas, la ramificación en M Col 22 se retardó y el intervalo de tiempo entre la producción de ramas aumentó (Figura 4). Por lo tanto, en lo que respecta al hábito de

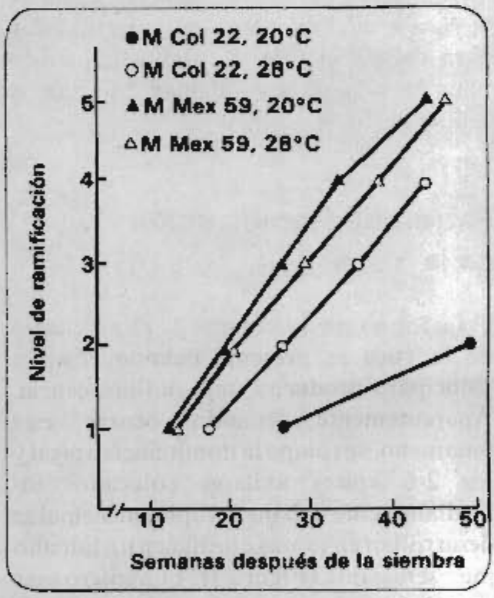


Figura 4. Efectos de la temperatura media del aire sobre el tiempo requerido para la ramificación, en dos cultivares de yuca.

ramificación, es posible seleccionar variedades que sean insensibles a un amplio rango de temperatura.

En CIAT-Quilichao se sembraron tres variedades con niveles de fertilidad bajos, medios y altos. El nivel de fertilidad afectó muy poco el tiempo hasta la primera ramificación y el intervalo de tiempo entre la producción de ramas. Sin embargo, a niveles de fertilidad bajos, las plantas produjeron un menor número de ramas por punto de ramificación y el porcentaje de plantas que ramificaron en los puntos más altos se redujo marcadamente o en algunos casos, no se formaron ramas en los estratos altos. El efecto neto de la fertilidad sobre el número de ápices activos por planta fue diferente para cada variedad (Figura 5). La variedad M Col 22 no respondió al cambio en los niveles de fertilidad, en tanto que CMC 40 respondió ligeramente. Sin embargo, con M Mex 59 el número final de ápices activos por planta fue cuatro veces mayor a niveles altos de fertilidad en comparación con los niveles bajos.

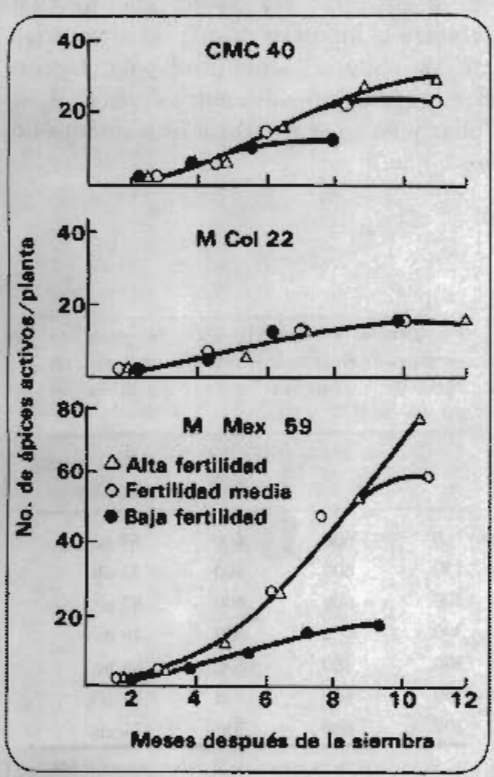


Figura 5. Efectos de tres niveles de fertilidad sobre el número de ápices activos por planta, en tres variedades de yuca.

Vida Foliar

El año pasado se indicó que una vida foliar larga era ventajosa para la obtención de altos rendimientos y se presentaron resultados acerca de los efectos del cambio en la vida foliar sobre el rendimiento, hasta los 9 meses después de la siembra (Informe Anual del CIAT, 1977). Los datos de cosecha de un año indican que el rendimiento aumenta con la vida foliar hasta los 90-100 días (Figura 6). También indican que, al aumentar la vida foliar de 50 a 100 días, se pueden esperar aumentos en el rendimiento de aproximadamente un 25 por ciento. La tasa fotosintética de hojas viejas sólo fue ligeramente inferior que la de hojas más jóvenes, hasta edades foliares de 90-100 días (Figura 7), lo cual sugiere

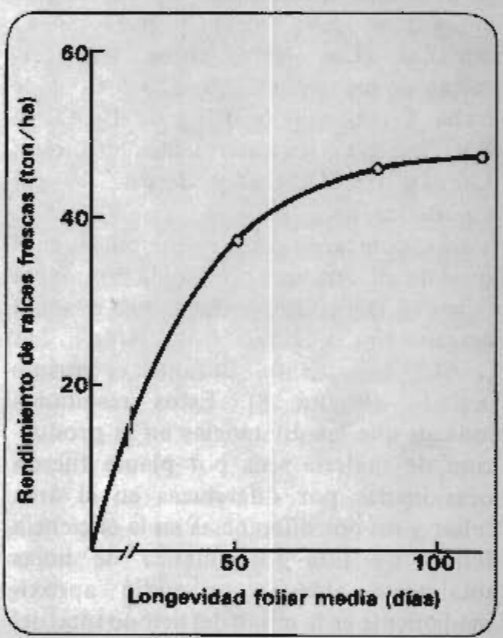


Figura 6. Efectos de la longevidad foliar sobre el rendimiento de la variedad de yuca M Col 72.

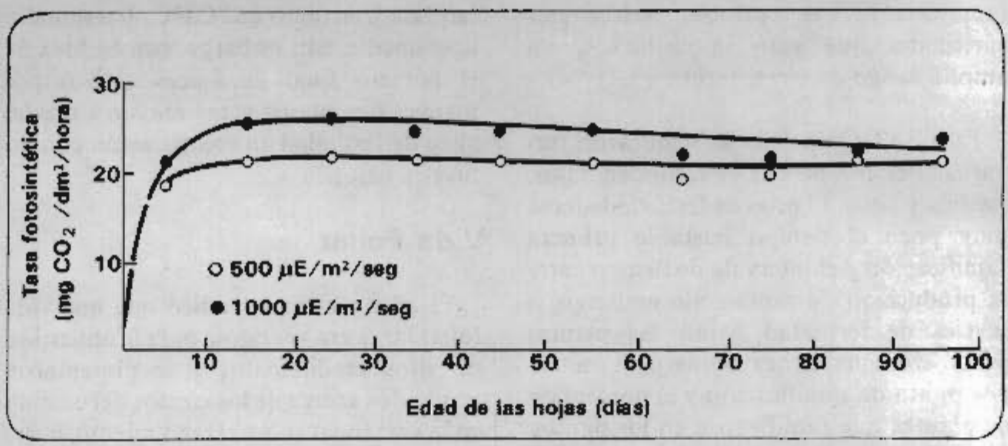


Figura 7. Tasa fotosintética de hojas de yuca de la variedad M Col 72, bajo dos niveles de luz.

que las hojas más viejas continúan haciendo contribuciones muy útiles a la fotosíntensis total de la cubierta foliar del cultivo.

Respuesta a los Fertilizantes

La variedad M Col 22 se cultivó en materos con suelo de Carimagua a niveles de fertilidad altos, medios y bajos. Los ensayos se cosecharon después de 13 semanas. Los tratamientos con fertilizantes incluyeron 300, 150 ó 0 kg de N/ha y 600, 300 ó 0 kg de P_2O_5 y K_2O/ha; todos los tratamientos recibieron 150 kg de $ZnSO_4$ y 2 ton de cal dolomítica/ha.

Se encontraron grandes diferencias en el total de materia seca producida por planta (Cuadro 1) y éstas mostraron una relación cercana con la Duración del Area Foliar (DAF) por planta, durante el mismo período (Figura 8). Estos resultados indican que las diferencias en la producción de materia seca por planta fueron ocasionadas por diferencias en el área foliar y no por diferencias en la eficiencia foliar. La tasa fotosintética de hojas totalmente abiertas se midió aproximadamente en la mitad del tiempo total del experimento(5 semanas). Los bajos niveles de K redujeron muy poco la tasa fotosintética, pero los bajos niveles de N y de P la redujeron en aproximadamente un 20 por ciento (Figura 9). Esta disminución fue baja en comparación con la reducción en la materia seca producida, lo cual refuerza la hipótesis de que las diferencias en la materia seca producida fueron ocasionadas por diferencias en el área foliar y no en la eficiencia fotosintética de las hojas.

Cuadro 1.

Producción de materia seca de yuca, 13 semanas después de la siembra, en materos con suelo de Carimagua fertilizado a diferentes niveles de N, P y K[1].

Fertilizante aplicado (kg/ha)			Materia seca
N	P_2O_5	K_2O	(g/planta)
0	600	600	67 bc[2]
150	600	600	73 ab
300	600	600	82 a
300	0	600	48 d
300	300	600	68 bc
300	600	0	70 abc
300	600	300	74 ab

1 Peso seco de la estaca de siembra, aproximadamente 20 g.
2 Los valores seguidos por las mismas letras no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.

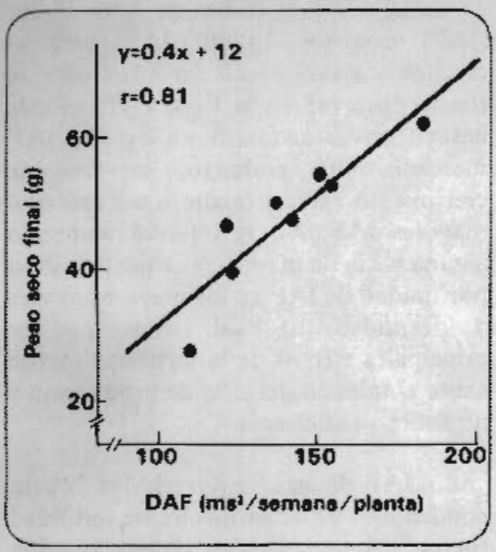


Figura 8. Peso seco de plantas de yuca de la variedad M Col 22, de 13 semanas de edad, cultivadas en materos, con relación a la duración del área foliar (DAF). (La estaca de siembra de 20 cm tuvo un peso inicial de 15 g.)

Las diferencias en el área foliar por planta fueron ocasionadas principalmente por diferencias en el tamaño de las hojas. La tasa de formación de hojas sólo disminuyó ligeramente como consecuencia de los bajos niveles de N, P y K; el K ejerció el efecto más leve sobre la tasa de formación de hojas.

En la estación CIAT-Quilichao se sembraron las variedades M Col 22, CMC 40 y M Mex 59 (no vigorosa, medianamente vigorosa y muy vigorosa, respectivamente) en parcelas con niveles de fertilidad bajos, medios y altos. Las dósis de aplicación de los tres elementos básicos fueron iguales a las indicadas anteriormente en los ensayos en materos. Además, las parcelas recibieron 1.5 y 0.5 ton/ha de cal cálcica y dolomítica, respectivamente, y las estacas se trataron con $ZnSO_4$ antes de la siembra.

En la cosecha final, hecha 12 meses después de la siembra, no se observaron diferencias significativas entre las variedades ni entre las interacciones variedad x tratamiento sobre el rendi-

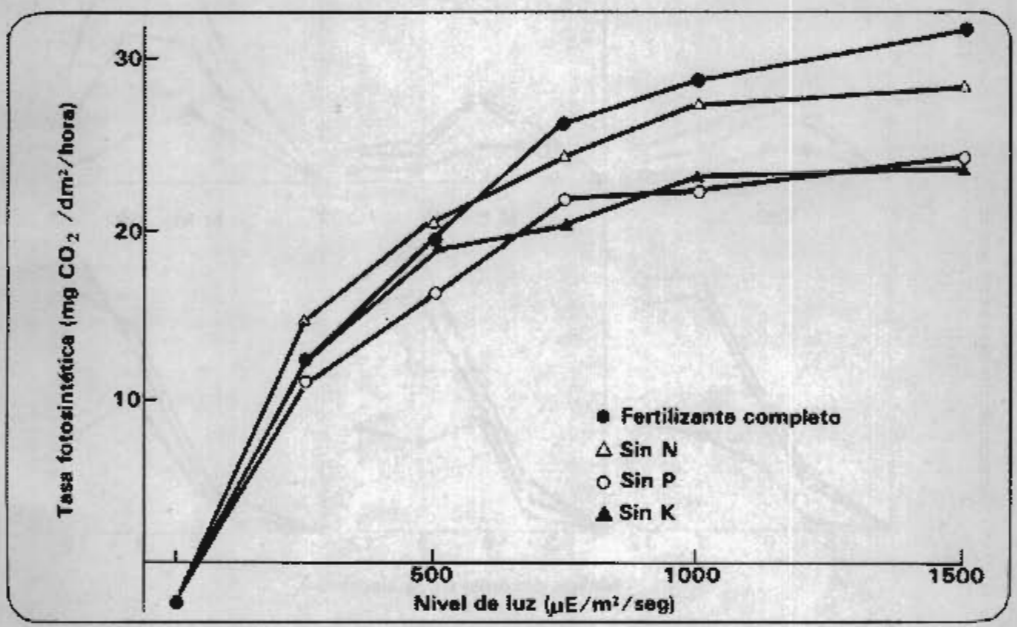


Figura 9. Tasa fotosintética de hojas individuales de la variedad de yuca M Col 22, cultivada bajo diferentes niveles de fertilización.

miento Los rendimientos fueron significativamente mayores a los niveles de fertilidad alto y medio — 13.5 y 11.9 ton/ha de raíces secas, respectivamente — en comparación con el nivel bajo (5.4 ton/ha de raíces secas). En las cosechas efectuadas a los seis y nueve meses se observó una interacción significativa (P= .05) en la interacción variedad x tratamiento. Las variedades M Col 22 y CMC 40 se aproximaron a sus máximos rendimientos en todos los niveles de fertilidad a los nueve meses después de la siembra (Figura 10), en tanto que en los niveles alto y medio el rendimiento de M Mex 59 aumentó considerablemente entre los 9 y 12 meses. Bajo estas condiciones, M Col 22 y CMC 40 se pueden considerar como variedades tempranas.

En el pasado, se había encontrado una relación cercana entre la tasa de crecimiento de la raíz y el Indice de Area Foliar (IAF) con un óptimo IAF, para el crecimiento radical, de 2.5-3.5. Como se puede observar en la Figura 11, en este ensayo no se encontró un óptimo IAF marcado. Sin embargo, la tasa de crecimiento radical tendió a ser menor a mayores IAF. No se observó tendencia alguna hacia un mayor crecimiento radical por unidad de IAF en los mayores niveles de fertilidad, lo cual indica que los principales efectos de la fertilidad fueron sobre el tamaño del sitio de producción y no sobre su eficiencia.

Los IAF alcanzados por M Mex 59 bajo condiciones de altos niveles de fertilidad fueron mayores que los obtenidos en la mayoría de los ensayos. Por lo general, cuando el IAF es mayor de 3.5 las hojas más bajas reciben tanta sombra que se caen; aparentemente, esta caida no ocurrió

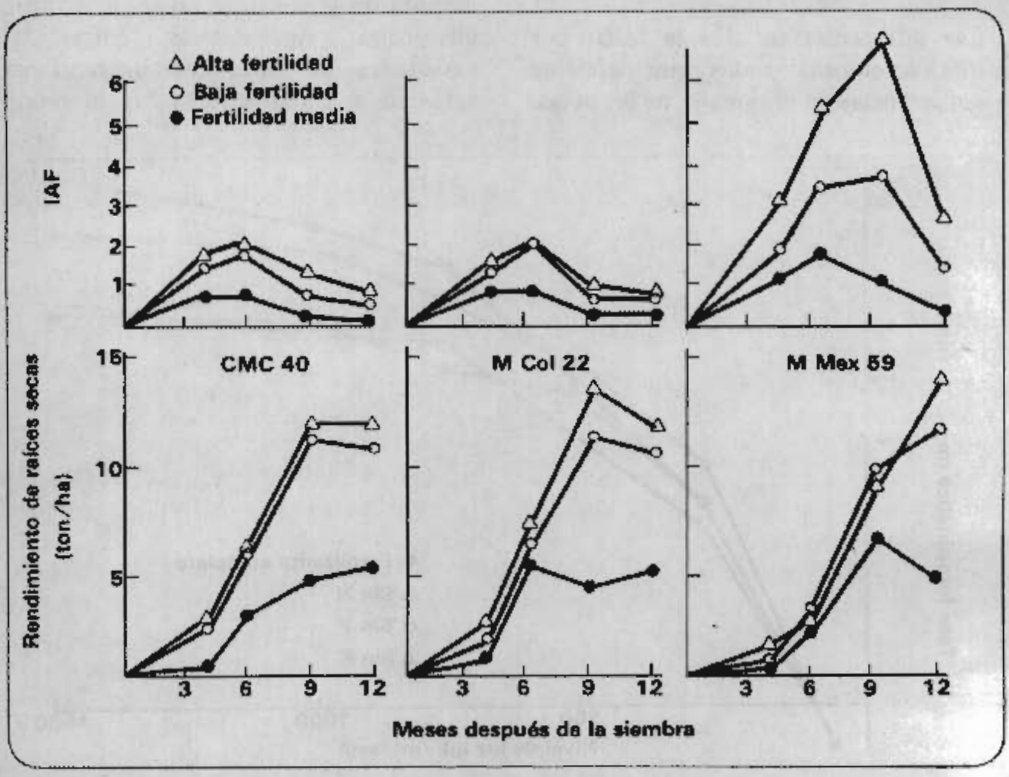


Figura 10. Efectos de tres niveles de fertilidad sobre el Indice de Area Foliar (IAF) y sobre los rendimientos de raíces secas, en tres variedades de yuca.

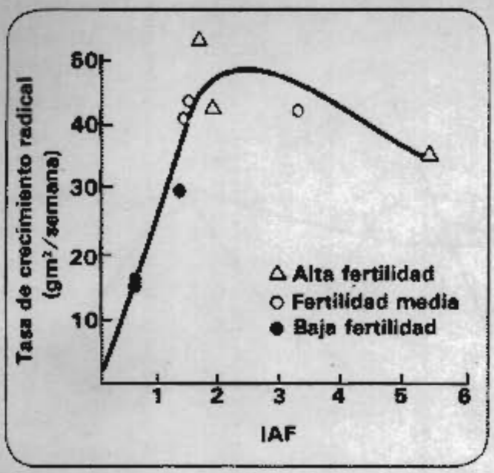


Figura 11. Tasa de crecimiento de las raíces de yuca con relación al Indice de Area Foliar (IAF) entre los 4 y los 9 meses después de la siembra, de tres variedades bajo tres niveles de fertilidad.

en el ensayo (Figura 12). La vida foliar sólo fue ligeramente menor para las hojas marcadas a los 4-8 meses, bajo altos niveles de fertilidad, cuando se obtuvieron IAF superiores a 6.0 y permanecieron por encima de 3.5 durante un período prolongado. En consecuencia, la alta fertilidad puede evitar la caída de las hojas; sin embargo, a los bajos IAF de M Col 22, no se observó un efecto consistente de la fertilidad sobre la vida foliar (Figura 12).

El IAF aumentó como consecuencia de los aumentos en los niveles de fertilidad (Figura 9). Los mayores niveles de fertilidad aumentaron tanto la tasa de formación de hojas por ápice en aproximadamente un 20 por ciento (Figura 13), como la vida foliar (Figura 14) y el número de ápices activos (Figura 5). En estos ensayos la yuca cultivada bajo condiciones de bajos niveles de fertilidad limitó su desarrollo de área foliar; sin embargo, la proporción de materia seca total cosechada en las raíces, medida en términos del Indice de Distribución (tasa de crecimiento de la raíz dividida por la tasa de crecimiento del cultivo) fue mucho mayor a bajos IAF (Figura 15). Por lo tanto, aún sin la aplicación de fertilizantes, todas las variedades dieron un rendimiento de más de 5 ton/ha de raíces secas. La ausencia de una interacción entre la variedad y el nivel de fertilidad en la cosecha de los 12 meses indica que las variedades se pueden seleccionar de tal manera que den un buen rendimiento a bajos niveles de fertilidad pero que también respondan a altos niveles de fertilidad, como ocurrió en este ensayo.

Con frecuencia se afirma que la yuca es un cultivo que da un buen rendimiento a bajos niveles de fertilidad. También, se afirma que la planta de yuca tiene esta capacidad puesto que cuando el nivel de fertilidad es bajo tiende a conservar un alto nivel de nutrimentos en las hojas reduciendo su IAF (Cuadro 2). Las plantas con este bajo IAF tienen hojas relativamente eficientes en términos de fotosíntesis. Además, como consecuencia de esta restricción al desarrollo foliar, la planta utiliza menos energía para formar hojas y tallos a bajos niveles de fertilidad, lo cual da un alto Indice de Distribución. A pesar de que se producen cantidades relativamente pequeñas de carbohidratos, casi todos son transportados a las raíces cuando las condiciones de fertilidad son bajas.

Cultivos Múltiples

El año pasado se demostró que el fríjol y la yuca se pueden cultivar en sistemas intercalados y obtener altos Indices Equivalentes de Tierra (IET) (Informe Anual del CIAT, 1977). También se observó que se obtienen mayores IET con la variedad de yuca M Mex 11 que con M Col 113. En 1978, la variedad Porrillo Sintético — un fríjol negro de hábito de crecimiento indeterminado — se intercaló con 20 genotipos de yuca de características morfológicas muy variadas. Se observó

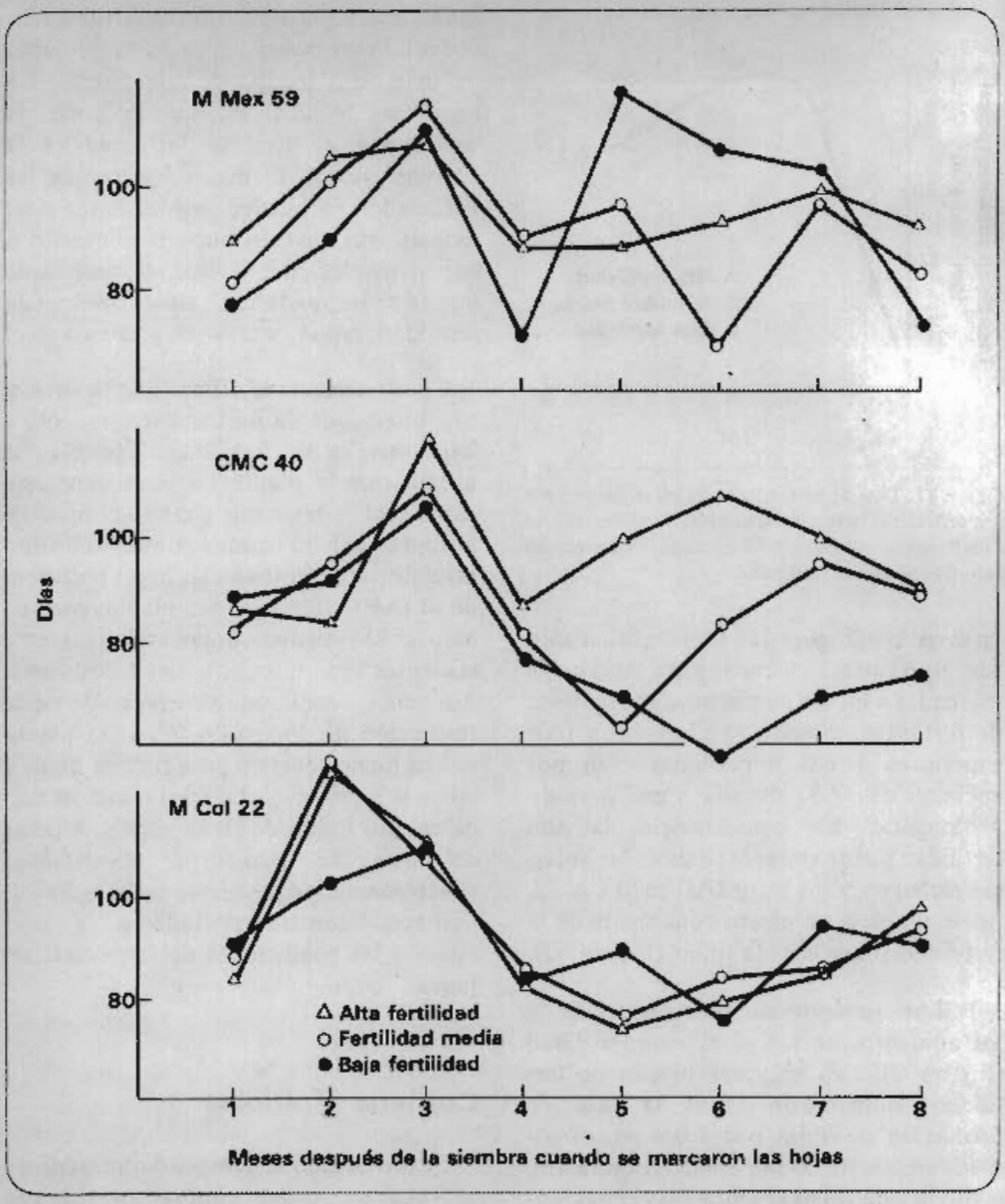


Figura 12. Longevidad foliar de tres variedades de yuca, bajo tres niveles de fertilidad.

una fuerte correlación negativa (r = -0.495*) entre el rendimiento del fríjol en comparación con el monocultivo y el crecimiento de la parte aérea de la planta de yuca tres meses después de la siembra. Por lo general, el crecimiento de la parte aérea es mayor en los tipos de ramificación temprana y se ha sugerido que los tipos de alto rendimiento son de ramificación tardía (Informe Anual del CIAT, 1976 y 1977). En este experimento se observó una correlación no significativa pero positiva entre el rendimiento del fríjol y el rendimiento de raíces frescas de yuca indican-

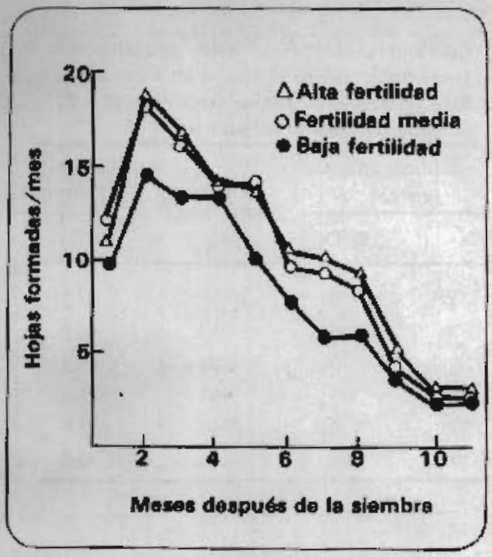


Figura 13. Tasa de formación de hojas de yuca, por ápice activo, bajo tres niveles de fertilidad (promedio de tres variedades).

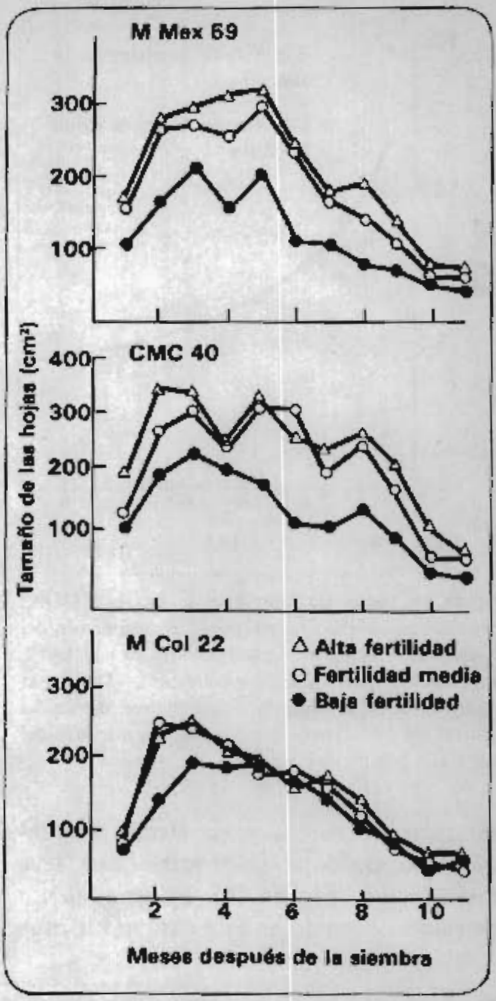


Figura 14. Tamaño de las hojas de tres variedades de yuca, bajo tres niveles de fertilidad.

do que es posible seleccionar tipos de yuca por alto potencial de rendimiento en monocultivo, los cuales también son adecuados para cultivos múltiples con fríjol *Phaseolus*. Estas variedades han de ser de ramificación tardía.

Los mismos 20 cultivares se sembraron con el cultivar de soya ICA Tunia. Este cultivar de soya tiene un ciclo de crecimiento de 125 días en tanto que las variedades de fríjol *Phaseolus* utilizadas en experimentos anteriores tienen todas ciclos de crecimiento de menos de 100 días. Los rendimientos de yuca y de soya se correlacionaron negativamente (r=-0.347).

Aparentemente, el fríjol *Phaseolus* de ciclo corto puede completar su crecimiento antes de que la yuca cubra el suelo y por lo tanto produce buenos rendimientos intercalado con yuca. Por otra parte, el período de llenado de los granos de la soya ocurre cuando la yuca necesita estar alcanzando la cobertura total del suelo si se desea obtener un buen rendimiento. Por lo tanto, los dos cultivos compiten y es difícil seleccionar una variedad de yuca que produzca buenos rendimientos y que también le permita lo mismo a la soya. La siembra de la soya al mismo tiempo que la yuca en vez de dos semanas después, como en este experimento, puede solucionar parcialmente este problema.

Con el fin de estudiar esta posibilidad se sembró soya simultáneamente con la variedad de yuca M Mex 11 de

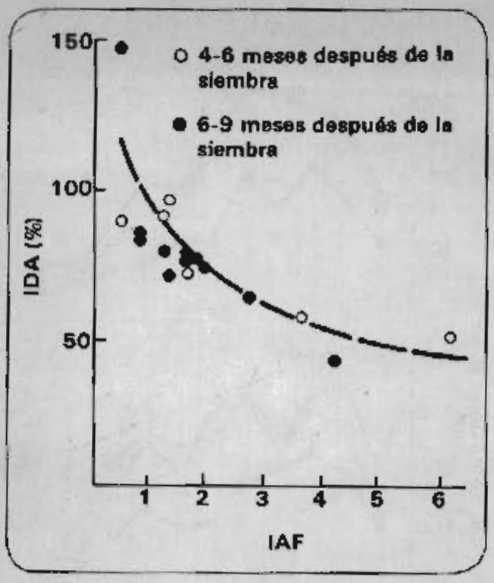


Figura 15. Indice de Distribución Aparente (IDA) (tasa de crecimiento radical/tasa de crecimiento del cultivo) en función del Indice de Area Foliar (IAF), durante dos períodos de crecimiento. (Las hojas caídas no se incluyeron en la tasa de crecimiento del cultivo, de tal manera que los valores mayores del 100% son posibles.)

Cuadro 2.

Concentración de N en hojas de plantas de yuca, cultivadas en el campo en Carimagua, bajo diferentes niveles de fertilidad (28 a 32 semanas después de la siembra).

Fertilizante aplicado (kg/ha)		Area foliar por planta	Nitrógeno foliar
N	K_2O	(dm^2)	(%)
0	0	76	4.2
0	300	163	5.0
100	0	94	5.3
100	300	198	5.1
200	0	119	5.0
200	300	156	5.0

ramificación tardía y en efecto, el rendimiento de soya sólo sufrió una leve disminución (Figura 16). El rendimiento de raíces obtenido en este ensayo fue muy variable, sin embargo, la biomasa total de yuca no se redujo sustancialmente (Figura 16).

Los cultivos múltiples son más frecuentemente utilizados por los pequeños agricultores que utilizan pocos recursos. Cuando se cultivó yuca intercalada con fríjol y sin la aplicación de insecticidas, las poblaciones de plagas de ambos cultivos se redujeron (Informe

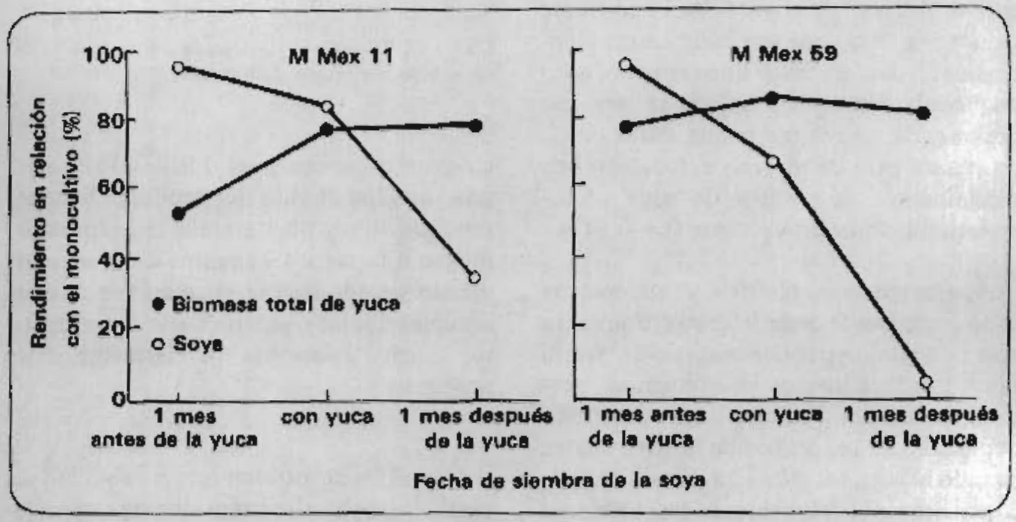


Figura 16. Rendimientos relativos de yuca y soya, en respuesta a diferentes fechas de siembra de la soya.

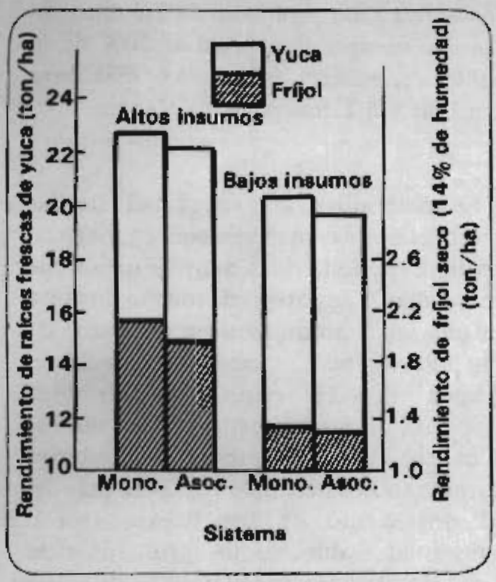


Figura 17. Efectos de dos niveles de insumos sobre los rendimientos de la yuca en asociación con fríjol.

Anual del CIAT, 1977) Los rendimientos del fríjol y de la yuca fueron casi iguales en monocultivo y en cultivo múltiple sin la aplicación de insecticidas (Figura 17), lo cual indica que el cultivo múltiple es muy ventajoso en sistemas de producción con pocos insumos.

Crecimiento Temprano

La yuca es muy sensible a la competencia ejercida por las malezas en los primeros 90 días de su ciclo de crecimiento (Informe Anual del CIAT, 1974). Esto indica que es muy importante el vigor que tengan las plantas durante estas etapas iniciales en el rendimiento final de yuca. Cuando se aplicó sombra a las variedades CMC 40 y M Col 22 durante períodos de dos semanas (50% de sombrío) y durante los primeros tres meses después de la germinación, el rendimiento final se redujo en todos los casos, aunque las diferencias no fueron significativas. Un nivel de sombrío del 50 por ciento durante los primeros tres meses redujo los rendimientos marcadamente. Esto indica que el vigor y el crecimiento en las primeras etapas de la planta son muy importantes para determinar el rendimiento; de ser así, la calidad de la estaca de siembra es vital para determinar el crecimiento temprano y por lo tanto para el rendimiento final. Cuando se almacenaron estacas por períodos hasta de dos semanas después de la siembra, sin tratamiento alguno, la germinación fue superior al 90 por ciento pero el rendimiento se redujo marcadamente.

ENTOMOLOGIA

En el año 1978, la Sección de Entomología completó los estudios relacionados con la biología del gusano cachón de la yuca *(Erinnyis ello)* e intensificó el trabajo para tratar de ampliar el conocimiento sobre las actividades biológicas y parasitarias de varias especies que atacan al gusano cachón.

Durante un estudio de dos años, hecho en una importante región productora de yuca de Colombia, se observó un 57 por ciento de parasitismo de huevos de gusano cachón por *Trichogramma*. Se realizaron estudios biológicos de varias especies importantes de este género. También, se iniciaron estudios con otros dos parásitos de huevos: *Telenomus* sp. y *Chrysopa* sp. En el campo se estudió el parásito de la larva del cachón *Polistes* para determinar la forma óptima de establecer colonias de la avispa. Se identificaron varias especies de insectos que atacan a las avispas *Polistes*.

Se hicieron selecciones para buscar resistencia de la planta hospedante a las

moscas blancas *(Aleurotrachelus* sp.), piojos harinosos *(Phenacoccus gossypii)*, escamas *(Vatiga manihotae)* y ácaros *(Tetranychus* y *Mononychellus)*. En cada especie se observó alguna resistencia natural.

Se desarrollaron tratamientos químicos efectivos para proteger las estacas de siembra de yuca contra el ataque de comejenes en los lugares en que esta plaga tiene importancia económica.

Gusano Cachón de la Yuca

Biología

Antes de desarrollar un programa de control integrado es necesario entender la biología, el comportamiento y las interacciones que existen entre las plagas y sus enemigos naturales.

Se estudió la longevidad de los adultos del gusano cachón de la yuca *(E. ello)* en jaulas colocadas en el campo (25°C, 80% de HR) y en las cuales se le suministró a los adultos una solución de miel al 7 por ciento. Las hembras adultas tuvieron un ciclo de vida hasta de 19 días (promedio de 8.6 días) en tanto que los machos presentaron longevidades más cortas (un máximo de 15 días y un promedio de 7.0 días). El T_{50} (el tiempo en el cual el 50% de la población muere) fue de 6.6 días para hembras y 6.2 días para los machos.

Se determinó la fecundidad de las hembras criadas masivamente en material verde. El período de la preoviposición fue de 3-4 días. Las parejas de macho/hembra en una jaula produjeron un promedio de 850 huevos, pero, cuando se enjaularon grupos de 11 pares, las hembras ovipositaron un promedio de 448 huevos (Cuadro 3). Las hembras ovipositaron durante todo su ciclo de vida pero más del 70 por ciento de sus huevos fueron ovipositados durante los primeros siete días de la postura (Figura 18). La oviposición diaria máxima de una hembra fue de 500 huevos.

La fertilidad media de los huevos fue del 88 por ciento (Cuadro 3), pero este parámetro varió en la población criada masivamente durante las diferentes estaciones del año. A pesar de la alta tasa de eclosión, la mortalidad de larvas fue superior al 80 por ciento, principalmente debido a un virus de la granulosis (Baculovirus).

Cuadro 3.

Fecundidad y fertilidad del gusano cachón de la yuca (*Erinnyis ello*) bajo condiciones de jaula en el campo[1].

	No. de observaciones	Valores		
		Max.	Min.	Prom. (EE)
Fecundidad (huevos/hembra)	10 grupos de 11 pares	1374	132	448 (23.5)
	Pares individuales	1852	200	850 (249)
Fertilidad (%)	4440 huevos	98.8	77.7	88

1 25°C y 80% de H.R.

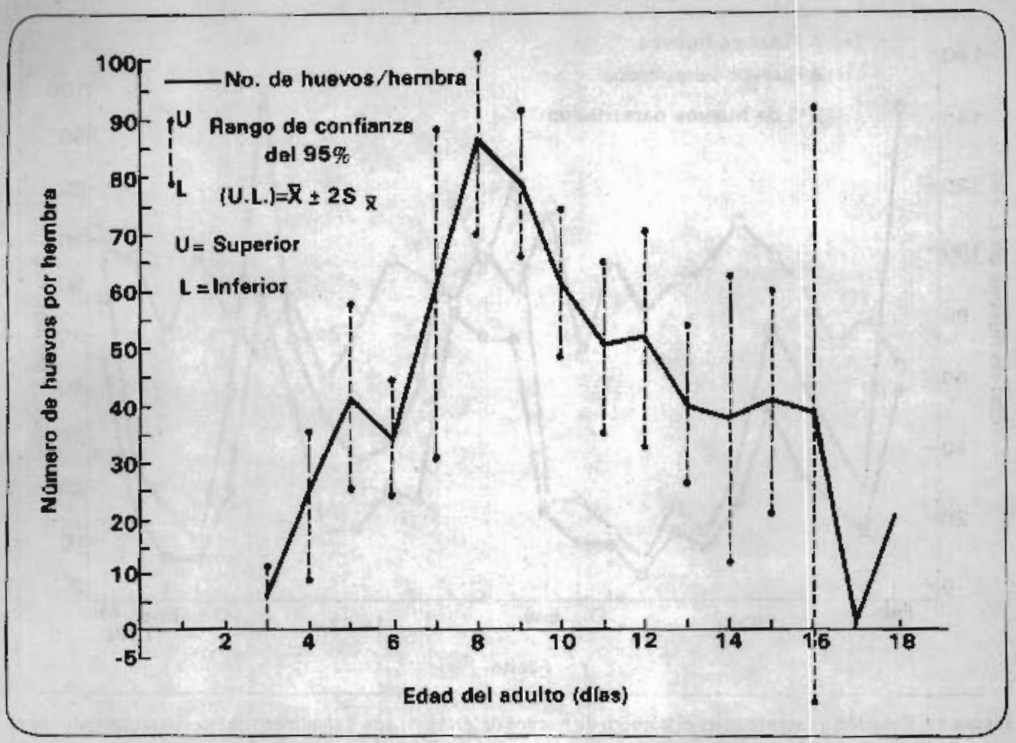


Figura 18. Fecundidad promedio de 52 hembras adultas de *Erinnyis ello*.

Las hembras y los machos se separaron durante el estado de pupa según la posición de la apertura genital. La apertura genital del macho (gonoporo) se encuentra localizada en el noveno segmento abdominal con el octavo segmento libre, en tanto que la apertura genital de la hembra alcanza a ocupar el octavo segmento. La relación de sexos (con base en 2914 pupas observadas) fue de una hembra para cada 1.12 machos.

Control Biológico

Los estudios con *Trichogramma* recibieron énfasis especial ya que, en las plantaciones de yuca este microhimenóptero se encuentra parasitando huevos de *E. ello* durante todo el año y porque es fácil de criar masivamente y de liberar en los campos.

Entre febrero de 1976 y marzo de 1978 se contaron los huevos de gusano cachón parasitados y no parasitados, en campos cercanos a las ciudades de Armenia y Caicedonia, en Colombia. Se encontró una relación positiva entre el número total de huevos de *E. ello* y el número de huevos parasitados por *Trichogramma* (Figura 19). El porcentaje de parasitismo permaneció relativamente constante durante los dos años de observación. En todos los muestreos se encontraron huevos de gusano cachón y siempre con algún grado de parasitismo por *Trichogramma*. El parasitismo promedio para los dos años fue del 37 por ciento (EE = 0.91).

La relación de sexos del *Trichogramma* nativo colectado en cuatro localidades se determinó a nivel de laboratorio. En todas las localidades siempre se encontró un

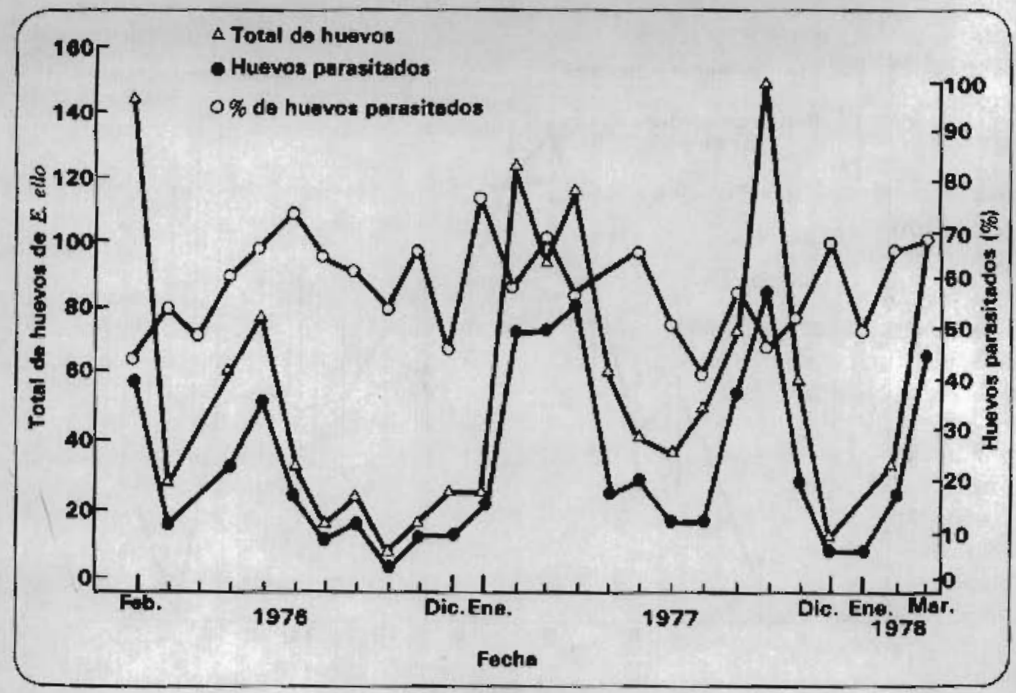


Figura 19. Relación existente entre el número de huevos de *Erinnyis ello* y el número de huevos parasitados por *Trichogramma* entre 1976 y 1978, en Armenia y Caicedonia, Colombia.

mayor número de hembras que de machos. El promedio global fue de 3.6 hembras por cada macho (oscilando entre menos de 1 hasta 21 hembras por macho). La mortalidad natural de huevos de *Trichogramma* fue del 19.5 por ciento.

Se estudió la habilidad parasitaria y la relación de sexos de cinco especies de *Trichogramma* utilizando avispas adultas colectadas de programas de liberación en plantaciones de yuca para controlar el gusano cachón. Todas las especies parasitaron huevos de *E. ello;* la especie más efectiva fue un *Trichogramma* nativo (93%) y *T. australicum* (90%) y la menos efectiva fue *Trichogrammatoidea armigera* (42%).

Los estudios preliminares a nivel de laboratorio se realizaron con otras dos especies de interés particular en el control biológico, puesto que atacan el estado de huevo del gusano cachón.

El parásito *Telenomus* sp. (Hymenoptera:Scelionidae) tiene una preferencia marcada por los huevos del gusano cachón. En el laboratorio (a 24°C y a 75% HR) emergió un promedio de cuatro adultos de *Telenomus* de cada huevo de gusano cachón (400 huevos observados); el tiempo requerido para la emergencia de los adultos de los huevos de *Telenomus* fue de 11-14 días. Las observaciones preliminares indicaron que una hembra de *Telenomus* puede producir hasta 150 individuos de su especie.

El género *Chrysopa* (del órden Neuroptera) es un predator general en los campos de yuca. Ha sido observada consumiendo huevos de gusano cachón y se sabe que ataca ácaros, escamas y piojos harinosos. En un estudio de laboratorio, el último estado ninfal consumió un promedio de 17 huevos de gusano cachón en 24 horas.

Se observó que la capacidad de depredación de *Polistes* está determinada principalmente por el número de larvas de la avispa y no por el número de adultos. El máximo número de larvas de *E. ello* consumido por larvas de *Polistes* diariamente fue de 1.1 y el mínimo de 0.08 (promedio de 0.47, EE = 0.004).

Se estudió la relación entre el tamaño del nido de *Polistes* y las proporciones de sexo de las poblaciones. No se encontraron machos en nidos que presentaban menos de 50 celdas. En nidos más grandes, el número de machos aumentó con un mayor número de huevos, larvas y pupas. La función del macho de *Polistes* es copular con hembras que dejan su nido para iniciar nuevas colonias. En consecuencia, para lograr programas exitosos de colonización con *Polistes* en campos de yuca es preferible introducir nidos grandes, con muchas celdas, de tal manera que se puedan establecer nuevas colonias vigorosas.

Se observó que las poblaciones de *Polistes* están reguladas no sólo por el clima y las aplicaciones de insecticidas sino también por otra serie de insectos asociados con sus nidos. En asociación con *Polistes* se han encontrado 10 especies de Hymenoptera, cuatro de Coleoptera, dos de Lepidoptera, dos de Diptera y una de Psocoptera.

Entre estos insectos, *Oxysarcodexia,* un parásito de larvas y de pupas de *Polistes,* parece ser uno de los principales enemigos naturales de *Polistes.* Este parásito se ha encontrado en diversas regiones del Valle del Cauca, en Colombia, generalmente atacando nidos con más de 200 celdas. Entre 412 nidos examinados, el 17 por ciento fue atacado por *Oxysarcodexia.* A su vez, este insecto es parasitado por varios enemigos naturales incluyendo *Pachyneuron* sp. y *Brachymeria conica.*

La especie *Podisus* sp. (Hemiptera:Pentatomidae) también es predatora de *E. ello.* Bajo condiciones de laboratorio (24.5°C, 75% de HR), las hembras de *Podisus* sobrevivieron por un período hasta de 82 días (promedio de 42.8 días) (Cuadro 4). La hembra oviposita un máximo de 1400

Cuadro 4.

Ciclo biológico, fecundidad y fertilidad de *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) bajo condiciones de laboratorio[1].

	No. de observaciones	Prom.	EE
Duración del período ninfal (5 estados) (días)	150	20-24	
Longevidad de hembras adultas (días)	16	42.8	10.7
Fecundidad (huevos/hembra)	16	715.4	97.8
Huevos por ooteca	1463	26	1.25
Período de incubación de los huevos (días)	1463	4-5	
Fertilidad de los huevos (%)	1092	79.4	2.25

1 25°C and 75% RH.

huevos durante su ciclo de vida con una fecundidad promedio de 715 huevos/hembra.

La fertilidad de los huevos fue del 79.4 por ciento. El período de incubación de los huevos fue de 4-5 días y el período ninfal, de 20-24 días. Las observaciones preliminares indicaron que, durante su ciclo de vida, cada adulto de *Podisus* consume un promedio de 100 larvas de *E. ello* en su primer o segundo estado larval. Se mantuvieron colonias de *Podisus* y se criaron con larvas de *Galleria mellonella*, una especie que se puede criar con facilidad y a bajo costo.

En 1200 especímenes de *E. ello* colectados en las áreas de Caicedonia, Armenia y Cartago, en Colombia, se observó una mortalidad del 70 por ciento, principalmente debido a una enfermedad no identificada y a tres parásitos dípteros: *Belvosia* sp. (Tachinidae), *Sarcodexia innota* (Sarcophagidae) y *Thysanomyia* sp. (Tachinidae) (Figura 20).

En cultivos de yuca en las regiones de Caicedonia, Armenia y Palmira, también se han encontrado huevos y larvas de otra especie de gusano cachón: *Erinnyis alope* (Drury). Esta especie se había identificado anteriormente en Colombia en cultivos de *Carica papaya* L. pero no en yuca.

El ciclo de vida de *E. alope* es muy similar al de *E. ello;* las dos especies se pueden diferenciar con facilidad en los estados de huevo, larva o adulto (Figura 21). La diferencia más notable se puede observar en los adultos. Los adultos de *E. ello* presentan alas delanteras de color gris claro y traseras de color naranja rojizo oscuro, en tanto que *E. alope* presenta alas delanteras de color marrón oscuro y alas traseras amarillas. Las poblaciones de *E. alope* observadas en yuca han sido bajas.

Comejenes

En algunas áreas productoras de yuca, los comejenes pueden constituir un problema al atacar material de siembra

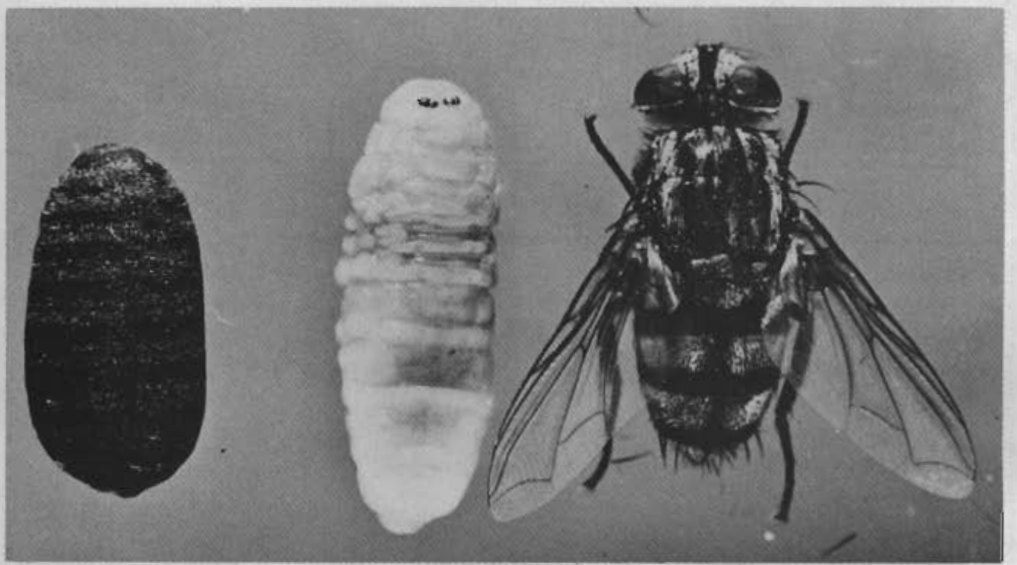


Figura 20. Pupa, larva y adulto de *Thysanomyia* sp. (Tachinidae), un parásito de las larvas del gusano cachón (*Erinnyis ello*).

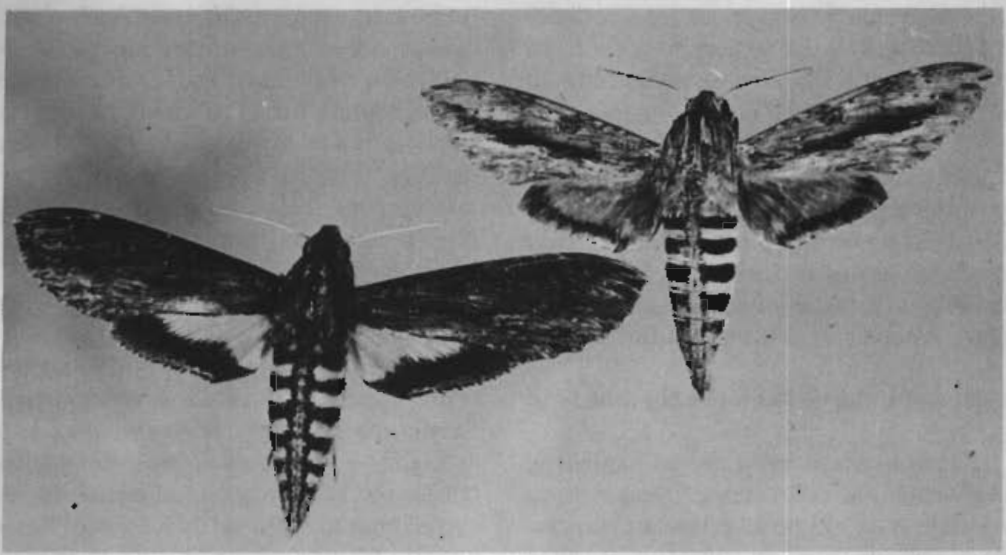


Figura 21. Estados adultos de dos especies de gusano cachón de la yuca: a la izquierda, *Erinnyis alope* (Drury); a la derecha, *Erinnyis ello* (L.). Este último presenta alas frontales de color gris claro y alas traseras de color marrón rojizo en tanto que *E. alope* tiene alas frontales de color marrón oscuro y alas traseras de color amarillo.

almacenado y plantas en crecimiento. La especie encontrada en Colombia es probablemente *Coptotermes niger*, una especie procedente de Asia.

Se probaron 31 combinaciones de tratamientos de las estacas, a fin de determinar su efectividad para controlar los comejenes. La mejor combinación fue la mezcla de captan y carbendazin, en una solución (dósis de 2 g de i.a. de cada uno/litro de agua), sumergiendo las estacas durante 10 minutos en esta solución y posteriormente espolvoreando 0.025 g de aldrin alrededor de cada estaca. Con este tratamiento la muerte de estacas fue del 5 por ciento y el ataque de comejenes, después de 150 días, fue del 5 por ciento. Los mejores cinco tratamiento no fueron significativamente diferentes.

La efectividad de una combinación de un fungicida/insecticida se puede observar en los siguientes ejemplos. Cuando sólo se espolvoreó aldrin en el suelo, al momento de la siembra, el ataque de comejenes después de 150 días fue de solo un 13 por ciento pero la proporción de estacas muertas fue del 34 por ciento. Cuando sólo se aplicó captan y carbendazin, la mortalidad de estacas como consecuencia del ataque de patógenos fue sólo del 1 por ciento, pero, después de 150 días, el 37.4 por ciento de las plantas presentó ataque por los comejenes. La mortalidad de estacas después de aplicar maneb y mancozeb fue del 14 por ciento pero los comejenes habían atacado el 64 por ciento de las estacas después de 150 días.

Moscas Blancas

Reducción del Rendimiento

Las moscas blancas *(Aleurotrachelus* sp.) ocasionan el amarillamiento foliar y la deformación de los puntos de crecimiento; sobre las excreciones azucaradas del insecto crece la "fumagina".

En la región de Espinal, Tolima, en Colombia, en donde las poblaciones de mosca blanca son altas durante todo el

año, se trataron las variedades CMC 57, CMC 40 y M Mex 59 con monocrotofos (CE, 1.5 cc de i.a./litro de agua) cada 20 días hasta la cosecha a los 10 meses.

Las plantas tratadas mostraron grados menores de infestación y un menor número de pupas y dieron un mayor rendimiento que las no tratadas (Cuadro 5). La pérdida en rendimiento a causa de las moscas blancas dependió de la variedad sembrada.

Resistencia de la Planta Hospedante

En otro ensayo realizado en Espinal se evaluaron 300 cultivares de yuca por su resistencia de campo a las moscas blancas. A pesar de que se observaron altas poblaciones de moscas blancas en todos los cultivares, algunos no presentaron clorosis o deformación de las hojas apicales. Los cultivares fueron M Col 336, M Col 339, M Pan 70, M Ecu 72 y M Bra 12.

Control Biológico

Se encontraron dos nuevos parásitos de las pupas de *Aleurotrachelus* sp. — *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) y *Amitus* sp. (Hymenoptera: Platygastridae). Ambos se observaron en las inmediaciones de CIAT-Palmira, Armenia y Caicedonia, en Colombia. El porcentaje de parasitismo de pupas fue del 56.1 por ciento entre casi 6000 pupas observadas.

Piojos Harinosos y Escamas

Este año continuaron los estudios sobre la biología de *Phenacoccus gossypii* y se adelantaron las investigaciones relacionadas con la búsqueda de resistencia y de enemigos naturales.

Bajo condiciones de invernadero (29°C, 50% de HR), se tomaron plantas de dos meses de edad de 12 variedades y se infestaron con dos ootecas (300 huevos/ooteca). La tasa de desarrollo de la población de *Phenacoccus* fue diferente de una variedad a otra. Las variedades con las menores poblaciones después de 70 días (M Ven 208, M Col 689 y Bra 27), se pueden considerar más resistentes que las que presentaron poblaciones altas de piojos harinosos.

Las hembras de *P. gossypii* son partenogénicas y producen tanto machos como hembras (10 hembras observadas). Existe una hormiga, *Brachymyrmex* sp., asociada a las poblaciones de piojos harinosos; la hormiga se alimenta de las excreciones azucaradas de los piojos harinosos y los protege de algunos enemigos naturales.

Control Biológico

En CIAT-Palmira se encontraron algunos parásitos y predatores nuevos de *P. gossypii* (Cuadro 6, Figura 22).

Escama Negra

Las poblaciones naturales de *Saissetia miranda* fueron bajas en las regiones productoras de yuca de Armenia, Caicedonia y Palmira, como consecuencia de la alta tasa de parasitismo (79.1% entre 3000 observaciones) por *Anagyrus* sp. y *Surtellista* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae).

Chinches de Encaje

En CIAT-Palmira, en mayo y junio de 1978, las poblaciones de *Vatiga manihotae* fueron altas. Durante este período se evaluaron 2203 variedades del banco de germoplasma de yuca por su resistencia a la plaga. Los resultados se presentan en el Cuadro 7. Todas las variedades fueron atacadas y el 59.8 por ciento de los materiales tuvieron puntajes de 3 ó más en la escala de daño de 1 a 5.

Cuadro 5.

Reducción del rendimiento de tres variedades de yuca cultivada en Espinal, Tolima, Colombia, como consecuencia del ataque de moscas blancas (*Aleurotrachelus* sp.).

Variedad	Con tratamiento[1]			Sin tratamiento			Pérdida en rendimiento (%)	% de diferencia en el grado de infestación entre las parcelas tratadas y sin tratar	
	Rendimiento de raíces frescas (kg/parcela) (EE)	Grado de infestación		Rendimiento de raíces frescas (kg/parcela) (EE)	Grado de infestación				
		Población (EE)	Pupas (EE)		Población (EE)	Pupas (EE)		Población	Pupas
CMC 57	3.31 (0.41)	0.57 (0.19)	0.28 (0.12)	0.77 (0.27)	3.92 (0.27)	3.17 (0.23)	76.7	85.5	91.2
CMC 40	5.35 (0.60)	0.82 (0.23)	0.21 (0.10)	2.57 (0.43)	4.75 (0.17)	4.87 (0.08)	52.0	82.7	95.7
M Mex 59	3.63 (0.74)	0.71 (0.21)	0.17 (0.07)	2.41 (0.67)	4.70 (0.16)	4.65 (0.10)	33.6	84.9	96.4

1 Con monocrotofos a razón de 1.5 cc de i.a./litro de agua.
2 Grado de infestación: Población (adultos, ninfas y pupas), 0 = sin infestación; 1 = menos del 20% de hojas infestadas; 2 = 21-40% de hojas infestadas; 3 = 41-60% de hojas infestadas; 4 = 61-80% de hojas infestadas; 5 = 81-100% de hojas infestadas. Pupas, 0 = sin pupas; 1 = menos de 5 pupas/hoja; 2 = 6-10 pupas/hoja; 3 = 11-25 pupas/hoja; 4 = 26-50 pupas/hoja; 5 = más de 51 pupas/hoja.

Cuadro 6.

Predatores y parásitos de *Phenacoccus gossypii* observados en CIAT-Palmira, en 1978.

Orden	Familia	Especies	Asociación
Coleoptera	Coccinellidae	*Olla* sp.	Predatores de huevos, ninfas y hembras adultas
		Curinus colombianus	
		Cicloneda sanguinea	
		Cryptognatha auriculata	
		Hippodamia convergens	
		Pentilia sp.	
		Prodilis sp.	
		Azya sp.	
Hymenoptera	Encytidae	*Anagyrus* sp.	Parásito de ninfas y hembras adultas
Hemiptera	Reuviidae	*Zellus* sp.	Predatores de ninfas y hembras adultas
		Emesaya sp.	

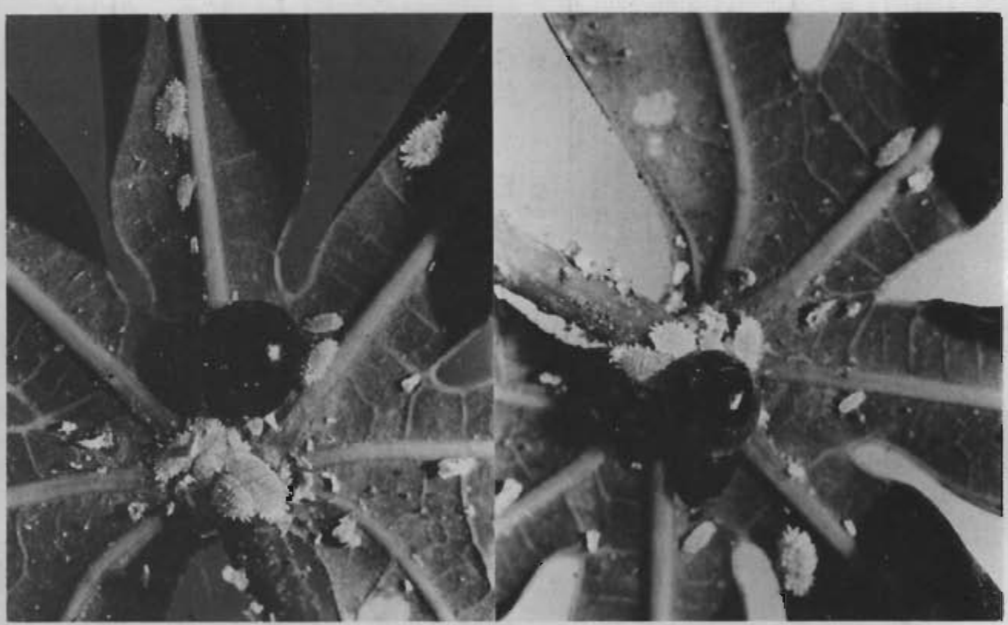


Figura 22. Dos predatores de los piojos harinosos *(Phenacoccus gossypii)* en yuca: a la izquierda, *Curinus colombianus;* a la derecha, *Azya* sp.

Cuadro 7.

Evaluación de 2203 variedades de yuca por el daño ocasionado por *Vatiga manihotae*, durante una infestación natural en el campo.

Escala de daño[1]	No. de variedades	% por clase
0	0	0
1	277	12.57
2	607	27.55
3	920	41.76
4	309	14.03
5	90	4.09

1 0=sin *Vatiga*; 1=pocas manchas amarillas en las hojas más bajas; 2=varias manchas amarillas en las hojas más bajas (las hojas son amarillas); 3=numerosas manchas amarillas en las hojas más bajas y las hojas presentan un color amarillo-rojizo y aparecen enroscadas; 4=enroscamiento y secamiento de las hojas más bajas, y enroscamiento de las hojas de la parte media; 5=defoliación de la planta en sus partes bajas y medias, las hojas apicales son amarillas.

Acaros

Resistencia Varietal

Se continuaron los trabajos de selección por resistencia a tres especies de ácaros bajo condiciones de casa de malla, invernadero y campo. Hasta la fecha se han evaluado 2120 variedades, bajo condiciones de casa de malla, por su resistencia a *Tetranychus urticae*. En el primer ciclo (sin repeticiones) se seleccionaron 96 variedades. Los ensayos replicados de estos 96 materiales resultaron en la selección de 17 variedades promisorias.

La evaluación por resistencia al ácaro *Mononychellus* continuó también bajo condiciones de invernadero y de campo. En el primer ciclo de selección, sin repeticiones, en el invernadero, se seleccionaron 105 variedades entre las 2116 evaluadas. En el segundo ciclo, con repeticiones, se seleccionaron 15 variedades promisorias entre las 105 escogidas anteriormente. Dos ciclos de evaluaciones de campo por resistencia a *Mononychellus* dieron como resultado 71 variedades con resistencia.

Se iniciaron estudios de invernadero y laboratorio para caracterizar la resistencia de diversas variedades a los ácaros *(T. urticae* y *M. tanajoa)*. Los resultados preliminares indicaron que ambas especies generalmente prefieren y ovipositan un mayor número de huevos en las variedades más susceptibles.

El banco de germoplasma de yuca del CIAT (2231 cultivares) se evaluó nuevamente por su resistencia al ácaro *Oligonychus peruvianus*, haciendo recuentos del número de telarañas por hoja (promedio de nueve hojas por variedad). Con base en este estudio y dos evaluaciones previas, se seleccionaron 250 variedades como materiales promisorios.

Control Biológico

El escarabajo *Oligota minuta* (Coleoptera: Staphilinidae es un predator eficiente de *M. tanajoa*. Las larvas y los adultos consumen todos los estados del ácaro verde de la yuca. Se hicieron recuentos de adultos de *Oligota* a las 6 a.m., 9 a.m., 1 p.m. y 4 p.m., con el fin de estudiar la distribución de la población del predator en una planta y las fluctuaciones de la población durante el día. Las altas poblaciones de *Oligota* no fluctuaron significativamente durante el día. Entre las primeras 14 hojas (de arriba hacia abajo) observadas, las mayores poblaciones del predator se presentaron entre la quinta y la octava hoja (Cuadro 8). Es importante no aplicar insecticida alguno puesto que éste reduce la población del predator.

La Mosca de la Fruta

La principal especie de mosca de la fruta encontrada en las regiones productoras de

Cuadro 8.

Fluctuación y distribución de poblaciones de *Oligota minuta*, a cuatro horas diferentes del día, en la variedad de yuca M Col 113, bajo las condiciones de CIAT-Palmira, durante un período de 42 días.

Posición de las hojas, de arriba hacia abajo de la planta	Hora				Promedio de adultos por 48 hojas
	6 a.m.	9 a.m.	1 p.m.	4 p.m.	
1	0.9	0.3	0.6	1.1	0.69
2	7.0	1.7	2.1	2.6	3.36
3	14.4	6.5	7.7	8.8	9.36
4	14.4	11.8	12.8	15.0	13.50
5	25.0	16.3	19.2	17.8	19.58
6	21.9	18.5	19.8	20.0	20.05
7	19.5	19.8	21.0	19.8	20.03
8	13.6	18.0	18.4	16.6	16.65
9	12.8	16.4	14.4	13.6	14.30
10	10.2	12.9	12.3	10.6	11.50
11	7.1	10.2	9.9	8.2	8.85
12	4.7	8.0	5.8	5.9	6.10
13	3.5	6.7	5.5	4.8	5.13
14	2.5	5.4	3.7	4.3	3.98
Promedio de adultos por 48 hojas	11.3	10.9	10.9	10.7	10.93

yuca de Armenia y Caicedonia, en Colombia, es *Anastrepha manihoti*. Además del daño ocasionado por la larva, esta mosca de la fruta se asocia con un patógeno bacteriano *(Erwinia carotovora* pv *carotovora)*. Este patógeno reduce la calidad del material de siembra, lo cual ocasiona reducciones en el rendimiento.

Entre setiembre de 1977 y octubre de 1978 se realizó, en Armenia, un experimento para evaluar la efectividad de dos insecticidas para controlar esta plaga. Los insecticidas (Fenthion CE, 0.5 cc de i.a./litro, Ometoato CE, 0.4 cc de i.a./litro) se aplicaron cada 15 días durante el ciclo de cultivo. Las parcelas tratadas presentaron más del 90 por ciento de estacas limpias y las estacas dañadas de estas parcelas sólo presentaban daños ligeros.

Resistencia Múltiple

En cooperación con la Sección de Fitopatología, se sembraron 1400 cultivares de yuca, en dos repeticiones, en Carimagua, con el fin de identificar materiales con resistencia a las plagas nativas del ecosistema de esta parte de los Llanos Orientales de Colombia. El insecto más importante es el barrenador del tallo *Chilomima clarkei* (Amsel), el cual atacó al 78 por ciento de las variedades. Con relación a las enfermedades (véase la Sección de Fitopatología), se seleccionaron 14 variedades como resistentes al complejo de patógeno en la región. Entre estas 14, ocho no fueron atacadas por *Chilomima*.

Resistencia de Tipo Amplio

Se han encontrado fuentes de resistencia a las principales enfermedades de la yuca. Además, se han identificado fuentes de resistencia a varios insectos y tolerancia a condiciones edáficas y climáticas adversas. A pesar de ello, la combinación de estos caracteres útiles en una variedad, plantea un serio problema para el programa de fitomejoramiento de yuca, puesto que sería necesario hacer un gran número de cruzamientos y de evaluaciones, durante varias generaciones, antes de alcanzar este objetivo. En consecuencia, se ha puesto énfasis en la identificación de líneas tolerantes a muchos factores que comúnmente reducen el rendimiento. Si se logra identificar dichas líneas, se podría reducir en gran medida el tiempo necesario para desarrollar variedades que den altos rendimientos y además que toleren estos factores adversos.

Ecosistema de Popayán

Es casi imposible desarrollar líneas individuales que toleren los factores adversos que existen en todas las zonas ecológicas. Por lo tanto, los estudios se han concentrado en dos regiones, cada una de las cuales presenta diferentes factores adversos que pueden reducir el rendimiento significativamente. La primera región, Popayán, no es representativa de grandes áreas en las cuales se cultiva yuca; sin embargo, presenta condiciones que permiten indicar que ciertas líneas tienen resistencia o tolerancia a un gran número de factores adversos.

El sitio de ensayo en Popayán tiene diversos factores adversos entre los cuales los más importantes incluyen un bajo pH (4.4), una temperatura media baja (18°C; mínimo de 4°C y máximo de 23°C) e incidencias severas de manchas foliares ocasionadas por *Phoma*, antracnosis, trips y ácaros (Cuadro 9). En el Cuadro 10 se presentan las reacciones de varias líneas a estos factores adversos y en la Figura 23 se muestran los rendimientos de tres líneas durante 5 años. La línea M Col 22 es susceptible a la mayoría de los factores adversos y su rendimiento en Popayán siempre es bajo. CMC 39 es tolerante a todos los factores excepto a la mancha foliar ocasionada por *Phoma* y a la antracnosis; en general, sus rendimientos son buenos pero fluctuantes. Por ejemplo, en 1974, la precipitación fue baja en Popayán; la mancha foliar por *Phoma* y la antracnosis no fueron severas y CMC 39 dio un buen rendimiento. El cultivar CMC 92 fue tolerante a todos los factores adversos y ha mostrado rendimientos muy estables. Estos datos indican que, al menos bajo las condiciones del ecosistema de Popayán, se pueden seleccionar cultivares con resistencia del tipo amplio a los factores adversos. El banco de germoplasma de yuca se seleccionó bajo las condiciones de Popayán y se identificaron siete cultivares con resistencia del tipo amplio.

Se evaluaron diversos cultivares, tanto en Popayán como en Darién. Esta última localidad presenta un ecosistema relativamente similar al de Popayán (Cuadro 9). Las líneas que dieron un buen rendimiento en Popayán también dieron un buen rendimiento en Darién; la correlación del rendimiento de 15 variedades en Popayán y Darién fue de $r^2 = 0.94$. Esto indica que, a pesar de que existen diferentes ecosistemas, se pueden utilizar sitios representativos para los estudios de selección y que los resultados de un sitio se

Cuadro 9.

Algunos factores climatológicos y edáficos, así como enfermedades y plagas que causan reducciones en los rendimientos de yuca, en Popayán, Darién, Carimagua y CIAT-Palmira, en Colombia.

Factor	Localidad			
	Popayán	Darien	Carimagua	CIAT-Palmira
Climatológico				
Temperatura media (°C)	18.0 (+)[1]	19.5 (+)	26.1 (—)	24.0 (—)
Precipitación (mm/año)	2500 (—)	1500 (—)	2031 (—)	1000 (+)
Duración de la precipitación (meses)	6 (bimodal) (—)	6 (bimodal) (—)	8 (unimodal) (+)	5 (bimodal) (—)
Edáfico				
pH	4.1 (+)	4.3 (+)	4.7 (+)	6.8 (—)
Concentración de Al	alta (+)	alta (+)	alta (+)	baja (—)
Fertilidad del suelo	buena (—)	baja med. (+)	baja (+)	buena (—)
Textura del suelo	franco-arcillosa (—)	franco-limosa (—)	franco-arenosa (—)	arcillosa (±)
Enfermedades				
Mancha de anillos concéntricos (*Phoma*)	+	+	—	—
Antracnosis	+	+	+	—
Mancha blanca	+	+	—	—
Añublo bacterial	—	—	+	—
Superalargamiento	—	—	+	—
Mancha parda	—	—	+	±
Mancha foliar por Cercóspora	—	—	+	+
Plagas				
Acaros	+	+	+	±
Trips	+	+	+	±
Escamas	—	—	+	±
Barrenadores del tallo	—	—	+	—

1 Evaluación de los factores: + daño severo; ± daño moderado; — sin daño.

pueden extrapolar directamente a sitios que presentan factores adversos similares. No se encontró una correlación significativa entre los rendimientos obtenidos en CIAT-Palmira y en Popayán lo cual demuestra que, por lo menos para las condiciones típicas de Popayán, se requieren líneas especiales.

El Ecosistema de Carimagua

En tanto que el área de Popayán es representativa de una porción relativamente pequeña de las áreas productoras de yuca del mundo, las condiciones que prevalecen en Carimagua son representativas de extensiones mucho

Cuadro 10.

Reacciones de nueve variedades de yuca a algunas características del ecosistema, las cuales pueden inducir reducciones del rendimiento, en Popayán, Colombia, y evaluaciones globales de las variedades bajo condiciones de campo.

Variedad	pH bajo (4.4)	pH neutro (6.4)	Baja temperatura (18° C)	Mancha de anillos concéntricos	Antracnosis	Trips	Acaros	Evaluación global en el campo
CMC 92[1]	I[2]	R	R	R	I	R	I	R
Sata Davio[1]	R	I	R	R	S	R	-	R
R/amarilla[1]	S	R	R	R	R	R	-	R
R/negrita[1]	I	S	I	R	S	R	-	R
CMC 40	R	R	S	S	R	I	S	S
M Col 22	S	S	S	S	R	I	S	S
M Mex 59	R	R	S	S	I	I	I	S
M Col 113	I	I	I	S	R	R	I	S
CMC 39	I	I	R	S	S	R	I	S

1 Variedades regionales.
2 Reacciones varietales: R= resistente; I= moderadamente resistente; S= susceptible.

mayores bajo cultivo, con un tremendo potencial para aumentar la producción. Las condiciones de Carimagua son diferentes a las que existen en Popayán (Cuadro 9) y presentan gran diversidad de factores que pueden afectar adversamente el rendimiento.

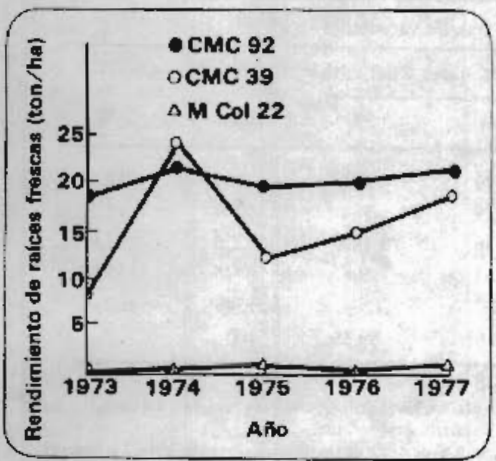


Figura 23. Rendimientos de tres variedades de yuca, en el ecosistema de Popayán, durante 5 años.

Entre los 2200 clones del banco de germoplasma cultivados en Carimagua, 14 mostraron una resistencia moderada a los factores adversos locales (Cuadro 9). Diez de los 14 materiales fueron morfológicamente similares o idénticos, lo cual indica que sólo cinco cultivares morfológicamente diferentes presentaron resistencia del tipo amplio a las condiciones adversas que prevalecen en el ecosistema de Carimagua (Figura 24). La resistencia a factores individuales es mucho más común que la resistencia a todos los factores (Cuadro 11). A pesar de que sólo un 0.6 por ciento de los clones fue resistente a todos los factores, la incorporación de estas pocas líneas en el programa de fitomejoramiento y su combinación con líneas con un alto potencial de rendimiento debe permitir lograr progresos rápidos.

Con base en las observaciones anteriores, parece evidente que en *Manihot esculenta* existe una marcada interacción

Figura 24. Evaluación por resistencia a enfermedades en la yuca, en Carimagua, una localidad en donde las condiciones de estrés son severas.

entre la reacción de los cultivares y el ecosistema. A pesar de que existen cultivares con resistencia de tipo amplio, tal resistencia está limitada a ecosistemas con características similares. Sin embargo, mediante la selección de materiales en

Cuadro 11.

Relación entre la reacción varietal a la enfermedad del superalargamiento y otras enfermedades foliares y del tallo de la yuca, presentes en el ecosistema de Carimagua, Colombia[1].

Evaluación del daño por superalargamiento[2]	No. de variedades					
	Evaluación por enfermedades foliares y del tallo[3]					
	2	3	4	5	Total	%
2	3	5	19	137	164	12.17
3	1	5	19	184	209	15.50
4	2	5	36	187	230	17.06
5	2	4	43	696	745	55.27
Total	8	19	117	1204	1348	100
%	0.60	1.41	8.68	89.31	100	

1 La siembra se hizo al inicio de la estación lluviosa, en abril.
2 Valuación por superalargamiento: 2 = manchas foliares (chancros); 3 = chancros en hojas y pecíolos; 4 = chancros en hojas, pecíolos y tallo, y alargamiento; 5 = alargamiento y muerte descendente.
3 Valuación por enfermedades foliares y del tallo: 2 = menos del 30% de caída de las hojas, lesiones foliares; 3 = hasta el 80% de caída de las hojas, daños en el tallo; 4 = defoliación total, muerte descendente ligera; 5 = muerte descendente severa o muerte de la planta.

ecosistemas con una gran diversidad de factores adversos, los clones seleccionados se pueden adaptar a regiones similares o con un menor número de factores adversos. Por ejemplo, todos los clones que fueron resistentes al añublo bacterial de la yuca (CBB) y a la enfermedad del superalargamiento en Carimagua, también fueron resistentes en la Costa Norte de Colombia. El clon M Col 1684 se seleccionó originalmente en Carimagua, en donde presentó buena resistencia a los factores adversos de dicho ecosistema. En las pruebas regionales (véase la Sección de Pruebas Regionales), esta variedad ha dado buenos rendimientos en áreas similares o con un menor número de factores adversos. Por consiguiente es probable que, mediante la selección cuidadosa de materiales en localidades que presenten muchos factores adversos, es posible obtener clones con amplia adaptación.

Añublo Bacterial de la Yuca

Se hicieron 35 pruebas fisiológicas a 67 aislamientos de *Xanthomonas manihotis* y 6 de *Xanthomonas cassavae*. En términos generales, no se observaron mayores diferencias fisiológicas entre los aislamientos de *X. manihotis*, excepto en la tasa de utilización de ciertos carbohidratos. Se encontraron pocas diferencias fisiológicas entre *X. manihotis* y *X. cassavae;* los polisacáridos producidos por ambos organismos parecen tener una composición química diferente.

Las inoculaciones hechas en el invernadero mediante el método del corte de hoja, con 50 aislamientos de *X. manihotis* en nueve variedades de yuca, mostraron diferencias en su agresividad. Se encontraron aislamientos con diferentes grados de agresividad en la mayoría de las áreas productoras de yuca afectadas por este patógeno.

Los resultados de estudios para determinar los efectos de la temperatura sobre la severidad de la enfermedad indicaron que las temperaturas diurnas/nocturnas extremadamente fluctuantes (rango de 16° - 30°C) favorecen en mayor grado la severidad de la enfermedad que las temperaturas relativamente estables (± 5°C). La severidad de la enfermedad también parece estar positivamente relacionada con la capacidad de retención de agua del suelo, quizás debido a que el agente causal del CBB es un patógeno vascular. Estos factores pueden explicar las afecciones moderadas de CBB que se presentan en áreas con suelos arenosos y/o temperaturas estables, independientemente de la estación lluviosa y de la precipitación total durante un período dado. Por ejemplo, ocho meses después de sembrar 312 cultivares en Carimagua (suelos franco arenosos, 2400 mm de precipitación, temperaturas medias nocturna y diurna de 16° y 29°C, respectivamente) y en Media Luna (suelo arenoso, 1320 mm de precipitación y temperaturas medias de 23°C y 32°C), se encontró que todos menos uno fueron susceptibles en Carimagua, en tanto que sólo seis fueron calificados como susceptibles en Media Luna (Cuadro 12).

Las inoculaciones controladas mostraron que los aislamientos de ambas localidades presentan una agresividad similar y que la diferencia en la reacción de la enfermedad fue ocasionada principalmente por efectos climatológicos y edáficos. Los estudios relacionados con el avance de una epidemia de CBB en variedades susceptibles sembradas en Carimagua al inicio de la estación lluviosa más fuerte y 32 días después, mostraron que, a pesar del alto nivel de inóculo potencial presente en la siembra tardía, a) la expresión total de los síntomas de la enfermedad se retrasó 30 días y b) el progreso de la enfermedad fue mayor

Cuadro 12.

Reacción de 312 cultivares al añublo bacterial de la yuca, a los ocho meses después de la siembra, en los ecosistemas de Carimagua y Media Luna, en Colombia.

Evaluación de enfermedades en Media Luna[1]	No. de variedades					
	Evaluación de enfermedades en Carimagua[1]					
	2	3	4	5	Total	%
2	0	1	43	253	297	95.19
3	0	0	3	6	9	2.89
4	0	0	0	6	6	1.92
5	0	0	0	0	0	0
Total	0	1	46	265	312	
%	0	0.30	14.73	84.94		100

1 Evaluación de enfermedades: 2 = manchas angulares y añublo; 3 = síntomas en las hojas y exudación de los tallos y chancros; 4 = muerte descendente y/o defoliación total; 5 = muerte descendente de más de la mitad de la planta o muerte de la misma.

durante la primera que durante la segunda siembra como consecuencia de la disminución en la precipitación y de su distribución (Figura 25).

Con base en estos estudios epidemiológicos se puede afirmar que existe una fuerte interacción entre las condiciones ecológicas y la severidad del CBB. En consecuencia, al seleccionar en el campo por resistencia al CBB, deben estar presentes ciertas condiciones ambientales (duración, cantidad y distribución de las lluvias; temperaturas fluctuantes; e inóculo potencial) y edáficas (humedad del suelo); además, la siembra se debe realizar al inicio de la estación lluviosa.

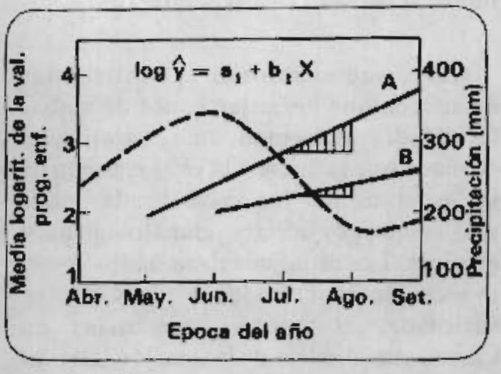


Figura 25. Desarrollo de una epidemia de añublo bacterial de la yuca, en Carimagua, en 100 variedades susceptibles (10 plantas/variedad) sembradas en abril (A) y 25 variedades susceptibles sembradas en mayo (B), con relación a la precipitación mensual. a_1 = intercepto de y - la enfermedad inicial presente; b_1 = valuación del progreso de la enfermedad; X=tiempo.

Aparentemente, es posible reducir la severidad de enfermedades tales como el CBB y el superalargamiento (véase la siguiente subsección), las cuales requieren períodos prolongados para la ocurrencia de la fase exponencial mediante la programación de las siembras con base en la duración de la estación lluviosa. Sin embargo, como el ciclo de cultivo de la yuca es de aproximadamente 12 meses y las estacas de la cosecha anterior generalmente se utilizan para la siembra siguiente, estas enfermedades pueden afectar severamente la estabilidad de una variedad si ésta no presenta resistencia. Para áreas en donde las condiciones ambientales y/o edáficas no favorecen el establecimiento y desarrollo de la enfermedad (como en Media Luna) sería

suficiente que el material tuviera resistencia moderada.

Enfermedad del Superalargamiento

El desarrollo de una epidemia de superalargamiento en variedades susceptibles sembradas en Carimagua al inicio de la estación de mayor pluviosidad y 32 días después, mostró el mismo patrón que el observado para el CBB. Para la segunda siembra también se observó: a) un retraso en la expresión total de los síntomas y b) la severidad de la enfermedad fue mayor durante la primera siembra en comparación con la segunda (Figura 26). El efecto de la precipitación sobre esta enfermedad es comprensible, puesto que las esporas requieren agua libre para su germinación (Informe Anual del CIAT, 1976). Esto también indica que existe una fuerte interacción entre la enfermedad y el ambiente; en sitios en donde la precipitación es dispersa, se reduce la severidad de la enfermedad. En forma similar, cuando se seleccione por resistencia a esta enfermedad, es muy importante sembrar al inicio de la estación lluviosa.

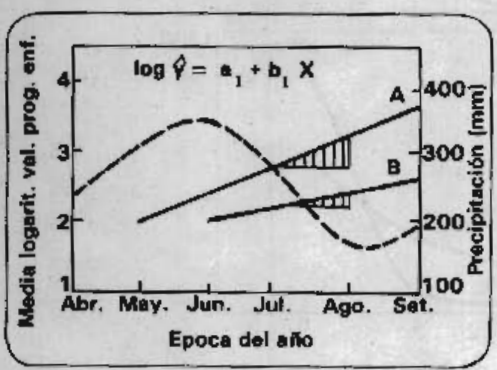


Figura 26. Desarrollo de una epidemia de superalargamiento en Carimagua, en 100 variedades susceptibles (10 plantas/variedad), sembradas en abril (A) y 25 variedades susceptibles sembradas en mayo (B), con relación a la precipitación mensual. a_1 =intercepto de y - enfermedad inicial presente; b_1 = valuación del progreso de la enfermedad; X = tiempo.

La distribución de los cultivares (1348), según la escala de daño, a medida que se desarrolló una epidemia de superalargamiento en Carimagua, mostró una distribución inicial de tipo bimodal en junio, formada por dos grupos — uno incluyendo aquellos cultivares calificados con grados de 4-5 (susceptibles) y el segundo grupo calificado con grados de 1-2 (resistentes). A medida que aumentó la epidemia, la distribución tomó una forma unimodal (Figura 27). En contraste, la distribución formada por el aumento de la epidemia de CBB siempre tuvo una forma unimodal. Este comportamiento de la epidemia de superalargamiento pudo ser ocasionado por: a) la existencia de un tipo de resistencia temprana presente en algunas pero no en todas las variedades de yuca, la cual se rompe con la edad de la planta; b) la presencia de diferentes biotipos (razas) del patógeno con diferentes potenciales de inóculo o c) diferencias pequeñas en el sistema de calificación entre 2-3 ó 3-4. Se están adelantando experimentos para confirmar cualquiera de estos factores.

La posible relación existente entre la reacción varietal al superalargamiento *versus* otras enfermedades de las hojas y tallos en el ecosistema de Carimagua (Cuadro 11) mostró un 12.2 por ciento de los cultivares con resistencia al superalargamiento (una sola enfermedad) pero sólo un 0.6 por ciento resistente a otras enfermedades foliares y del tallo (CBB, antracnosis y manchas foliares ocasionadas por *Cercospora).*

Cuero de Sapo

Se hicieron estudios sobre la transmisión mecánica del cuero de sapo entre variedades de yuca, utilizando cuchillos infestados; también, se inocularon varias especies de plantas diferenciales de enfermedades virales mediante in-

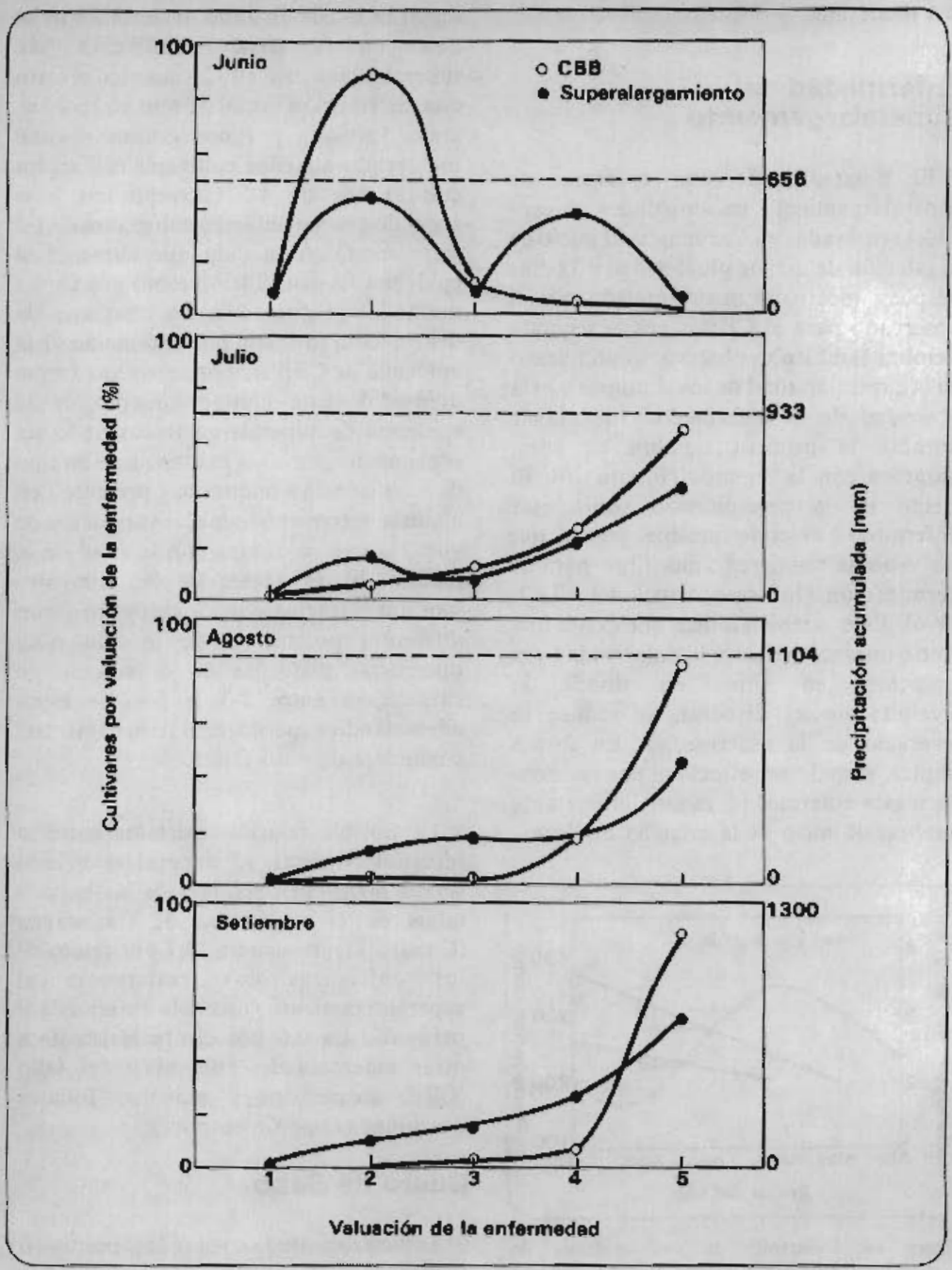


Figura 27. Distribución de cultivares de yuca por valuación de la enfermedad, según el aumento de la epidemia del añublo bacterial de la yuca (CBB) y el superalargamiento, con relación a la precipitación acumulada en Carimagua.

oculaciones por frotamiento de savia. Los resultados indican que la transmisión de la enfermedad mediante cuchillos infestados es relativamente alta; ninguno de los diferenciales inoculados mediante el frotamiento de savia presentó infección. Las plantas obtenidas de semillas por polinización libre producidas en plantas enfermas, resultaron sanas; aún no se ha investigado la transmisión de la enfermedad por medio del polen. Actualmente, la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT está haciendo esfuerzos por obtener plantas libres de la enfermedad mediante el cultivo de meristemos.

Otras Enfermedades de la Yuca

En parcelas experimentales de Carimagua y Media Luna se encontró una especie de *Choanephora* asociada con el CBB. Aparentemente, este patógeno incrementa la ocurrencia del añublo y de la caída de las hojas. Los estudios preliminares mostraron que el hongo penetra por heridas en la planta.

Se evaluaron 373 variedades de yuca por su resistencia a la mancha parda y a la mancha blanca, ocasionadas por especies de *Cercospora*. Los ensayos se realizaron en Media Luna, en donde ambas enfermedades son endémicas. Se encontraron más variedades resistentes a la mancha parda que a la mancha blanca. También, se identificaron algunas variedades con resistencia moderada a ambas enfermedades.

Pudrición Radical

Se determinó el efecto de los residuos de cosecha de cultivos anteriores de yuca sobre la incidencia de la pudrición radical. Las parcelas se establecieron en CIAT-Palmira en donde se había cultivado yuca durante dos ciclos consecutivos antes del experimento. Después de cosechar la segunda siembra, la cual no mostró pudrición radical, se removieron los residuos de cosechas de algunas parcelas y se incorporaron al suelo los residuos de otras. La germinación de estacas seleccionadas de M Col 22 y CMC 84 se redujo en un 11 y 20 por ciento, respectivamente, al comparar las parcelas limpias con las que tenían residuos de cosecha. La incidencia de la pudrición radical en ambas variedades también fue mayor en las parcelas con residuos que en las limpias, y los rendimientos se redujeron a un 17 y 32 por ciento para M Col 22 y CMC 84, respectivamente, en las parcelas con residuos (Cuadro 13). Si estas parcelas se siembran continuamente con yuca, se puede esperar que las infestaciones de estos patógenos presentes en el suelo aumenten drásticamente. Sin embargo, esto depende de las condiciones ambientales y de las características del suelo. Si el suelo se encuentra infestado, es necesario eliminar los residuos de cosecha de la yuca y rotar cultivos o permitir el libre crecimiento de rastrojo durante el siguiente período.

Protección del Material Vegetativo de Siembra

Desinfectantes para Herramientas

Se sumergieron las estacas en soluciones con diferentes desinfectantes utilizados comúnmente para desinfestar herramientas, a fin de determinar si estos productos químicos afectan el enraizamiento posterior de las estacas. Ninguno de los siguientes desinfectantes comunes afectan el enraizamiento: formaldehido (5%, pH 3.4); cloruro de mercurio (1%, pH 4.3); cloruro de sodio (1%, pH 5.5); alcohol (70%, pH 6.6); detergente Inextra (2%, pH 10.5); hipoclorito de calcio (0.5% pH 11.7); hipoclorito de sodio (1%, pH 11.8);

Cuadro 13.

Efectos de los residuos de las plantas de una cosecha anterior de yuca sobre la germinación, incidencia de la pudrición radical y rendimiento de raíces frescas de yuca, en CIAT-Palmira.

Variedad	Condición de la parcela	Germinación (%)	Pudición radical (%)	Rendimiento de raíces (ton/ha)	Reducción del rendimiento (%)
M Col 22	Sin residuos	84.4	2.1	27.5	
M Col 22	Con residuos	73.4	3.5	22.8	17.0
CMC 84	Sin residuos	70.3	4.4	28.8	
CMC 84	Con residuos	50.0	6.1	19.4	32.0

fosfato trisódico (19.5%, pH 12.1); jabón Límpido (20%, pH 12.3); e hidróxido de sodio (0.6, pH 13.0). Los productos químicos con un pH bajo se pueden utilizar para prevenir la diseminación de hongos y bacterias por herramientas infestadas y los de pH alto pueden prevenir la diseminación de virus.

Fungicidas

Se ensayaron varios fungicidas solos y en mezclas, a diversas concentraciones, con el fin de determinar su efecto protector en la forma de inmersiones para las estacas. La mezcla de captan (no sistémico) y BCM (sistémico), cada uno a razón de 3000 ppm, fue el mejor tratamiento. Se observó que la mezcla: a) dió protección contra una amplia gama de patógenos fungosos; b) tuvo un efecto prolongado, especialmente cuando las estacas se almacenaron; c) erradicó algunas infecciones fungosas y d) incrementó el vigor.

Mezclas Fungicidas/Insecticidas

Con el fin de integrar el control de enfermedades e insectos que atacan las estacas, la mezcla de captan/BCM se combinó con varios insecticidas. Las combinaciones que permitieron un 100 por ciento de enraizamiento de las estacas y la germinación de las yemas después de 60 días de almacenamiento fueron las siguientes: a) Fungicidas con malathion (CE 1 ml/litro de agua). El malathion se debe mezclar con el agua antes de agregar los fungicidas para prevenir los efectos de la incompatibilidad. Cuando los fungicidas se mezclaron antes del malathion ocurrió una reacción que inhibió totalmente el enraizamiento y la germinación de las estacas (Figura 28). b) La inmersión de las estacas en una solución de malathion (CE 1 ml/litro de agua) y después de seca, en la mezcla fungicida. c) La inmersión de las estacas en los fungicidas, y posteriormente, el espolvoreo de cada estaca con 1 g de aldrín 2.5.

Este último tratamiento fue uno de los más efectivos, no solamente porque aseguró el enraizamiento y la germinación de las yemas sino también porque redujo el ataque de comejenes durante un experimento realizado en Media Luna. Como los fungicidas disminuyen o eliminan la pudrición de las estacas, se evita el ataque de comejenes el cual parece ser frecuente en las estacas muertas o en los tejidos de tallo.

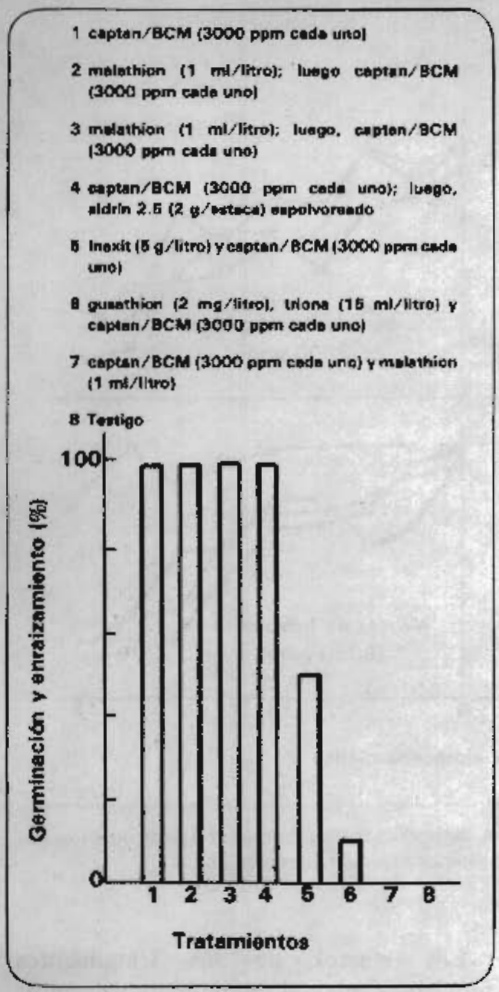


Figura 28. Germinación y enraizamiento de estacas de yuca, después de su tratamiento con mezclas de captan/BCM más insecticidas, y después de su almacenamiento durante 60 días.

Almacenamiento de Estacas

Los cultivadores de yuca suelen almacenar las estacas que plantarán en la siguiente siembra; esta práctica ocasiona pérdidas severas en la población como consecuencia de una mala germinación, de un mal enraizamiento y de una disminución en el vigor de las plantas establecidas. Esto se debe a varios factores: a) deshidratación de las estacas; b) ataque microbiano o de insectos y c) germinación prematura de las yemas, lo cual agota los nutrimentos disponibles. En 1978 se adelantaron trabajos para resolver cada uno de estos problemas.

Deshidratación de las Estacas

La deshidratación de las estacas se evitó mediante su almacenamiento en bolsas de polietileno o tratándolas con alginato sódico (Agricol), una gelatina soluble en agua. La formación de una película seca de esta gelatina sobre la superficie de la estaca permite el intercambio de oxígeno pero evita la pérdida de agua.

Daño por Enfermedades/Insectos

Los daños ocasionados por enfermedades y/o insectos se evitaron mediante el tratamiento de las estacas con soluciones fungicidas/insecticidas antes de su empaque en bolsas de polietileno o agregándole a la solución alginato sódico; si se agrega este último aditivo no es necesario almacenar las estacas en bolsas.

Se obtuvo un 90 por ciento de enraizamiento y germinación de las estacas de 20 cm tratadas con captan/BCM y almacenadas durante 12 semanas en bolsas de polietileno a temperatura ambiente (Figura 29). Aproximadamente, un 95 por ciento de las estacas de 20 cm obtenidas de tallos largos (70 cm) enraizaron y germinaron cuando se almacenaron durante 10 semanas sobre un piso seco, bajo condiciones ambientales (24°C, 80% de HR) después de su tratamiento con captan/BCM (2000 ppm cada uno) (Figura 30). En forma similar, el 90 por ciento de las estacas de 20 cm enraizaron y germinaron después de 90 días de almacenamiento cuando se trataron

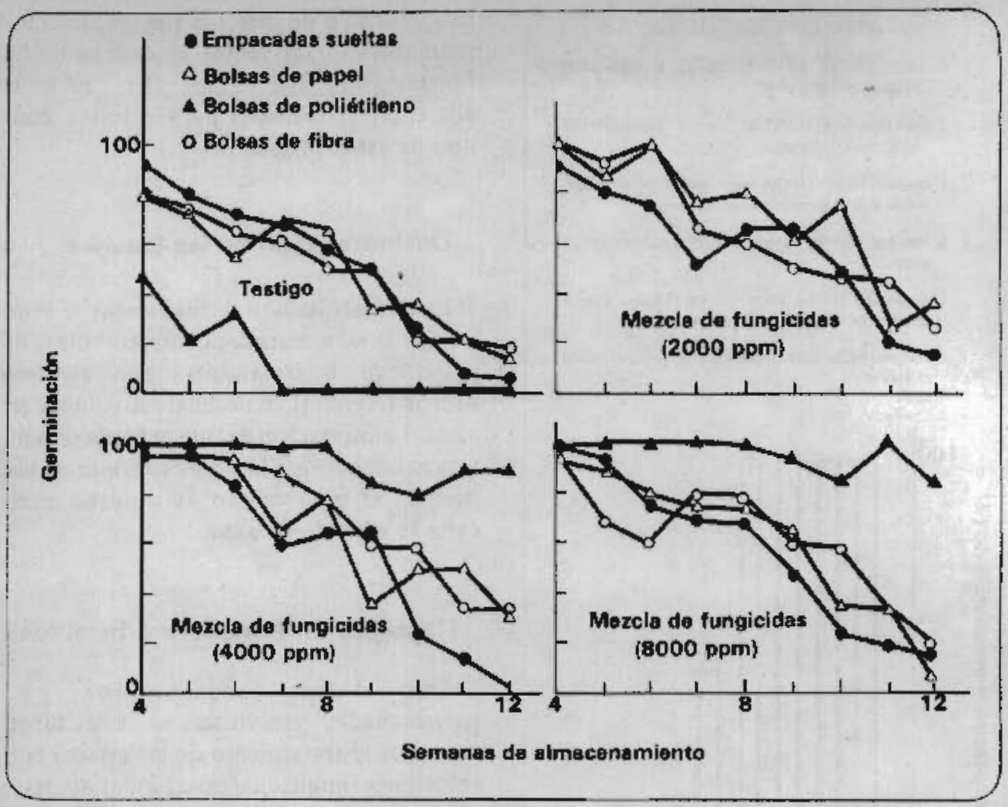


Figura 29. Efectos sobre la germinación de estacas de 20 cm, después de su tratamiento con 3 concentraciones de mezclas de fungicidas captan/BCM y almacenamiento posterior con diferentes métodos.

mediante su inmersión en una solución de captan/BCM (3000 ppm) más alginato sódico (10,000 ppm) y se mantuvieron bajo condiciones ambientales.

El tratamiento de las estacas inmediatamente después de la cosecha, independientemente del tiempo posterior de almacenamiento, aumentó los rendimientos de raíces frescas/ha (Figuras 31 y 32).

Cuando se trataron estacas cortas (20 cm de largo) con fungicidas antes de su almacenamiento, los rendimientos fueron siempre mayores que el testigo y la diferencia obtenida aumentó con el tiempo de almacenamiento (Figura 31).

Los efectos de los tratamientos fungicidas sobre el rendimiento de estacas largas no fueron tan pronunciados como con las estacas cortas; sin embargo, el aumento en rendimiento fue considerable (Figura 32).

Germinación de Yemas

Teóricamente, la germinación temprana de las yemas se puede retrasar o acelerar mediante el uso de reguladores del crecimiento. Se identificaron varios productos químicos que inhiben o aceleran la germinación de las yemas y el crecimiento de retoños. Se iniciaron investigaciones para su utilización, antes y después del almacenamiento de las estacas.

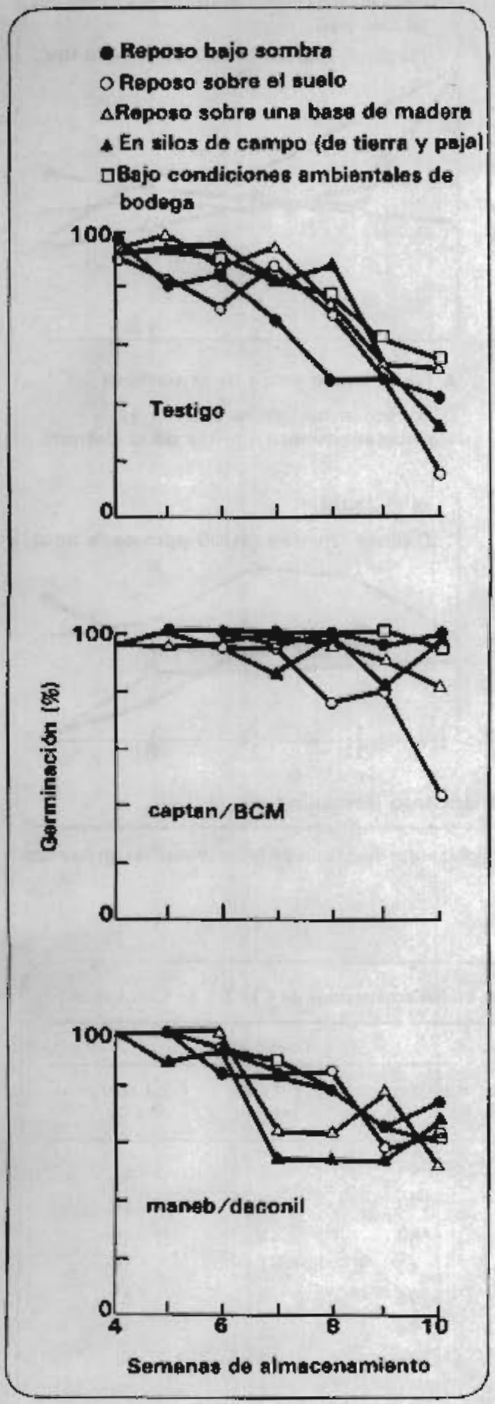


Figura 30. Germinación de estacas de yuca (50 cm de largo), después de su tratamiento con mezclas de dos fungicidas (4000 ppm) y almacenamiento posterior.

Influencia del Ecosistema sobre la Producción de Estacas para Siembra

Además de los estudios mencionados en la primera parte de esta sección relacionados con los Factores Negativos sobre la Producción (FNP) presentes en los ecosistemas, la Sección de Fitopatología del Programa de Yuca también estudió en qué forma estos factores afectan la producción de material vegetal para obtención de estacas. En ecosistemas con severos FNP (como Carimagua y Popayán), se observó una reducción drástica en la producción de estacas por planta y en el enraizamiento de las mismas. Los datos preliminares indican que la producción de estacas en dichos ecosistemas parece estar relacionada con el nivel de resistencia a los FNP presentes en cada ecosistema.

La producción de estacas para siembra por planta puede disminuir en tal medida que una variedad o híbrido introducido y no adaptado podría desaparecer después de unos pocos ciclos de cultivo. De manera similar, el nivel de enraizamiento de las estacas disminuye considerablemente, lo cual conduce a que los cultivares introducidos también pueden desaparecer, después de unos pocos ciclos de cultivo (Cuadro 14).

En vista de que: a) los productores comunmente utilizan material de siembra obtenido de cultivos anteriores o de regiones cercanas; b) la producción de material de siembra certificado y su embarque desde los centros de producción es costoso y riesgoso; y c) en el cultivo de yuca, aparentemente, existen grandes interacciones de tipo ecológico, entonces la producción de estacas/planta/variedad se debe considerar como un factor de importancia en la selección por adaptación y estabilidad.

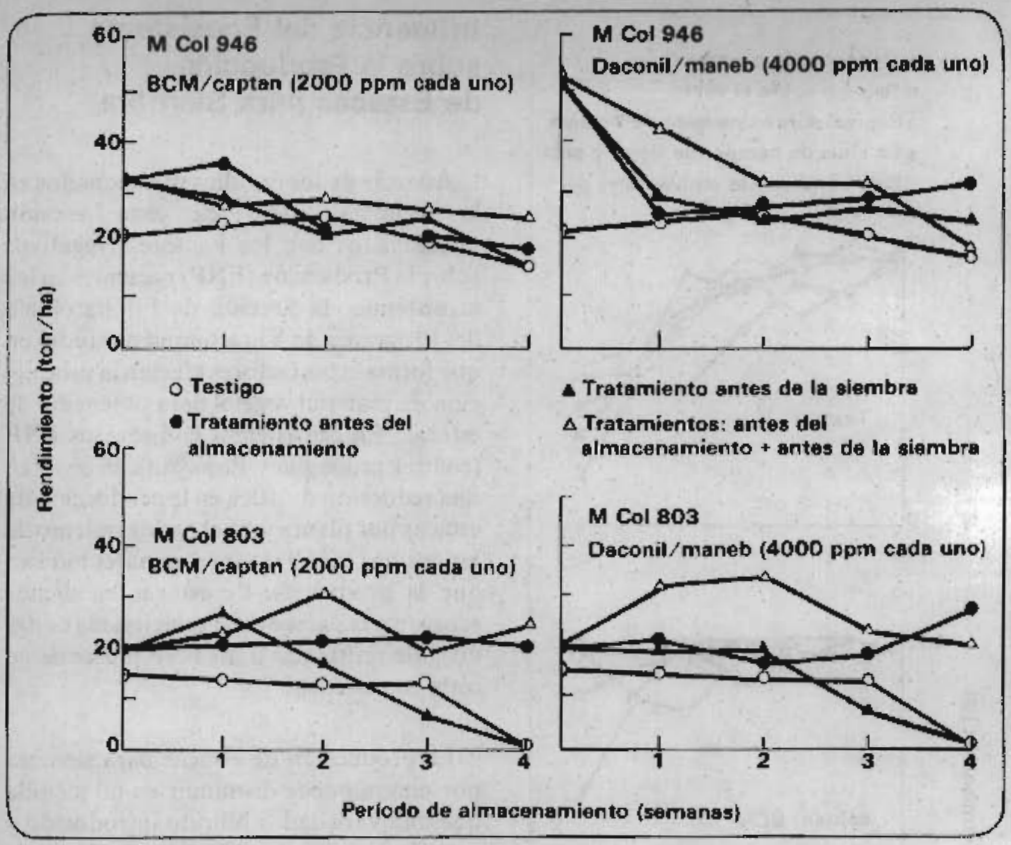


Figura 31. Rendimiento de raíces frescas de plantas de yuca obtenidas de estacas de 20 cm, tratadas con mezclas de dos fungicidas antes y después del almacenamiento.

Cuadro 14.

Producción de estacas de varios cultivares, establecidas en los ecosistemas de CIAT y de Carimagua.

Cultivar	CIAT		Carimagua		
	Estacas/ planta	Enraizamiento (%)	Enraizamiento[1] (%)	Estacas/ planta	Enraizamiento[2] (%)
M Col 113	15	100	95	1	63
M Col 638	12	100	90	3	60
M Col 845A	12	100	80	1	0
M Col 1351	12	100	80	1	50
M Col 1684	10	100	98	3	83
Llanera	10	99	94	1	37
M Pan 19	8	100	100	3	80
M Ven 38	8	100	93	1	70
M Ecu 82	10	100	100	3	70

1 Enraizamiento de estacas provenientes de CIAT-Palmira y sembradas en Carimagua.
2 Enraizamiento en Carimagua de estacas producidas con material proveniente de Carimagua, después del primer ciclo de crecimiento.

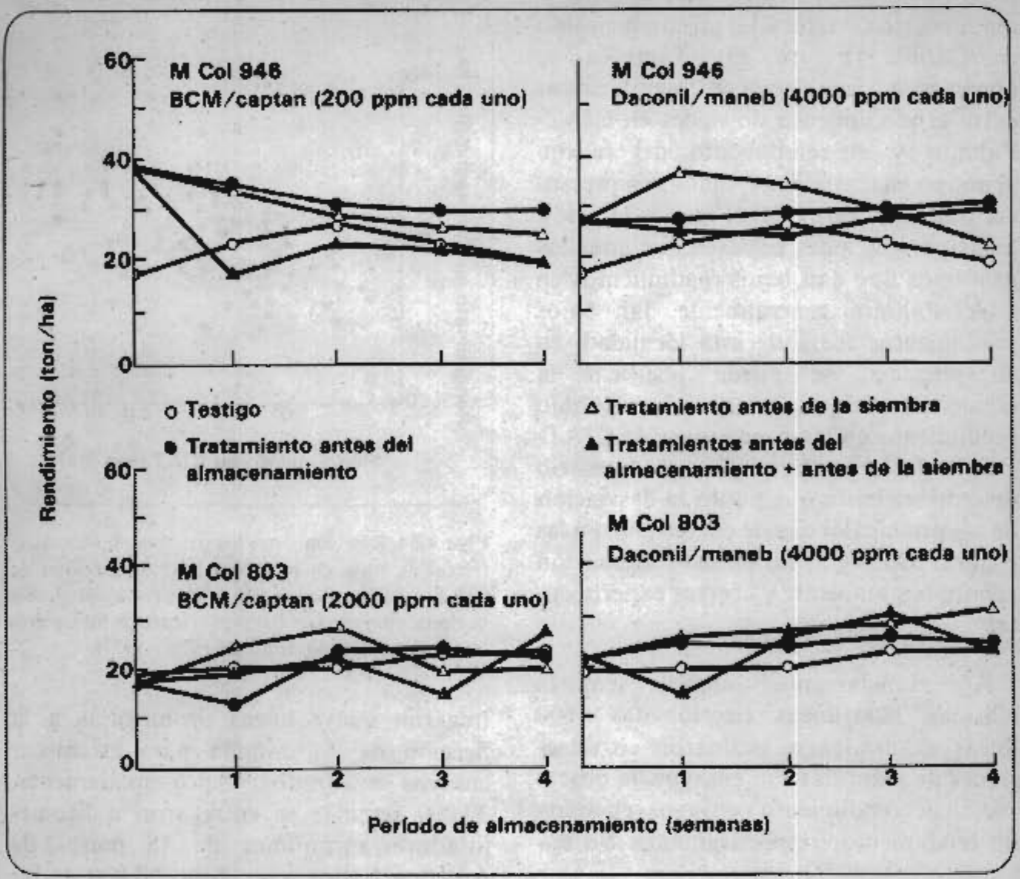


Figura 32. Rendimientos de raíces frescas, en cultivos de yuca, obtenidos de estacas de tallo (longitud: 70 cm) tratadas con mezclas de dos fungicidas, antes y después del almacenamiento.

MEJORAMIENTO VARIETAL

Las principales actividades de la Sección de Mejoramiento Varietal incluyen la identificación de genotipos parentales, la hibridación, la selección de plántulas F_1, la realización de ensayos de observación en hileras individuales, la realización de ensayos repetidos de rendimiento y la identificación de los materiales más promisorios para su multiplicación y para el establecimiento de pruebas regionales por la Sección de Agronomía. Todas estas actividades se llevan a cabo en CIAT-Palmira y los ensayos de observación y los de rendimiento repetidos también se llevan a cabo en Caribia (costa norte de Colombia) y Carimagua (Llanos Orientales). Una adición importante a estas actividades rutinarias en 1978 fue la introducción de la selección de plántulas F_1 en Carimagua.

Las condiciones de CIAT-Palmira son representativas de un ambiente de alto rendimiento; las de Caribia son más representativas de una región productora de yuca y las de Carimagua, representan un ambiente marcadamente adverso. El rendimiento de raíces en CIAT-Palmira mostró una correlación significativa con el

rendimiento de raíces del mismo genotipo en Caribia (Figura 33). También, se observaron correlaciones significativas entre el rendimiento de raíces en CIAT-Palmira y el rendimiento del mismo genotipo en Carimagua, ambos en presencia o ausencia de CBB (Figuras 34 y 35). Estas correlaciones sugieren que aquellos genotipos que dan bajos rendimientos en CIAT-Palmira generalmente dan bajos rendimientos fuera de esta localidad; en consecuencia, se puede justificar la eliminación temprana de genotipos de bajo rendimiento en las condiciones de CIAT-Palmira. Claro está que aún es necesario determinar hasta qué punto la desviación de los principales ejes de correlación en las Figuras 33, 34 y 35 se debe a la interacción genotipo x ambiente y al error experimental.

Aproximadamente, 45,000 semillas híbridas, 3800 líneas seleccionadas y 600 líneas avanzadas se evaluaron en selecciones de plántulas F_1, ensayos de observación del rendimiento y ensayos repetidos de rendimiento, respectivamente. Se entregaron nueve líneas promisorias a la Sección de Agronomía para establecer ensayos avanzados. Aproximadamente, 32,000 semillas se entregaron a fitomejoradores/agrónomos de 18 países de América Latina y de Asia, 18,000 de las

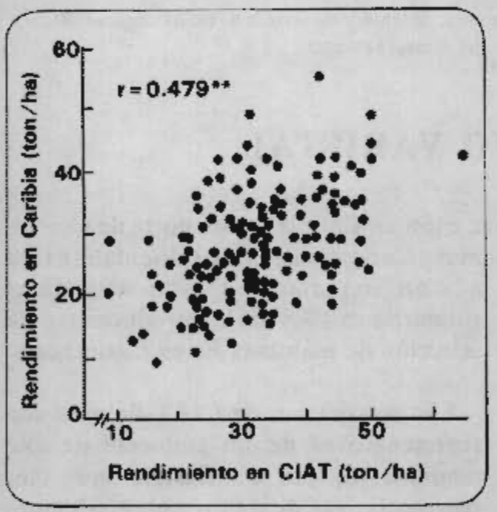


Figura 33. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca en cultivos del mismo genotipo, en CIAT y en Caribia. (Los datos provienen de los ensayos replicados de rendimiento de 1976, 1977 y 1978).

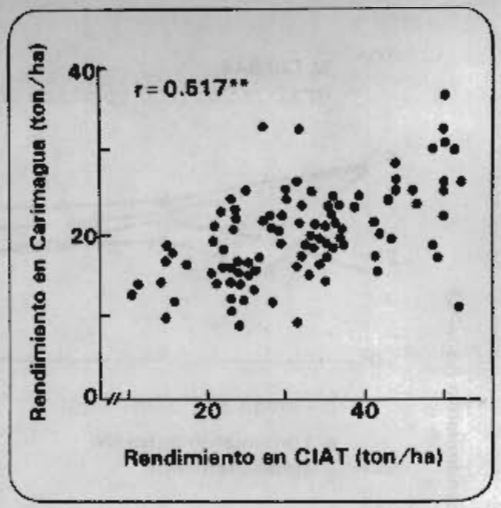


Figura 34. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca, en cultivos del mismo genotipo, en CIAT y en Carimagua (sin la presencia del añublo bacterial común). Los datos provienen de los ensayos replicados de rendimiento de 1976 y 1977).

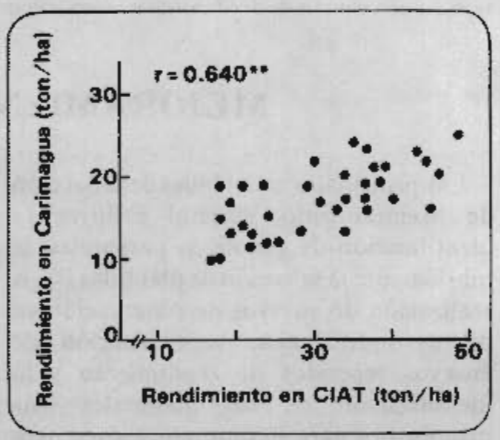


Figura 35. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca en cultivos del mismo genotipo en el CIAT y en Carimagua (con incidencia del añublo bacterial). (Los datos corresponden a la siembra de setiembre del ensayo replicado de rendimiento de 1977-78).

cuales eran semillas híbridas de cruzamientos controlados.

En la producción de semilla híbrida, para la selección de plántulas F_1 que se utilizarán en el establecimiento de los ensayos de observación del rendimiento y los ensayos repetidos de rendimiento, se requiere un período de un año. Por consiguiente, las líneas avanzadas evaluadas en los ensayos replicados de rendimiento en CIAT-Palmira durante 1978, son principalmente hibridaciones hechas en 1974. Las líneas evaluadas en ensayos repetidos de rendimiento en Caribia y Carimagua provinieron de hibridaciones hechas en 1973. A partir de 1978, la Sección de Mejoramiento Varietal puede proporcionar datos bastante completos acerca de los materiales promisorios que se han entregado a la Sección de Agronomía para su multiplicación.

Rendimiento y Adaptación

En todos los seis ensayos repetidos de rendimiento realizados en CIAT-Palmira y en Caribia, las líneas del CIAT (líneas F_1 cruzadas y seleccionadas por la Sección de Mejoramiento Varietal) dieron, en promedio, mayores rendimientos que las accesiones seleccionadas del banco de germoplasma (seleccionadas por la misma sección) (Cuadros 15 y 16). Los rendimientos de las líneas del CIAT y de las accesiones seleccionadas de germoplasma fueron mucho más altos que los rendimientos de los cultivares locales. En Carimagua, las líneas del CIAT y las accesiones seleccionadas de germoplasma presentaron aproximadamente los mismos niveles de rendimiento siendo mucho más altos que los obtenidos con los cultivares locales (Cuadro 17). Las mejores líneas del CIAT sobrepasaron los rendimientos de los cultivares locales en un 200-350 por ciento.

Algunas líneas del CIAT, como CM 305-38, CM 321-188 y CM 323-375, dieron buenos rendimientos bajo las condiciones de CIAT-Palmira (más de 50 ton/ha) y Caribia (más de 40 ton/ha), lo cual indica que no solamente producen altos rendimientos sino que también presentan una amplia adaptación. Como las diferencias ambientales entre CIAT-Palmira y Caribia son representativas de una gran porción de las áreas productoras de yuca, estas líneas avanzadas serán candidatas para su futura entrega a los agricultores como cultivares recomendados, siempre y cuando presenten un buen comportamiento en las pruebas regionales.

La selección por caracteres tales como calidad para el consumo, contenido de almidón y facilidad de cosecha son muy importantes ahora que se ha demostrado su alta capacidad de rendimiento y amplia adaptabilidad. Para condiciones adversas, como las que prevalecen en Carimagua, la prioridad continúa siendo una combinación de la alta capacidad de rendimiento con la resistencia a enfermedades e insectos.

Líneas Promisorias

El Cuadro 18 presenta información sobre diversas líneas avanzadas promisorias. La Sección de Agronomía las está multiplicando y muchas fueron ya sembradas en las pruebas regionales de 1978-79. El primer grupo de líneas promisorias proviene de las hibridaciones hechas en 1973, cuando poco se conocía acerca de la resistencia genética a las enfermedades. Estas líneas no presentan resistencia completa a las enfermedades y pueden ser inadecuadas bajo condiciones altamente adversas, tales como las encontradas en los Llanos Orientales de Colombia y en el Campo Cerrado en Brasil.

Cuadro 15.

Resultados de los ensayos replicados de rendimiento con 434 genotipos de yuca, establecidos en CIAT, 1977-78.

	Ensayos establecidos[1]					
	I		II		III	
	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces
Prom. de todos los genotipos	28.5	.340	40.3	.362	34.1	.359
Prom. de los cultivares locales	22.8	.286	23.3	.305	18.9	.341
Prom. de los cultivares testigo[2]	18.9	.326	27.8	.338	27.6	.354
Prom. de todas las accesiones seleccionadas del germoplasma	24.8	.338	32.8	.345	30.2	.347
Prom. de todas las líneas del CIAT	28.9	.341	41.2	.365	35.6	.364
Prom. de las mejores 10 líneas del CIAT	51.3	.343	58.4	.362	53.0	.370
Material con mayor rendimiento	54.2	.350	79.2	.354	67.2	.375
	(CM 440-5)		(CM 489-1)		(CM 321-188)	

1 I — 223 genotipos; sembrados el 3 de mayo de 1977, cosechados el 22 de mayo de 1978. II — 121 genotipos; sembrados el 24 de setiembre de 1977, cosechados el 24 de setiembre de 1978. III — 90 genotipos; sembrados el 15 de noviembre de 1977, cosechados el 13 de noviembre de 1978.
2 Llanera y M Col 22.

El segundo grupo de líneas promisorias proviene de hibridaciones hechas a partir de 1974, o sea, después de que se ha puesto un mayor énfasis en la resistencia a las enfermedades, en el desarrollo del programa de hibridación y selección. Entre estos materiales están surgiendo líneas con alta capacidad de rendimiento, resistencia a las enfermedades y características agronómicas favorables (Cuadro 18).

Resistencia Genética al CBB y al Superalargamiento

Entre las varias enfermedades que atacan a la planta de yuca, el añublo bacteriano (CBB) es el más devastador y el superalargamiento el más conspicuo, posiblemente con la excepción del mosaico africano de la yuca el cual no se ha encontrado en América Latina y en la mayor parte de Asia. La infección de la planta con cualquiera de estas dos enfermedades, durante las etapas tempranas de crecimiento, puede reducir severamente los rendimientos de los genotipos de yuca susceptibles (Informes Anuales del CIAT, 1973 y 1975). La resistencia genética se considera como la mejor medida de protección de la yuca contra las reducciones de rendimiento ocasionadas por las enfermedades.

Cuadro 16.

Resultados de los ensayos replicados de rendimiento, con 117 genotipos de yuca, establecidos en Caribia, 1977-78.

	Ensayos establecidos[1]					
	I		II		III	
	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces
Prom. de todos los genotipos	26.7	.285	30.4	.309	29.7	.286
Prom. de los cultivares locales	16.9	.324	26.7	.366	-	-
Prom. de los cultivares testigo[2]	23.2	.261	20.6	.306	17.3	.291
Prom. de todas las accesiones seleccionadas del germoplasma	23.8	.287	22.0	.339	23.8	.298
Prom. de todas las líneas del CIAT	27.5	.284	32.1	.305	30.6	.283
Prom. de las mejores 10 líneas del CIAT	39.7	.296	41.7	.311	37.9	.284
Material con mayor rendimiento	49.4	.299	51.9	.284	54.6	.302
	(CM 309-277A)		(CM 323-403)		(CM 305-38)	

1 I — En Caribia: 64 genotipos, sembrados con estacas de siembra localmente preparadas, el 17 de mayo de 1977 y cosechados el 19 de abril de 1978. II — En Caribia: 30 genotipos, sembrados con estacas de siembra localmente preparadas el 11 de octubre de 1977 y cosechados el 5 de setiembre de 1978. III — Ensayo a nivel de finca, establecido cerca de Ciénaga; 23 genotipos sembrados el 23 de noviembre y el 7 de diciembre de 1977, y cosechados el 23 de octubre de 1978.

2 Llanera y M Col 22.

Muchos genotipos que originalmente se consideraron como resistentes bajo condiciones de infección moderada, resultaron ser susceptibles bajo infecciones severas; sin embargo, se han identificado nuevos genotipos como resistentes. Se analizó bajo condiciones de campo la efectividad de la resistencia actualmente disponible, bajo diferentes niveles de infección de CBB y superalargamiento.

En Caribia, el CBB siempre está presente y puede infectar plantas de yuca desde sus etapas tempranas de crecimiento; sin embargo, el nivel de infección se ha mantenido de bajo a moderado. En estas condiciones, la reducción del rendimiento en plantas altamente susceptibles es de aproximadamente un 20 por ciento y la incorporación de resistencia en genotipos susceptibles puede aumentar sus rendimientos en un 30 por ciento (Cuadro 19). Las estacas de siembra tomadas de un campo de yuca en Caribia, infectado con CBB, se utilizaron en dicho lugar en dos de los tres ensayos repetidos de rendimiento (Cuadro 16). Los rendimientos de las líneas del CIAT fueron muy superiores a los de

Cuadro 17.

Resultados de los ensayos replicados de rendimiento, con 69 genotipos de yuca, establecidos en Carimagua, 1977-78.

	Ensayos establecidos[1]		
	I	II	
	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces
Prom. de todos los genotipos	5.3	15.4	.276
Prom. de los cultivares locales	2.5	9.8	.263
Prom. de los cultivares testigo[2]	2.2	12.3	.270
Prom. de todas las accesiones seleccionadas del germoplasma	5.4	13.5	.280
Prom. de todas las líneas del CIAT	5.3	16.0	.268
Prom. de las mejores 10 líneas del CIAT	6.5	21.2	.283
Material con mayor rendimiento	12.0	24.6	.271
	(M Col 638)	(M Col 1684)	

1 I — 26 genotipos, sembrados el 9 de junio de 1977 y cosechados el 18 de mayo de 1978. II — 43 genotipos, sembrados el 20 de setiembre y el 28 de noviembre de 1977 y cosechados el 2 de octubre de 1978.
2 Llanera y M Col 22.

los cultivares locales. Cuando la infección de CBB es moderada, la preparación de buenas estacas de siembra puede no ser un problema. Aparentemente, todo lo que se requiere para este ambiente es resistencia moderada.

En Carimagua, las plantas de yuca son severamente infectadas por el CBB a menos que se tomen precauciones especiales. Haciendo una siembra temprana (en abril y mayo), ocurre una infección severa en las etapas tempranas del crecimiento (tres meses después de la siembra), en tanto que con la siembra en la estación tardía (setiembre y octubre), las infecciones severas sólo comienzan al inicio de la siguiente estación lluviosa (7 a 8 meses después de la siembra). La disminución del rendimiento en las plantas altamente susceptibles es de aproximadamente un 30 y un 70 por ciento para las siembras tardía y temprana, respectivamente (Cuadro 20).

Las plantas de yuca sufren como consecuencia de la infección por CBB, tanto en términos de los rendimientos de raíces frescas como en su contenido de materia seca. En Carimagua, la alta susceptibilidad de los materiales redujo el contenido de materia seca de las raíces de yuca en aproximadamente un 22 por ciento (Cuadro 21). Un bajo contenido de materia seca en las raíces, en las condiciones de Carimagua, puede ser atribuido a la infección del CBB como también a otros factores del ambiente, como la temperatura.

Para las siembras en la estación tardía, bajo las condiciones de Carimagua, la resistencia actualmente disponible es muy efectiva si se utiliza semilla limpia; sin embargo, para las siembras de la estación temprana, es deseable disponer de niveles de resistencia más altos. Varios genotipos resistentes, recientemente identificados por la Sección de Fitopatología, cons-

Cuadro 18.

Características de algunas líneas híbridas promisorias de yuca.

Cultivar	Cruzamiento (año en el cual se hizo)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha/año)			Contenido de materia seca en las raíces	Calidad para el consumo	Facilidad de cosecha	Color de la cáscara	Reacciones a enfermedades[1]	
		CIAT	Costa Norte	Carimagua					CBB	Superalargamiento
Líneas promisorias										
CM 305-38	M Col 113 x M Col 22 (1973)	34-51	55	20	mediano	buena	fácil	marrón	S	S
CM 305-120	M Col 113 x M Col 22 (1973)	39-51	39	21	bajo	aceptable	promedio	marrón	S	S
CM 305-125	M Col 113 x M Col 22 (1973)	37-48	42	16	mediano	buena	promedio	marrón	S	S
CM 321-188	M Col 22 x M Ven 270 (1973)	61-67	42	14	mediano	aceptable	fácil	blanca	S	S
CM 323-375	M Col 22 x M Mex 59 (1973)	36-63	41	7	mediano	buena	fácil	marrón	S	S
CM 376-407	M Col 22 x M Ven 307 (1973)	27-57	33	8	alto	buena	promedio	blanca	S	S
CM 430-37	Llanera x M Col 647 (1974)	64	-	-	mediano	buena	promedio	marrón	R	MR
CM 459-5	Llanera x M Mex 23 (1975)	40	-	-	alto	buena	difícil	marrón	R	MR
Testigos										
CM 308-197	M Col 22 x M Col 361 (1973)	44-50	33-39	3-21	bajo	mala	difícil	blanca	S	S
M Col 1684		25-51	23-44	10-25	bajo	inaceptable	difícil	blanca	MR	MR
M Col 638		17-31	21-31	12-22	bajo	inaceptable	promedio	amarilla	R	MR
M Ven 218		27-60	21-37	3-13	mediano	buena	difícil	marrón	S	MR
Llanera		20-29	9-19	2-15	bajo	aceptable	difícil	marrón	S	S
M Col 22		13-31	21-35	2-19	alto	buena	fácil	blanca	S	S

1 Valuación por las reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) y al superalargamiento: S = susceptible; MR = moderadamente resistente; R = resistente.

Cuadro 19.

Rendimientos de yuca a diferentes niveles de resistencia al añublo bacterial común (CBB), en cuatro ensayos replicados de rendimiento, establecidos en Caribia.

Valuación por CBB[1]	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango de rendimiento (ton/ha)
1	0	-	-
2	69	27.3	10.7-49.7
3	82	26.7	11.3-51.7
4	52	25.0	10.0-41.9
5	13	21.2	12.6-33.5

1 Valuación por resistencia de campo al CBB, a los 6-10 meses después de la siembra: 1=sin síntomas de la enfermedad; 2=síntomas de la enfermedad solamente en las hojas; 3=hojas y tallos infestados; 4=muerte descendente en <50% de las plantas; 5=muerte de la planta o muerte descendente en el 50% de las plantas.

tituirán una importante adición al programa de hibridaciones.

En Carimagua, las plantas de yuca siempre están infectadas por la enfermedad del superalargamiento. Las infecciones severas ocurren siguiendo patrones idénticos a los del CBB cuando la yuca se siembra temprana o tardíamente. Las reducciones del rendimiento en cultivares altamente susceptibles son de aproximadamente un 17 y un 30 por ciento en las siembras tardías y tempranas, respectivamente (Cuadro 22). El superalargamiento no reduce tan drásticamente el contenido de materia seca de las raíces en los materiales altamente susceptibles como ocurre con el CBB (Cuadro 23).

Como los efectos del superalargamiento en el rendimiento y la calidad de las raíces

Cuadro 20.

Rendimientos de yuca a diferentes niveles de resistencia al añublo bacterial de la yuca (CBB), en dos épocas de siembra, en Carimagua.[1]

	Siembra temprana (abril-mayo)[2]			Siembra tardía (set.-oct.)[3]		
Valuación CBB[4]	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango de rendimiento (ton/ha)	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango de rendimiento (ton/ha)
1	0	-	-	0	-	-
2	2	11.1	10.2-12.0	2	19.6	17.0-22.2
3	6	6.5	4.9- 9.5	7	17.6	8.0-24.6
4	7	5.1	1.8- 9.1	19	16.1	10.4-24.0
5	10	3.6	2.5- 5.3	19	13.6	4.2-23.3

1 Un ensayo replicado de rendimiento, en cada época de siembra.
2 Reacción al CBB evaluada 5 meses después de la siembra.
3 Reacción al CBB evaluada 8 meses después de la siembra.
4 Ver pie de cuadro del Cuadro 19, para los puntajes (valuación por CBB).

Cuadro 21.

Contenido de materia seca en las raíces, a diferentes niveles de resistencia al añublo bacterial de la yuca (CBB), en un ensayo de rendimiento replicado, establecido en el ciclo tardío de siembra, en Carimagua.

Valuación por CBB[1]	No. de genotipos	Contenido prom. de materia seca en las raíces	Contenido prom. de materia seca en las raíces sin infección por CBB, en el CIAT
1	0	-	-
2	2	.325	.349
3	7	.285	.342
4	19	.271	.345
5	19	.253	.360

1 Valuación (puntaje) hecha a los 8 meses después de la siembra. Los puntajes son los mismos que se incluyen en el pie de cuadro del Cuadro 19.

de yuca no son tan severos como los ocasionados por el CBB, los niveles actualmente disponibles de resistencia genética son suficientemente efectivos.

Selección por Resistencia al CBB y al Superalargamiento

Se ha observado un mejoramiento significativo en la reacción al CBB entre genotipos evaluados en ensayos de observación del rendimiento realizados en Carimagua entre 1974 y 1978 (Cuadro 24). Como todas las líneas evaluadas en estos ensayos provienen del CIAT el único aporte al mejoramiento de la resistencia al CBB, durante este período, ha sido la inclusión de genotipos resistentes al CBB, tales como M Col 647 y M Col 638, en el programa de hibridaciones los cuales se

Cuadro 22.

Rendimientos de yuca, a diferentes niveles de resistencia a la enfermedad del superalargamiento, en dos épocas de siembra, en Carimagua.[1]

Valuación por superalargamiento[2]	Siembra temprana (mayo)[3]			Siembra tardía (oct.)[4]		
	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango del rendimiento (ton/ha)	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango del rendimiento (ton/ha)
1	0	-	-	0	-	-
2	18	22.2	12.2-33.0	5	20.6	18.1-24.3
3	10	21.6	13.9-33.0	10	22.5	15.3-36.8
4	10	17.3	9.0-32.3	14	20.7	16.0-25.0
5	12	15.2	10.4-24.0	20	17.6	10.4-24.7

1 Todas las siembras se mantuvieron libres de infecciones causadas por el añublo bacterial de la yuca (CBB).
2 Los puntajes varían ligeramente de los utilizados por la Sección de Fitopatología. 1 = sin síntomas de la enfermedad; 2 = síntomas de la enfermedad solamente en las hojas; 3 = síntomas de la enfermedad en las hojas de todas las plantas y ocasionalmente, alargamiento de los tallos; 4 = 50% de las plantas presentan alargamiento de los tallos; 5 = muerte de hojas por la infección.
3 Datos de un ensayo replicado de rendimiento evaluado 5 meses después de la siembra.
4 Datos de dos ensayos replicados de rendimiento evaluados 10 meses después de la siembra.

Cuadro 23.

Contenido de materia seca en las raíces, a diferentes niveles de resistencia a la enfermedad de superalargamiento, en Carimagua.[1]

Valuación por superalargamiento[2]	No. de genotipos	Contenido prom. de materia seca en las raíces en Carimagua	Contenido prom. de materia seca en las raíces sin superalargamiento, en CIAT-Palmira
1	0	-	-
2	18	.319	.349
3	10	.317	.342
4	10	.311	.354
5	12	.297	.338

1 Datos de ensayos replicados de rendimiento; los experimentos se mantuvieron libres de infecciones por el añublo bacterial de la yuca (CBB).
2 Valuación hecha a los 5 meses después de la siembra (en mayo). Los puntajes son los mismos que se incluyen en el pie de cuadro 2, del Cuadro 22.

han utilizado como progenitores, y la eliminación de los genotipos extremadamente susceptibles, como M Col 113. Después de un ciclo de selección, en Carimagua, el mejoramiento fue aún más evidente (última línea del Cuadro 24). La correlación de los puntajes dados para evaluar la resistencia al CBB en el mismo genotipo, entre la siembra de 1977 y la siembra de 1978, fue altamente significativa ($r = 0.693^{**}$). Varias líneas han mostrado consistentemente una buena resistencia.

Comparando las reacciones de líneas del CIAT al CBB en Carimagua (infección severa) y Caribia (infección moderada), muchos genotipos con un puntaje de 2 en

Cuadro 24.

Cambios anuales en las reacciones de genotipos de yuca al añublo bacterial (CBB), en Carimagua.[1]

Fecha de siembra	% de genotipos bajo cada puntaje de CBB[2]					Puntaje prom. para la población total	Puntaje prom. de los cultivares testigo		
	1	2	3	4	5		Llanera	M Col 22	M Col 638
Mayo 1974	0	0.3	14	36	52	4.37	3.27	4.17	2.00
Oct. 1975, Mayo 1976, Oct. 1976	Todas las plantaciones se mantuvieron libres del CBB								
Junio 1977	0	3	27	64	6	3.74	3.33	3.64	2.73
Nov. 1977	0	3	20	44	33	4.06	4.35	4.50	3.18
Mayo 1978	0	6	31	43	19	3.76	3.87	4.73	2.67
Mayo 1978 – Después de un ciclo de selección en Carimagua	0	25	47	26	2	3.02	3.50	4.00	2.50

1 Datos de los ensayos de observación del rendimiento excepto para la población seleccionada la cual se siembra como un ensayo repetido de rendimiento.
2 Para los puntajes véase el pie de cuadro 1 del Cuadro 19.

Caribia fueron altamente susceptibles en Carimagua, en tanto que, prácticamente todos los genotipos con un puntaje de 2 en Carimagua continuaron siendo resistentes en Caribia (Cuadro 25). Los genotipos con reacciones susceptibles, bajo las condiciones de Caribia, siempre fueron susceptibles en Carimagua. Esto ocurrió obviamente como consecuencia de la diferencia en la intensidad de la infección, en vez de la interacción de razas de CBB con los genotipos de yuca (véase la Sección de Fitopatología).

Con base en estos resultados se puede establecer que la selección de progenitores resistentes en el campo, bajo las condiciones de Carimagua y su utilización en hibridaciones, es un método muy eficiente para mejorar genotipos de yuca por resistencia al CBB.

Se observó el mismo tipo de mejoramiento de la población con relación a la resistencia al superalargamiento (Cuadro 26) que para la resistencia al CBB. Una gran parte del mejoramiento logrado de 1974 a 1978 se puede atribuir a la inclusión de ciertos genotipos como progenitores, entre ellos M Ven 218 y M Col 1684, eliminando de los programas de hibridación genotipos tales como M Col 113 y M Mex 55.

Cuadro 25.

Comparación de las reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) de los mismos genotipos sembrados en ensayos de observación de rendimiento, en Carimagua y en Caribia.

Valuación por CBB en Caribia	Reacción al CBB en Carimagua				
	1	2	3	4	5
	No. de genotipos				
1	0	7	8	5	0
2	0	14	39	55	40
3	0	2	18	47	60
4	0	0	3	18	52
5	0	0	0	1	39

Nuevamente, se logró un mejoramiento significativo cuando se realizó un ciclo de selección de campo en Carimagua (línea inferior del Cuadro 26). La correlación de los puntajes para evaluar la resistencia del mismo genotipo al superalargamiento entre las siembras realizadas en 1977 y 1978 fue altamente significativa ($r = 0.656^{**}$). Muchas líneas han mostrado consistentemente una alta resistencia.

Comportamiento Genético de la Resistencia al CBB y al Superalargamiento

En un ensayo de campo realizado en Carimagua con seis accesiones de germoplasma, en 15 repeticiones, los puntajes de evaluación por resistencia al CBB y al superalargamiento de algunas accesiones variaron ampliamente. Por ejemplo, el puntaje de resistencia al CBB de M Col 638 fluctuó entre 2 y 5 y el puntaje de la resistencia al superalargamiento en la variedad Llanera también osciló entre 2 y 5. Por otra parte, los puntajes de los genotipos susceptibles, como M Col 113, siempre fueron de 5 para ambas enfermedades (Figura 36).

Un análisis estadístico indicó que las seis accesiones fueron diferentes entre ellas, de la siguiente manera: CBB (de resistente a susceptible): M Col 638 > M Col 1684 > Llanera > M Ven 218 = M Col 22 > M Col 113; superalargamiento: M Ven 218 > M Col 1684 = M Col 638 > Llanera > M Col 22 > M Col 113. Esto indica que la resistencia de campo a estas enfermedades son rasgos continuos y controlados por varios genes.

Dependiendo del genotipo parental, las poblaciones F_1 fueron marcadamente

Cuadro 26.

Cambio anual en las reacciones de genotipos de yuca, a la enfermedad del superalargamiento, en Carimagua.[1]

Fecha de siembra	% de genotipos bajo cada puntaje de superalargamiento[2]					Puntaje prom. de la población total	Puntaje prom. de los cultivares testigo		
	1	2	3	4	5		Llanera	M Col 22	M Col 638
Mayo 1974	0	3	15	29	53	4.31	4.23	4.06	3.50
Oct. 1975	0	4	44	25	27	3.74	3.35	4.00	3.00
Mayo 1976	0	6	35	21	40	3.93	3.50	3.25	2.60
Oct. 1976	0	4	9	18	69	4.54	2.75	4.50	3.25
Junio 1977	0	4	29	50	17	3.79	3.75	4.13	3.25
Nov. 1977	0.4	7	32	33	27	3.79	3.94	4.36	3.76
Mayo 1978	1	13	26	34	27	3.72	3.53	3.93	3.29
Mayo 1978 – Después de un ciclo de selección en Carimagua	0	21	43	17	19	3.34	3.00	5.00	3.00

1 Datos de los ensayos de observación del rendimiento, excepto para la población seleccionada, la cual se siembra como un ensayo replicado de rendimiento.
2 Los puntajes son los mismos que se incluyen en el pie de cuadro 2, del Cuadro 22.

diferentes en lo que respecta a su resistencia al CBB y al superalargamiento (Cuadro 27). Casi todas las líneas F_1 provenientes de cruzamientos entre progenitores susceptibles a ambas enfermedades (SM 76-66 x CM 157-9, SM 76-66 x M Mex 59) fueron susceptibles a ambas enfermedades. Por otra parte, el cruzamiento entre M Col 638 (resistente al CBB y moderadamente resistente al superalargamiento) y M Col 1684 (moderadamente resistente a ambas enfermedades) produjo una alta proporción de líneas F_1 resistentes a ambas enfermedades. Los cruzamientos de M Col 638 con M Ven 218, M Pan 70, M Pan 114 y M Mex 17 (altamente susceptibles al CBB y resistentes al superalargamiento) produjeron una alta proporción de líneas F_1 resistentes al superalargamiento. Estos cruzamientos también dieron como resultado un número considerable de líneas F_1 resistentes a ambas enfermedades. El cruzamiento entre M Col 638 y CM 309-56 (resistente al CBB y susceptible al superalargamiento) produjo una proporción extremadamente alta de líneas F_1 resistentes al CBB. Sin embargo,

Figura 36. Dos científicos observan en el campo varias líneas de mejoramiento, en Carimagua.

Cuadro 27.

Diferencia en la resistencia al añublo bacterial de la yuca (CBB) y al superalargamiento entre diferentes poblaciones F_1 cultivadas en ensayos de observación de rendimiento.

Progenitores	No. de líneas evaluadas	% de líneas resistentes a ambas enfermedades		% de líneas resistentes[3]	
		alta[1]	moderada[2]	al CBB	al superalargamiento
SM 76-66 x CM 157-9	128	0	0	0	0.8
SM 76-66 x M Mex 59	76	0	0	0	5.6
M Col 647 x M Col 638	79	0	10.1	19.0	0
M Ven 168 x M Col 638	70	0	11.4	10.1	8.6
M Ven 270 x M Col 1684	88	1.1	1.1	9.1	1.1
M Col 638 x M Pan 70	118	0.8	6.8	1.7	12.0
M Col 638 x M Pan 114	124	0.8	8.9	2.4	12.9
M Col 638 x M Mex 17	64	1.6	9.4	1.6	17.2
M Col 638 x M Ven 218	112	0.9	7.1	4.5	15.2
M Ven 218 x M Col 638	67	4.5	11.9	9.0	21.8
M Col 638 x CM 309-56	37	2.7	16.7	48.6	2.7
M Col 638 x M Col 1684	137	5.1	18.2	32.1	9.5

1 Puntaje 2 (ver el pie de cuadro 1, Cuadro 19 y pie de cuadro 2, Cuadro 22).
2 Puntaje 3.
3 Incluye líneas resistentes (puntaje 2) a ambas enfermedades.

la mayoría de estas líneas F_1 fue susceptible al superalargamiento.

Aunque la resistencia es obviamente un rasgo continuo, se pueden identificar con facilidad cuatro grupos básicos de accesiones del germoplasma y poblaciones F_1 (Cuadro 28). Este agrupamiento indica que las resistencias al CBB y al superalargamiento son genéticamente independientes entre sí y ambas se pueden combinar.

Las correlaciones entre los puntajes promedio de los progenitores y los puntajes de sus correspondientes poblaciones F_1 fueron altamente significativas para el CBB y el superalargamiento (Figuras 37 y 38). Esto indica que una porción importante de la resistencia de campo al CBB y al superalargamiento está bajo el control de genes aditivos. Por consiguiente, es suficiente y efectivo un programa relativamente simple de hibridación.

Selección de Campo de Plántulas por su Resistencia a Enfermedades

En una siembra hecha en Carimagua en mayo de 1978, las plantas no solamente sufrieron a causa de las infecciones por el CBB y el superalargamiento sino también por la antracnosis.

La correlación entre los puntajes combinados de los genotipos parentales, obtenidos para las tres enfermedades, y el porcentaje de supervivencia de las plántulas F_1 correspondientes, fue altamente significativa (Cuadro 29).

También, fue altamente significativa la correlación entre el puntaje de los

Cuadro 28.

Agrupamientos básicos de las accesiones del germoplasma de yuca y de las poblaciones F_1 según sus reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) y a la enfermedad del superalargamiento.

Reacciones	Accesión o línea	Poblaciones F_1
Susceptible al CBB	M Col 113, M Col 22	SM 76-66 x CM 157-9
Susceptible al superalargamiento	and M Mex 59	SM 76-66 x M Mex 59
		M Col 113 x M Col 22
		M Col 22 x M Mex 59
		M Col 113 x M Mex 59
Resistente al CBB		
Susceptible al superalargamiento	CM 309-56	M Col 638 x CM 309-56
Susceptible al CBB	M Ven 218, M Mex 17,	M Col 638 x M Ven 218
Resistente al superalargamiento	M Pan 70 and	M Col 638 x M Mex 17
	M Pan 114	M Col 638 x M Pan 70
		M Col 638 x M Pan 114
Resistente al CBB		
Resistente al superalargamiento	M Col 638	M Col 638 x M Col 1684

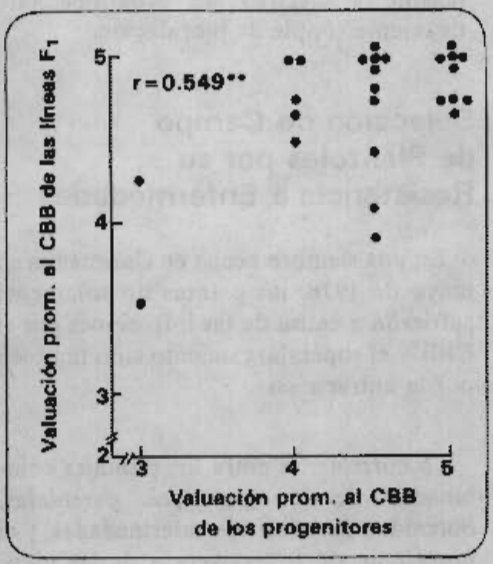


Figura 37. Relación que presentan las reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) entre progenitores y su correspondiente población F_1, con base en puntajes (valuaciones) promedios. (Los datos provienen del ensayo de observación del rendimiento).

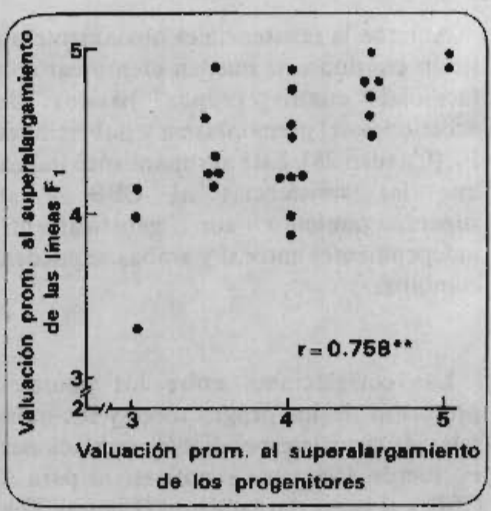


Figura 38. Relación de las reacciones al superalargamiento entre progenitores y sus correspondientes poblaciones F_1, con base en puntajes (valuaciones) promedios. (Los datos provienen del ensayo de observación del rendimiento.)

Cuadro 29.

Relación entre los puntajes (valuaciones) combinados de genotipos parentales por su reacción al añublo bacterial de la yuca (CBB), superalargamiento y antracnosis, y la supervivencia de sus correspondientes plántulas F_1.

Puntaje prom. de 3 enfermedades en las líneas parentales[1]	No. de familias en cada grupo porcentual de plántulas sobrevivientes						
	0%	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-100
2.0	0	0	0	1	0	2	1
2.5	0	0	8	5	4	2	0
3.0	1	8	5	7	7	2	1
3.5	6	10	10	7	4	0	0
4.0	5	13	18	7	4	0	0
4.5	12	10	12	1	0	0	0
5.0	10	8	1	0	0	0	0

1 Las líneas parentales se sembraron por estacas.

progenitores por resistencia al CBB y el porcentaje de plántulas de su progenie infectadas con CBB (Cuadro 30). Sin embargo, el mismo tipo de correlación para el superalargamiento no fue muy significativo ($r = 0.168^*$). Esto pudo haber ocurrido debido a que la infección por superalargamiento ocurrió después de que muchas plántulas habían muerto como consecuencia del CBB y de la antracnosis. Estos resultados indican que la alta correlación de los datos presentados en el Cuadro 29 debe haber ocurrido principalmente debido a la herencia de la resistencia al CBB transmitida de los progenitores a su progenie. Por consiguiente, la selección de plántulas en el campo puede ser el método más simple y efectivo para seleccionar un gran número de genotipos por su resistencia múltiple a enfermedades.

Cuadro 30.

Relación entre el puntaje (valuación) de reacción al añublo bacterial de la yuca (CBB), en líneas parentales, y el porcentaje de plántulas infectadas con CBB entre sus progenies.

Reacción prom. al CBB de las líneas parentales[1]	No. de familias en cada grupo porcentual de plántulas infectadas con CBB					
	0-50%	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
2	3	3	7	10	7	0
3	2	2	16	9	16	19
4	0	1	1	8	21	15
5	0	0	0	3	12	30

1 Las líneas parentales se sembraron con estacas.

AGRONOMIA

En 1978 se cosecharon pruebas regionales establecidas en nueve localidades de Colombia. Estos ensayos incluyeron los primeros nueve híbridos seleccionados por el programa conjunto de fitomejoramiento ICA/CIAT. En las localidades de ensayo que tienen menor altitud, las variedades e híbridos seleccionados por el CIAT dieron un rendimiento promedio del 62 por ciento más que los materiales locales y del 140 por ciento más que el promedio del rendimiento de yuca de Colombia, durante cuatro ciclos de pruebas.

Se han intensificado las pruebas regionales fuera de Colombia. Se cosechó un segundo ensayo en Ecuador y se completó el primer ciclo en Costa Rica. Hay otros países que también están realizando ensayos regionales, los cuales incluyen materiales seleccionados por el CIAT. Durante el año, la Unidad de Propagación Rápida multiplicó 34 híbridos nuevos y 19 variedades seleccionadas. Parte de este material fue enviado a 14 países y el resto fue utilizado por varias secciones del Programa de Yuca del CIAT.

La Sección de Prácticas Culturales completó una serie de ensayos para definir el manejo apropiado de los materiales de siembra con el fin de obtener rendimientos más altos.

Se evaluaron dos implementos agrícolas que ayudan en la labor de cosecha levantando las raíces de yuca del suelo y se compararon con el sistema manual de cosecha.

Este año se continuaron las evaluaciones de los sistemas de cultivo múltiple con yuca y leguminosas de grano, con énfasis en el sistema yuca/*Phaseolus vulgaris* establecido en localidades en donde las condiciones ambientales son adecuadas, y con otras leguminosas de grano en donde las condiciones son demasiado severas para *Phaseolus*.

Se ensayó un diseño de siembra trapezoidal, el cual se encontró que es satisfactorio para evaluar materiales de yuca bajo diversas densidades de siembra.

PRUEBAS REGIONALES

Pruebas Regionales Establecidas en Colombia

Se cosecharon nueve pruebas regionales establecidas en Colombia. El Cuadro 31 presenta algunas características ecológicas y edáficas de estas localidades y el Cuadro 32 presenta los rendimientos de los materiales bajo prueba y de las variedades locales. Con excepción de los resultados obtenidos en Popayán, las variedades e híbridos seleccionados dieron rendimientos considerablemente más altos que los alcanzados con las variedades locales. Esto confirma la necesidad de seleccionar materiales para regiones con temperaturas más frescas, las cuales son de prioridad secundaria en el Programa de Yuca. Entre las 2500 accesiones que aproximadamente forman la colección de germoplasma de yuca del CIAT, sólo un 9 por ciento provino de áreas con altitudes superiores a los 1600 metros. Utilizando este criterio de altitud, los datos de las pruebas regionales se discuten bajo dos grupos — aquellos de siete localidades con altitudes inferiores a

Cuadro 31.

Principales características climatológicas y edáficas de las localidades en donde se realizan pruebas regionales de yuca (ciclo 1977-78).

Localidad	Localización	Altitud (msnm)	Temp. media (°C)	Precipitación[1]	Días hasta la cosecha	Textura del suelo	pH	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	K (meq/ 100 g)
Caicedonia, Col.	4°20'N, 75°50'O	1200	22.2	1696	346	Franco limoso	6.0	2.6	22.2	0.17
Carimagua, Col.	4°40'N, 71°24'O	200	26.2	1917	361	Franco arcilloso	4.4	3.1	2.7	0.14
CIAT-Palmira	3°31'N, 76°21'O	1000	23.8	740	307	Arcilloso	7.2	3.7	41.9	0.73
CIAT-Quilichao	3°06'N, 76°31'O	1070	23.0	1771	359	Franco arcilloso	4.2	7.5	3.5	0.44
Media Luna	10°33'N, 74°30'O	10	27.2	857	333	Arenoso	6.5	0.6	6.9	0.08
Nataima	4°10'N, 74°56'O	430	27.8	1077	308	Franco arenoso	5.5	1.0	67.0	0.32
Pereira	4°49'N, 75°41'O	1480	19.0	3091	439	Franco limoso	5.2	8.5	3.3	0.17
Popayán	2°27'N, 76°34'O	1800	18.0	3365	519	Limo arenoso	4.8	4.7	76.0	0.44
Rionegro	7°15'N, 73°09'O	250	27.0	1422	361	Franco arcilloso	6.6	2.0	27.6	0.06
Santa Clara, Costa Rica	10°00'N, 83°42'O	180	22.0	3779	345	Franco limoso	5.3	5.8	3.8	1.04
Pichilingue, Ecuador	1°06'S, 79°29'O	100	25.0	995	265	Limoso	6.5	5.8	51.9	1.03

1 Precipitación total durante el ciclo de crecimiento.

Cuadro 32.

Rendimientos de variedades e híbridos promisorios ICA-CIAT, en nueve localidades de Colombia (Ciclo 1977- 78).

Variedades e híbridos	Localidades[4]								
	Media Luna	Carimagua	Rionegro	Nataima	CIAT-Palmira	CIAT-Quilichao	Caicedonia	Pereira	Popayán
	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)								
M Col 1684	25.6[1]	36.1[1]	40.1[1]	31.2[2]		52.0[1]	39.3[1]	39.9[1]	11.1
CM 308-197	15.9[1]	30.1[1]	23.5[1]	36.7[1]	29.9[1]		37.3[1]		
CM 192-1	9.3	28.3[1]	9.7	31.8[1]	30.9[1]	46.7[1]	37.2[1]		
CM 323-87	19.0[1]	24.4	27.2[1]	30.5[1]	19.4	32.6	26.9		
HMC-2	15.6[1]	30.4[1]	18.1[1]	24.0	30.3[1]	37.7	26.3		
CM 309-41	12.2[1]	24.0[1]	21.9[1]	18.3	30.1[1]	42.1[1]	36.2[1]		
CMC-40 (M Col 1468)	22.4[3]	26.3[3]	21.7[3]	27.8[3]	30.1[3]	36.9	23.5	40.4[3]	
CMC-84 (M Col 1513)	13.2[3]	22.3[3]	29.4[3]		31.3[3]	36.8	25.8		
M Mex 59	23.5[3]	15.9[3]	33.5[3]	29.2[3]	14.0	25.1	18.7[3]		
M Col 22	6.9[3]			19.5[3]	22.1[3]		22.6		
HMC-4	13.7	20.1	14.8	24.4	28.6	31.5	33.3		
CM 314-58	11.3	18.3	21.2	19.6	24.8	32.9	25.6		
CM 333-19	10.8	18.3	17.8	15.0	24.0		25.3		
CM 314-66	9.1	14.0	12.6	25.0	18.0		30.6		
SM 1-150	9.4	25.7[1]	6.9	15.7	27.2	38.3			
M Ven 218	14.8[1]		7.8	22.5[2]	31.3[1]	43.2	14.8[2]		
MPTR 26				26.8[2]	27.3[2]			33.0	9.6
M Pan 70				20.9[2]	22.7[2]		15.3[2]	32.6	8.7
M Mex 17				22.2[2]	17.9[2]		13.8	29.2	6.0
M Ven 156	13.8[2]		21.9[2]		26.2[2]			40.0	11.2
M Col 1686				23.1				30.6	15.9

(continúa)

Cuadro 32. (continuación)

Variedades e híbridos	Localidades								
	Media Luna	Carimagua	Rionegro	Nataima	CIAT-Palmira	CIAT-Quilichao	Caicedonia	Pereira	Popayán
	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)								
Otras variedades e híbridos		19.0 (15)[3]	32.1 (3)[2]		28.0 (14)[1]	51.6 (4)[1]	19.7 (2)[3]	43.4 (8)[3]	32.7 (11)
			15.2 (1)[2]			46.1 (5)	18.6 (7)[2]	40.7 (10)[2]	31.2 (9)[1]
			12.1 (2)[3]			27.9 (6)		38.5 (9)	6.5 (12)
								35.3 (8)	
								33.3 (11)	
								26.1 (12)	
								17.5 (13)	
Variedades regionales	5.6 (16)	10.1 (17)	12.9 (18)	22.0 (23)	24.2 (20)	45.7 (20)	12.1 (21)	40.1 (21)	40.0 (22)
			10.0 (19)						
Promedio, incluyendo variedades regionales	14.0	22.7	19.5	24.3	25.6	39.2	25.1	34.7	17.2
Mejor variedad o híbrido promisorio	25.6	36.1	40.1	36.7	31.3	52.6	39.3	43.4	32.7

1 y 2 Variedades e híbridos aprobados para el segundo y tercer año de evaluación, respectivamente en cada localidad.

3 Variedades que completaron 3 años de evaluación en la misma localidad.
Las cifras subrayadas indican que los materiales promisorios se utilizaron como testigos en estas localidades.
Otras variedades e híbridos: (1) M Ven 77; (2) M Col 677; (3) CMC 99 = M Col 1529; (4) HMC-7; (5) HMC-1; (6) CM 337-7; (7) M Col 1292; (8) CMC-59 = M Col 1488; (9) CMC-57 = M Col 1486; (10) M Ven 168; (11) M Col 561; (12) M Col 655A; (13) M Col 673; (14) CM 323-375; (15) Chiroza.
Variedades regionales: (16) Secundina; (17) CMC-9 = M Col 1438; (18) Colombiana; (19) Venezolana; (20) M Col 113; (21) Chiroza Gallinaza; (22) CMC-92 = M Col 1522; (23) CMC-84 = M Col 1513.

4 La duración del ciclo de crecimiento, en cada localidad, se presenta en el Cuadro 31.

los 1300 metros y aquellos de dos localidades por encima de los 1500 metros (Cuadro 31).

Localidades Bajas

Las dos variedades que dieron los mejores rendimientos en las localidades bajas fueron M Col 1684, una variedad amarga que es más apta para uso industrial, la cual dió un rendimiento promedio de 37.4 ton/ha para todas las localidades, y CMC 40 con un promedio de 26.9 ton/ha. A pesar de que en Media Luna, Carimagua, Nataima y CIAT-Quilichao se presentaron enfermedades cuya severidad fue variable, M Col 1684 dio un rendimiento 97 por ciento superior a los promedios de las variedades locales. Al mismo tiempo, los mejores cinco híbridos dieron un promedio de aproximadamente 27 ton/ha, lo cual corresponde aproximadamente a un 42 por ciento más que las variedades locales.

Los híbridos evaluados en este ciclo fueron selecciones preliminares que aún no habían pasado todos los requerimientos normales para su selección final por la Sección de Mejoramiento Varietal. Los datos de rendimiento indican que aún falta mejorar considerablemente el rendimiento de las selecciones híbridas, antes de que logren sobrepasar el rendimiento de M Col 1684.

Localidades Altas

En Pereira, la variedad CMC 59 sólo produjo un 8 por ciento más que la variedad local; M Col 1684 y CMC 40 dieron el mismo rendimiento que la variedad local. Bajo las condiciones de Popayán, la variedad local CMC 92 aún no ha sido sobrepasada en rendimiento por variedades o híbridos introducidos.

Ciclo de Producción

El tiempo promedio del ciclo de producción, desde la siembra hasta la cosecha, fue de 443 días para las localidades altas y de 345 días para las localidades bajas. El ciclo más largo en la primera zona sólo permite tres ciclos de prueba durante cuatro años, en tanto que es posible lograr cuatro ciclos de prueba en las localidades más bajas.

Después de cuatro años de pruebas, el rendimiento promedio en las localidades bajas ha sido de 72 kg/ha/día en comparación con 62 kg/ha/día en las dos localidades más altas. Durante los cuatro ciclos de prueba en las localidades más bajas las variedades e híbridos seleccionados han producido rendimientos 62 por ciento mayores que los materiales locales y han dado en promedio un 140 por ciento más que el rendimiento nacional (Cuadro 33). En las localidades más altas los materiales introducidos sólo han logrado sobrepasar a los locales en un 4 por ciento (Cuadro 34).

La consistencia de los datos obtenidos durante cuatro años de pruebas regionales establecidas en Colombia indican con suficiente nivel de confianza que los agricultores pueden duplicar los rendimientos de las variedades locales utilizando las prácticas culturales simples y de bajo costo empleadas en las pruebas regionales. Estas prácticas incluyen:

1. Una buena preparación del suelo.

2. La siembra al inicio de la estación lluviosa, excepto en Carimagua en donde la siembra se debe hacer en setiembre con el fin de reducir la severidad de los daños ocasionados por las enfermedades. Los resultados de las pruebas del primer ciclo

Cuadro 33.

Rendimientos promedio de las tres mejores variedades promisorias, en ocho localidades de Colombia, ubicadas a menos de 1300 m de altitud, en comparación con la mejor variedad local durante cuatro ciclos de prueba.

	Ciclos									
	1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		Prom./Localidad	
Localidad	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local
Caicedonia	37.3	32.3	25.0	15.8	51.2	41.2	38.0	12.1	37.8	25.3
Carimagua	6.2	3.8	25.6	22.9	23.9	17.3	32.2	10.1	21.9	13.5
CIAT-Palmira	40.6	26.8	30.9	22.1	42.6	22.5	31.1	24.2	36.3	23.9
CIAT-Quilichao	-	-	-	-	-	-	50.3	45.7	50.3	45.7
El Tambo	-	-	22.4	22.3	28.4	26.2	-	-	25.4	24.2
Media Luna	26.7	17.7	17.6	4.0	17.1	5.7	23.9	5.6	21.3	8.2
Nataima	41.1	33.6	28.4	16.3	33.6	8.0	33.2	22.0	34.0	19.9
Rionegro	29.7	15.7	21.9	11.7	45.2	16.1	35.2	12.9	33.0	14.1
Prom./Ciclo	30.3	21.7	24.5	15.9	34.6	19.6	34.8	18.9	31.1	19.2

(sembradas en junio) muestran los bajos rendimientos que se deben esperar en Carimagua debido a la siembra en la estación temprana (Cuadro 33).

3. La selección y el tratamiento de las estacas mediante su inmersión, durante cinco minutos, en una suspensión fungicida de mancozeb y maneb (2.2 y 1.25 g/litro de agua, respectivamente).

4. La siembra de las estacas en posición vertical.

5. La siembra a una densidad de 10,000 plantas/ha.

6. Un buen control de las malezas.

7. La siembra en camellones en suelos pesados cuando la precipitación es superior a los 1200 mm/año.

Cuadro 34.

Rendimientos promedio de las tres mejores variedades, en dos localidades de Colombia ubicadas por encima de 1300 m de altitud, en comparación con la mejor variedad local, durante cuatro años (tres ciclos de pruebas).

	Ciclos							
	1974-75		1975-77		1977-78		Prom./Localidad	
Localidad	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local
Pereira	19.8	16.9	44.5	45.8	41.5	40.1	35.2	34.3
Popayan	10.8	14.5	13.3	14.3	34.6	40.0	19.5	22.9
Prom./Ciclo	15.3	15.7	28.9	30.0	38.0	40.0	27.3	28.5

En estas pruebas no se utilizaron fertilizantes, excepto en Carimagua y en CIAT-Quilichao en donde los suelos son ácidos e infértiles. En estas dos localidades, las parcelas se trataron con 500 kg/ha de cal dolomítica (tamiz-100), 1 ton/ha de fertilizante 10-20-20 aplicado en bandas (la mitad al momento de la siembra y el resto 60 días después) y 15 kg de Zn/ha. Las parcelas no recibieron riego ni se protegieron contra insectos o enfermedades.

Pruebas Regionales Establecidas Fuera de Colombia

En el segundo ciclo de pruebas regionales completado en Ecuador, las selecciones del CIAT nuevamente fueron superiores a las variedades locales (Cuadro 35). Las tres mejores variedades — MPTR 26, CMC 40 y M Mex 17 — dieron un rendimiento que era 40 por ciento superior al de la variedad Yema de Huevo, la mejor

Cuadro 35.

Rendimientos de las variedades promisorias de yuca ICA-CIAT, cosechadas en las pruebas regionales internacionales, durante el ciclo 1977-78.

Variedades	Localidad	
	Santa Clara, Costa Rica	Pichilingue, Ecuador
	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	
M Col 1684	30.3	23.6
CMC-84 = M Col 1513	26.2	20.6
M Mex 59	27.9	12.5
CMC-40 = M Col 1468	22.0	26.4
M Pan 70	16.2	21.0
M Ven 168	21.1	23.4
M Col 677	13.1	13.0
M Col 655A	10.6	11.8
M Mex 17	17.9	25.0
MPTR-26		26.7
CMC-76 = M Col 1505	21.8	
M Col 22	19.7	
M Ven 218		24.3
M Col 561		21.4
M Col 1686		13.8
Variedades regionales		
Valencia	14.8	
Yema de Huevo		18.6
Quintal		15.0
Promedio, incluyendo variedades regionales	20.1	19.8
Mejor variedad promisoria	30.3	26.7

variedad local. Ningún insecto o enfermedad de importancia económica afectó este ensayo. La variedad M Mex 59, la cual dio los mejores rendimientos en el ciclo anterior (28.3 ton/ha) ocupó el penúltimo lugar durante esta estación, como consecuencia de la inundación de las parcelas en donde se sembró.

Se cosechó en Costa Rica la primera prueba regional. La mayoría de las variedades introducidas provenientes del CIAT sobrepasaron en rendimiento a la variedad local y el rendimiento promedio de las mejores tres variedades fue aproximadamente un 90 por ciento superior al rendimiento de la variedad local. Los ácaros, los trips y la enfermedad del superalargamiento afectaron este ensayo.

Tanto en Costa Rica como en Ecuador, las variedades M Col 1684 y CMC 40 dieron buenos rendimientos lo cual indica que estos dos materiales tienen una amplia adaptación. Los resultados obtenidos en todas las pruebas regionales demuestran que ya se dispone de tecnología adecuada para aumentar la producción de yuca y que hay algunas variedades seleccionadas que pueden producir más que los materiales locales. Estas variedades superiores están siendo utilizadas por la Sección de Mejoramiento Varietal como progenitores para hacer cruzamientos seleccionados.

PRACTICAS CULTURALES

Manejo del Material de Siembra

Madurez de las Estacas

Se tomaron estacas de siembra de las porciones superior (más joven), media e inferior (más madura) de los tallos de plantas de un año de edad de tres variedades. Las estacas se sembraron en posición vertical, se regaron cuando la precipitación fue deficiente y se retrasplantaron cuando fue necesario con el propósito de obtener una población óptima. Las estacas de las porciones superior y media del tallo germinaron bien en todos los casos pero las estacas tomadas de las porciones más bajas del cultivar M Mex 52 presentaron una germinación baja (Cuadro 36). Las plantas obtenidas de estacas tomadas de la parte superior del tallo dieron los mayores rendimientos para la variedad vigorosa M Mex 59, debido a su alto índice de cosecha. Es probable que el menor vigor inicial haya producido Indices de Area Foliar (IAF) cercanos al óptimo y por lo tanto, con este tratamiento se obtuvieron mayores rendimientos. Los resultados promedio del comportamiento de las tres variedades indican que las estacas tomadas de la parte superior de la planta dan los rendimientos más altos (Figura 39) pero que, bajo buenas condiciones, se pueden utilizar las estacas de la parte superior y de la parte media de una variedad vigorosa. No se recomienda utilizar estacas de la porción más baja de los tallos de plantas vigorosas.

Profundidad de Siembra

Se sembraron estacas de 30 cm de largo del cultivar CMC 40 en camellones, en posición vertical y a 10, 20 y 30 cm de profundidad. Los rendimientos y los índices de cosecha no fueron significativamente diferentes con relación a la profundidad de siembra pero este parámetro afectó la formación de raíces a lo largo de la porción enterrada de la estaca. Las raíces se amontonaron alrededor de la base cuando las estacas se sembraron a sólo 10 cm de profundidad, pero se distribuyeron a lo largo de la estaca y presentaron pedúnculos cuando se enterraron a mayores profundidades. Las estacas se deben sembrar verticalmente a

Cuadro 36.

Efectos del origen y la madurez de las estacas de siembra sobre la germinación, índice de cosecha y rendimiento, de tres variedades de yuca.

Origen de la estaca en el tallo	Germinación (%)	Indice de cosecha	Rendimiento de raíces frescas	
			Total	Comercial
			(ton/ha)	
M Mex 52				
superior	93.0	0.34 a[1]	18.5 a	12.8 a
media	91.1	0.30 a	18.1 a	13.1 a
inferior	74.5	0.29 a	16.8 a	10.2 a
M Mex 59				
superior	93.6 b	0.35 a	17.4 a	12.0 a
media	96.9 a	0.26 b	11.8 b	6.2 b
inferior	98.5 a	0.26 b	12.5 b	6.4 b
CMC 40				
superior	100 a	0.49 a	28.8 a	26.3 a
media	100 a	0.50 a	31.5 a	27.9 a
inferior	100 a	0.44 a	26.4 b	22.5 b

1 Las medias para cada variedad y dentro de las columnas que están seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de P=0.05.

sólo 10 cm de profundidad para facilitar la siembra y la cosecha.

Longitud de la Estaca

Se sembraron en terrenos de CIAT-Palmira estacas de 20, 40 y 60 cm de longitud. Todas las estacas se seleccionaron cuidadosamente y se trataron. Las estacas de 20 cm de longitud dieron un rendimiento significativamente mayor que las estacas de 40 y 60 cm (Cuadro 37).

Posición de Siembra de las Estacas

Se tomaron estacas de 10 variedades de yuca y se sembraron en diferentes fechas en tres posiciones: vertical, inclinada y horizontal con el fin de producir efectos estacionales sobre la germinación. Las estacas sembradas en posición vertical germinaron mejor en todos los casos y el resultado fue mucho más ventajoso cuando la precipitación fue mínima durante los primeros 30 días (Cuadro 38). Cuando se estableció un ensayo similar y se esperó hasta obtener el rendimiento final a los 11 meses, se determinó que la germinación fue mayor y que los rendimientos fueron también significativamente mayores para las estacas sembradas en posición vertical (Cuadro 39). La tasa de emergencia de retoños fue significativamente mayor para las estacas sembradas verticalmente o en posición inclinada que para las sembradas horizontalmente (Figura 40).

Angulo de Corte

La forma de cortar las estacas — corte en ángulo recto o en ángulo agudo — no afectó significativamente los rendimientos. Sin embargo, las raíces se distribuyeron más uniformemente en las estacas cortadas en ángulo recto, lo cual indica que este sistema es el mejor.

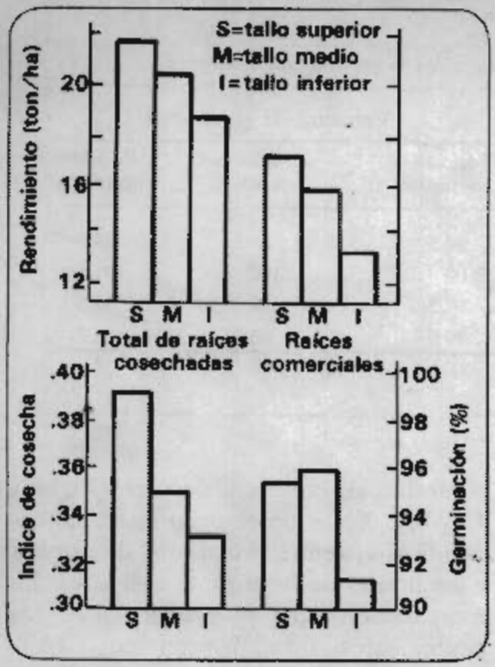


Figura 39. Efecto de la madurez de la estaca de siembra (posición en el tallo) sobre la germinación promedio, índice de cosecha y rendimientos de raíces, en tres variedades de yuca.

Con base en estos resultados se recomienda que, para obtener rendimientos más altos, se deben cortar estacas de 20 cm de longitud en ángulo recto, tomadas de las porciones superior y media de plantas vigorosas, cuidadosamente seleccionadas y tratadas, y sembradas verticalmente a 10 cm de profundidad.

Ordenamientos Espaciales

Las variedades de yuca M Col 22, M Mex 59 y CMC 40 se sembraron a densidades de 10,000 y 15,625 plantas/ha, en patrones de siembra cuadrados y rectangulares. Los rendimientos obtenidos entre variedades no fueron significativamente diferentes para los dos tratamientos (Figura 41), lo cual confirma los resultados observados el año anterior (Informe Anual del CIAT, 1977). La densidad de siembra y la selección de las variedades mejor adaptadas parecen ser factores más importantes que el patrón de siembra, para obtener altos rendimientos. El hecho de que un patrón de siembra de 2 m (entre hileras) x 0.5 m (entre plantas en una hilera) da los mismos rendimientos que un patrón de siembra de 1 x 1 m, tiene importantes implicaciones generales de carácter agronómico. Los espaciamientos más anchos pueden permitir un control más fácil de las malezas, facilitar la cosecha de cultivos múltiples y permitir que queden franjas sin cultivar entre las hileras, con el fin de controlar la erosión.

Ensayos de Fertilidad a Largo Plazo

Como consecuencia de problemas serios ocasionados por enfermedades e insectos en Carimagua, se descontinuaron en esa

Cuadro 37.

Efecto de la longitud de la estaca de siembra en la germinación, el índice de cosecha y el rendimiento de la yuca.

Longitud del tallo (cm)	Germinación (%)	Indice de cosecha	Rendimiento de raíces frescas	
			Total	Comercial
			(ton/ha)	
20	77.9 a[1]	0.38 a	30.8 a	27.6 a
40	78.4 a	0.36 ab	27.4 b	24.0 b
60	77.0 a	0.34 b	27.5 b	23.9 b

1 Las medias, dentro de las columnas seguidas por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de P= 0.05.

Cuadro 38.

Efecto de la posición de la estaca y época de siembra, sobre la germinación de la yuca.[1]

Fecha de siembra	Precipitación durante los primeros 30 días (mm)	Porcentaje de germinación		
		Posición vertical	Posición inclinada	Posición horizontal
Marzo 29	215	97.5	98.5	98.0
Mayo 30	5	100	100	91.5
Julio 29	25	91.5	88.0	54.0
Set. 30	116	99.0	96.0	95.0

1 Promedio de 10 variedades.

localidad los ensayos de fertilidad a largo plazo. Los ensayos del segundo ciclo, establecidos en CIAT-Palmira y en Caribia, se cosecharon durante 1978 y se sembró el tercer ciclo. Los resultados obtenidos fueron similares a los del año pasado (Informe Anual del CIAT, 1977). Se encontraron diferencias significativas ($P = 0.05$) en rendimiento entre las variedades, pero las aplicaciones de fertilizantes no afectaron significativamente los rendimientos ni en CIAT-Palmira ni en Caribia (Cuadro 40). En ambas localidades una densidad de siembra de 10-15,000 plantas/ha tendió a producir mayores rendimientos totales que densidades de 5,000 ó de 20,000 plantas/ha. Se encontraron tendencias similares en términos de la producción comercial de raíces (Figuras 42 y 43). No se observaron interacciones significativas entre la densidad de siembra y los niveles de fertilizante aplicados. En comparación con el primer ciclo, los rendimientos disminuyeron en CIAT-Palmira, a pesar de que en el segundo año, hubo mayor precipitación. En Caribia, los rendimientos permanecieron relativamente constantes.

El Cuadro 41 presenta los diferentes niveles de fertilidad de los suelos en las dos localidades, después del segundo ciclo de cultivo. En Caribia, en donde no se aplicó P, tanto las parcelas fertilizadas (N-K-Zn) como las testigo, presentaron el mismo contenido de P en el suelo; en CIAT-

Cuadro 39.

Efectos de la posición de siembra de la estaca sobre la germinación, el índice de cosecha y el rendimiento de yuca.[1]

Posición de siembra	Germinación (%)	Indice de cosecha	Rendimiento de raíces frescas	
			Total	Comercial
			(ton/ha)	
Vertical	89.2 a[2]	0.36 a	31.1 a	27.4 a
Inclinada	85.6 a	0.36 b	27.6 b	24.2 b
Horizontal	58.6 b	0.35 a	27.0 b	23.9 b

1 Promedio de dos variedades.
2 Los promedios, dentro de una columna seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de $P = 0.05$.

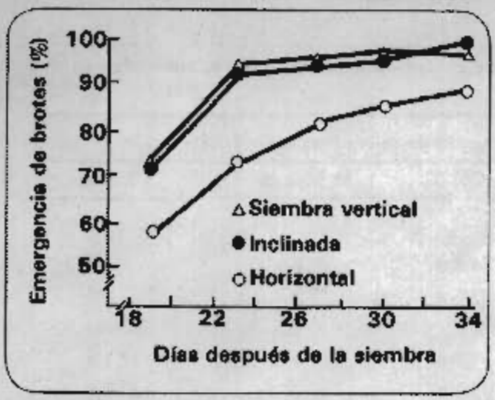


Figura 40. Efecto de la posición de siembra para la estaca, sobre las tasas promedio de emergencia, en 10 variedades de yuca, durante cuatro ciclos de siembra.

Palmira las parcelas fertilizadas con P mostraron un mayor contenido de P en el suelo que las parcelas testigo. Sin embargo, el contenido de P en el suelo de ambas localidades está disminuyendo. Este estudio continuará, por lo menos, durante tres ciclos de cultivo más.

Diseño de Siembra Trapezoidal

En el cultivo de yuca, los ensayos de densidad de siembra tienen un alto costo debido a la gran extensión de terreno que se necesita. Adaptando el diseño de siembra en abanico (Informe Anual del CIAT, 1974), en el cual las hileras de plantas se mantienen en disposición paralela y a la misma distancia (variando solamente las distancias entre plantas), resultó un diseño como el ilustrado en la Figura 44. Este patrón de siembra es muy fácil de establecer. Este diseño permite estudiar 12 densidades de siembra, entre 5000 y 20,000 plantas/ha, con cuatro repeticiones, en una superficie total de 1200 m².

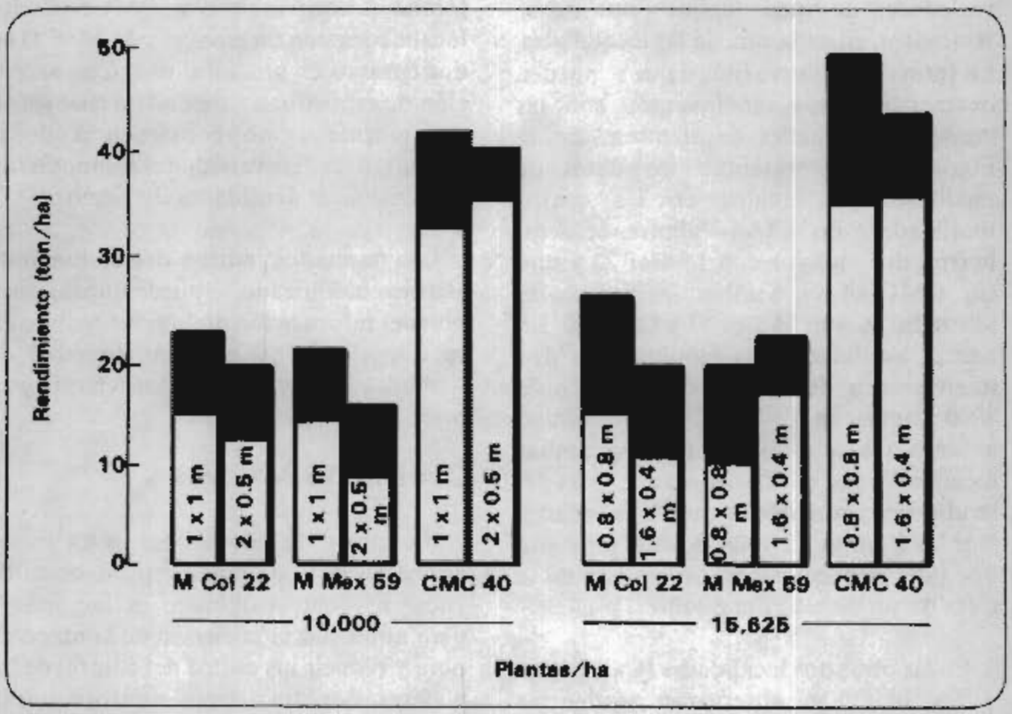


Figura 41. Efectos de varios patrones de siembra — cuadrados y rectangulares — sobre los rendimientos de raíces frescas de tres variedades de yuca, sembradas en dos densidades. (Las cifras dentro de las barras corresponden a las distancias de siembra.)

Cuadro 40.

Efectos de la fertilización en los rendimientos de cuatro variedades de yuca, cultivadas en dos localidades.[1]

Tratamiento	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)			
	CMC 40	M Col 22	M Mex 59	Chiroza
CIAT				
Testigo	33.4 a[2]	24.8 a	20.5 a	-
Con fertilizante[3]	33.6 a	23.6 a	19.3 a	-
Caribia				
Testigo	31.9 a	31.7 a	-	18.1 a
Con fertilizante[4]	36.6 a	35.1 a	-	17.9 a

1 Medias de cuatro densidades de siembra.
2 Las medias, dentro de una columna seguidas por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de P = 0.05.
3 50 kg de N, 100 kg de P_2O_5 y 100 kg de K_2O/ha
4 50 kg de N, 150 kg de K_2O y 20 kg de Zn/ha.

Se cosecharon 13 de estos diseños trapezoidales, en cuatro localidades (Figura 45). Los diseños incluyeron cuatro variedades de yuca aunque éstas no se sembraron en cada una de las localidades. La forma de la curva indica que se pueden obtener mayores rendimientos con las mayores densidades de siembra. En la Figura 46 se presentan los datos de rendimiento obtenidos en las cuatro localidades. En CIAT-Palmira se sembraron dos ensayos con M Col 22 y uno con CMC 84; en Caribia, las variedades utilizadas fueron M Col 22 y CMC 40. En ambas localidades los rendimientos disminuyeron a densidades de 11,000 ó de 8000 plantas/ha. En el ensayo de fertilidad a largo plazo se observaron en ambas localidades las mismas disminuciones del rendimiento con algunas de las variedades (ver las Figuras 42 y 43), lo cual indicaría que tales disminuciones son reales y no se trata de un defecto del diseño.

En las otras dos localidades (Carimagua y La Idea), se observaron tendencias similares para los datos de rendimiento, aunque a diferentes niveles. La Figura 47 presenta los rendimientos de cada variedad en todas las localidades. La variedad M Col 22 se sembró en las cuatro localidades en un total de seis ensayos, CMC 40 en dos localidades en tres ensayos, CMC 84 en dos localidades y en un ensayo y M Mex 11 en dos ensayos en una localidad. Con excepción de esta última variedad (la cual sufrió severamente como consecuencia de la sequía), todas las variedades respondieron a las mayores densidades de siembra.

Los resultados indican que el diseño de abanico modificado se puede utilizar para obtener información preliminar cuando no se dispone de datos sobre densidad de siembra y rendimientos de un determinado material.

Control de Malezas

El control de las malezas es un factor básico en la tecnología de producción de yuca. El control químico es importante para aumentar la eficiencia de la mano de obra y reducir los costos del control de las malezas. Por otra parte, el control cultural, por medio del intercalamiento de cultivos, los cultivos de relevo, la rotación de cultivos y la siembra de cultivos de

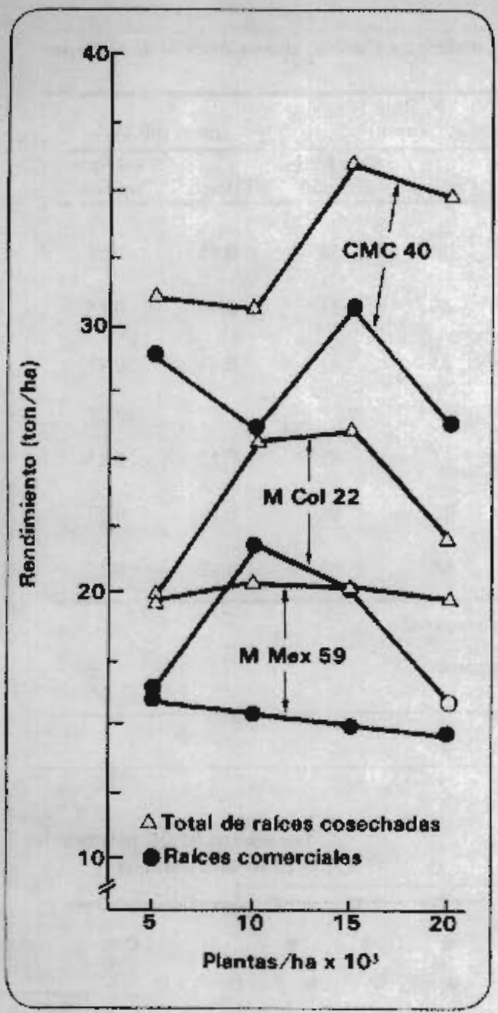


Figura 42. Efectos de la densidad de siembra en los rendimientos de raíces frescas, de tres variedades de yuca, en el CIAT.

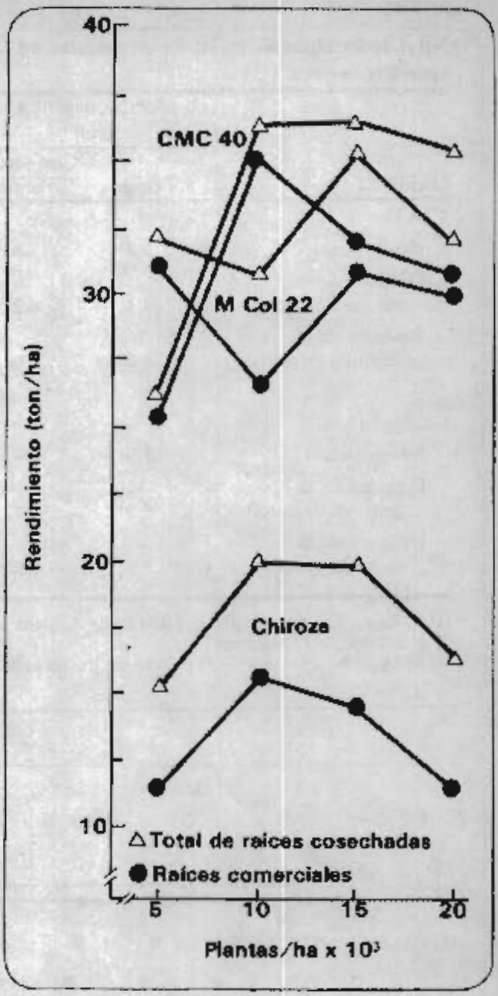


Figura 43. Efectos de la densidad de siembra en los rendimientos de raíces frescas de tres variedades de yuca, cultivadas en Caribia.

cobertura, es una alternativa de bajos insumos pero que requiere el uso intensivo de mano de obra. Las investigaciones actuales están dirigidas hacia el desarrollo de sistemas efectivos de control de malezas utilizando una combinación de métodos químicos y culturales.

Selección de Herbicidas Nuevos

Se evaluaron cinco herbicidas preemergentes y tres compuestos experimentales en comparación con los herbicidas diuron y alachlor, de utilización muy frecuente. Los herbicidas se aplicaron en la dosis recomendada y al doble y cuadruple de esta dosis, con el fin de evaluar su selectividad y eficiencia para el control de malezas. La variedad CMC 40 se sembró bajo las condiciones de CIAT-Palmira (suelo pesado franco arcilloso) en camellones, a distancias de siembra de 1 x 1 m. Durante los primeros tres meses después de la siembra, los ensayos recibieron un total de 257 mm de

Cuadro 41.

Nivel de fertilidad de los suelos de parcelas, en CIAT-Palmira y Caribia, antes y después de una o dos cosechas de yuca.

Localidad	Materia orgánica (%)		P, Bray II (ppm)		K (meq/100 g)	
	Testigo	Con fertilización	Testigo	Con fertilización	Testigo	Con fertilización
CIAT[1]						
Nivel inicial	3.8	3.8	36	36	0.55	0.55
Después de la primera cosecha[2]	4.1	4.2	46	51	0.49	0.54
Después de la segunda cosecha[2]	4.0	4.0	31	41	0.42	0.45
Caribia[3]						
Nivel inicial	1.9	1.9	81	81	0.13	0.13
Después de la primera cosecha[2]	2.3	2.4	93	96	0.12	0.13
Después de la segunda cosecha[2]	2.1	2.0	66	67	0.12	0.12

1 50 kg de N, 100 kg de P_2O_5 y 100 kg de K_2O/ha aplicados por año.
2 Promedio de 12 muestras.
3 50 kg de N, 150 kg de K_2O y 20 kg de Zn/ha aplicados por año.

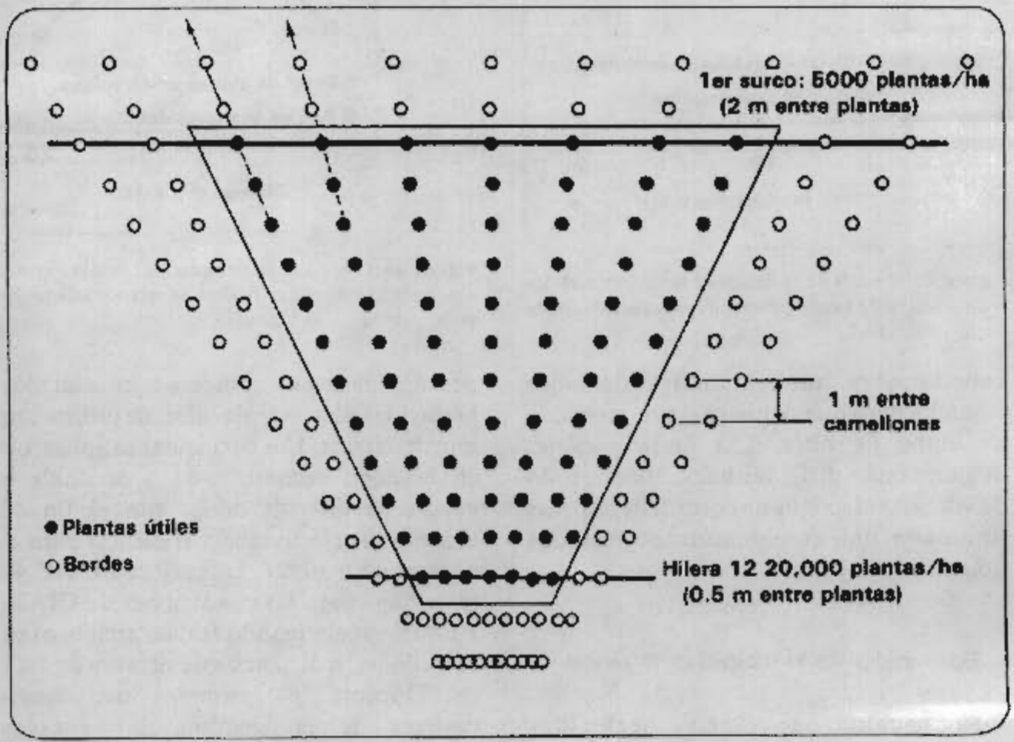


Figura 44. Diseño trapezoidal para el estudio de densidades de siembra en cultivos de yuca.

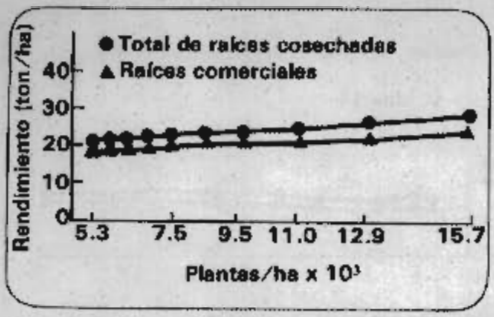


Figura 45. Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos de raíces frescas de yuca. (Promedios de total de raíces cosechadas y raíces comerciales, de cuatro variedades sembradas en cuatro localidades, obtenidos en 13 siembras trapezoidales.)

precipitación (lluvia y riego por aspersión) distribuidos de la siguiente manera: 105 mm el primer mes, 88 mm el segundo mes y 64 mm durante el tercer mes. Las parcelas testigo presentaron una fuerte infestación natural de verdolaga *(Portulaca oleracea)*, bledo *(Amaranthus* spp.), archucha *(Momordica charantia)*, batatilla *(Ipomea hederifolia)*, pata de gallina *(Eleusine indica)*, paja mona *(Leptochloa filiformis)* y pasto bermuda *(Cynodon dactylon)*.

Uno de los productos ocasionó daño químico a la yuca cuando se aplicó en la dosis recomendada. En dosis más altas, el daño químico generalmente fue mayor a las 3-4 semanas después de la aplicación y posteriormente, disminuyó. El Cuadro 42 presenta los puntajes de máximo daño y la selectividad y las cantidades recomendadas para cada uno de los productos. Las Figuras 48 y 49 presentan el porcentaje de control de malezas en las dosis recomendadas, para malezas tanto de hoja ancha como de hoja angosta, respectivamente. Sólo se presentan los porcentajes para seis productos puesto que los otros se descartaron por no ser selectivos (pendimethylin) o bien,ineficientes (dichlorfop, QSC-09377 y QSC-0377).

El control de las malezas de hoja ancha, a los 80 días después de la aplicación, fue superior con oxadiazon y oxyfluorofen y aceptable con tetrafluoron y el testigo diuron/alachlor, en tanto que H 26910 y metolachlor perdieron la mayor parte de su efecto un mes después de la aplicación.

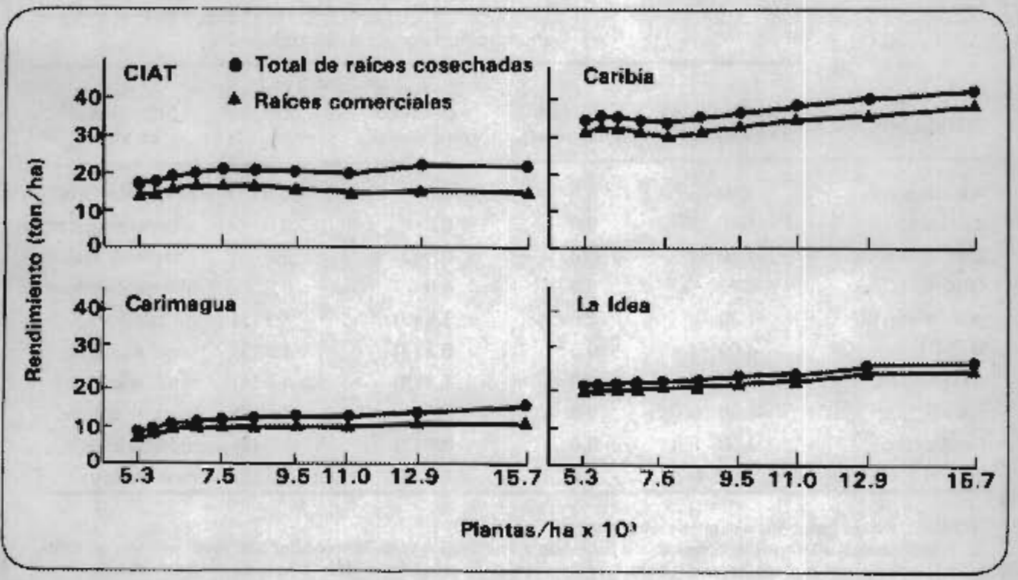


Figura 46. Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos de raíces frescas de yuca, en cuatro localidades. (Promedios de dos o más variedades por localidad, utilizando un diseño de siembra trapezoidal.)

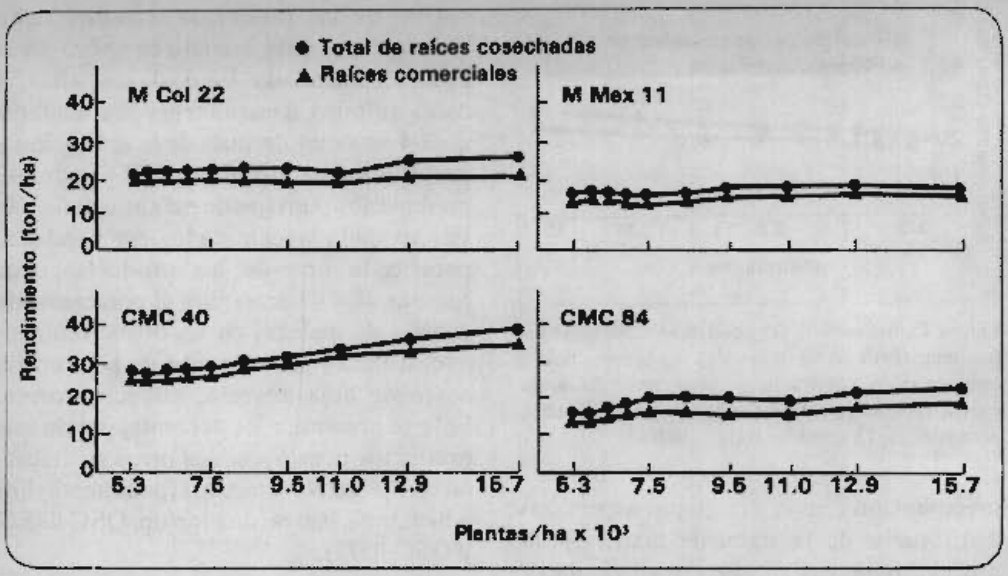


Figura 47. Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos de raíces frescas, de cuatro variedades de yuca sembradas en un diseño trapezoidal.

Cuadro 42.

Dosis recomendadas, puntajes (valuaciones) del daño y clasificaciones por selectividad, de nueve herbicidas preemergentes evaluados en siembras de yuca, en CIAT-Palmira.

Herbicida	Puntaje máximo de daño en:[1]				
	Dosis recomendada (kg i.a./ha)	Cantidad recomendada	2 veces la cantidad recomendada	4 veces la cantidad recomendada	Selectividad en yuca[2]
tetrafluoron	1.90	0.0	0.0	5.0 (5)[3]	mod. selectivo
dichlofop	1.40	0.0	0.0	0.0	altamente selectivo
QSC-09377	1.50	0.0	0.3 (3)	0.0	altamente selectivo
QSC-0377	0.75	0.0	0.0	0.0	altamente selectivo
pendimethylin	1.30	2.0 (3)	3.8 (3)	8.3 (3)	no selectivo
H-26910	4.00	0.0	0.3 (3)	1.0 (3)	mod. selectivo
oxyfluorfen	1.00	0.0	1.3 (3)	4.0 (4)	mod. selectivo
metolachlor	1.00	0.0	0.3	0.6 (3)	mod. selectivo
oxadiazon	1.50	0.0	0.7 (2)	4.7 (2)	mod. selectivo
diuron + alachlor	0.8 + 1.4	0.0	1.0 (3)	3.5 (3)	mod. selectivo

1 Escala: 0 = sin daño; 10 = completamente muerto.
2 Selectividades: altamente selectivo = sin daño aún a una dosis 4 veces la recomendada; mod. selectivo = daño solamente al doble y cuádruple de la dosis recomendada; no selectivo = daño a la dosis recomendada.
3 Número de semanas después de la aplicación, cuando ocurrió el máximo de daño.

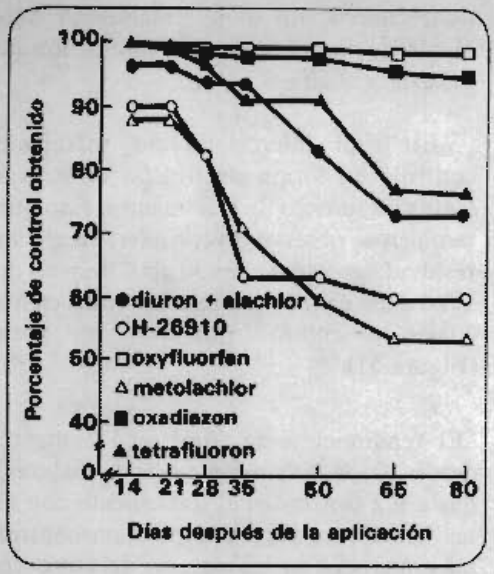


Figura 48. Control de malezas de hoja ancha, con seis herbicidas preemergentes, en cultivo de yuca.

En el caso de las malezas de hoja angosta, el control fue eficiente con el tratamiento testigo, oxadiazon, H 26910 y oxyfluorofen; este último producto nuevamente logró controlar más del 95 por ciento de las malezas, a los 80 días de la aplicación.

En comparación con la mezcla diuron/alachlor, tanto el oxadiazon como el oxyfluorofen proporcionaron un control de las malezas, más prolongado, pero debido a que el oxadiazon fue uno de los productos que ocasionó mayor daño a la yuca, el oxyfluorofen es el producto con el cual se continuará haciendo ensayos en el futuro.

Control Integrado de las Malezas

La variedad M Mex 11 se sembró en monocultivo y en asociación con fríjol arbustivo (variedad Porrillo Sintético) con el fin de evaluar cuatro niveles de control de malezas, bajo condiciones de monocultivo y de cultivos intercalados.

Sin control alguno, las malezas crecieron vigorosamente en el monocultivo de yuca y produjeron más de 600 g de materia seca/m² en 45 días. En la asociación

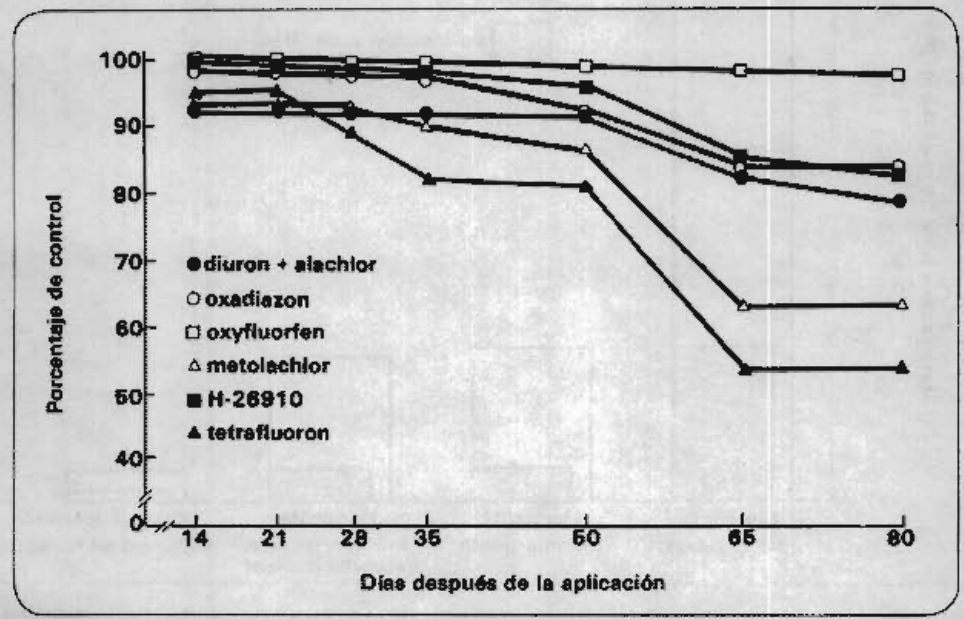


Figura 49. Control de malezas de hoja angosta, con seis herbicidas preemergentes, en cultivo de yuca.

yuca/fríjol se produjo menos de la tercera parte de esta cantidad de materia seca; el fríjol intercalado fue tan eficiente para reducir el crecimiento de las malezas como la mezcla herbicida preemergente utilizada en el monocultivo de yuca.[1] En el tratamiento de control manual continuo se permitió muy poco crecimiento de las malezas; por lo tanto, las diferencias entre la cantidad de materia seca en las parcelas del monocultivo y del cultivo asociado fueron pequeñas (Figura 50). Dos semanas antes de la cosecha de fríjol el crecimiento de las malezas demostró claramente que, en el tratamiento intercalado, es suficiente una sola aplicación preemergente a fin de mantener a las malezas en niveles bajos sin que éstas tengan importancia económica. Sin embargo, bajo condiciones de monocultivo, un sólo tratamiento herbicida no fue efectivo y la infestación de malezas era alta.

El fríjol intercalado no solamente controló en forma efectiva las malezas a través de su ciclo de crecimiento, sino que también se observó un considerable efecto residual depresivo a los 30 días, después de la cosecha de fríjol en aquellos sitios en los cuales se sembró fríjol junto con yuca (Figura 51).

El rendimiento de fríjol seco aumentó desde 2.0 ton/ha sin control de las malezas, hasta 2.2 ton/ha en el tratamiento con el herbicida preemergente, pero un control más intensivo de las malezas no aumentó los rendimientos a niveles más altos. Esta observación está acorde con los resultados anteriores en términos de que, en el sistema intercalado, una aplicación herbicida

[1] La mezcla preemergente en los ensayos fue: linuron (0.5 kg de i.a./ha) y fluordifen (2.1 kg de i.a./ha). La mezcla es selectiva para la yuca y el fríjol.

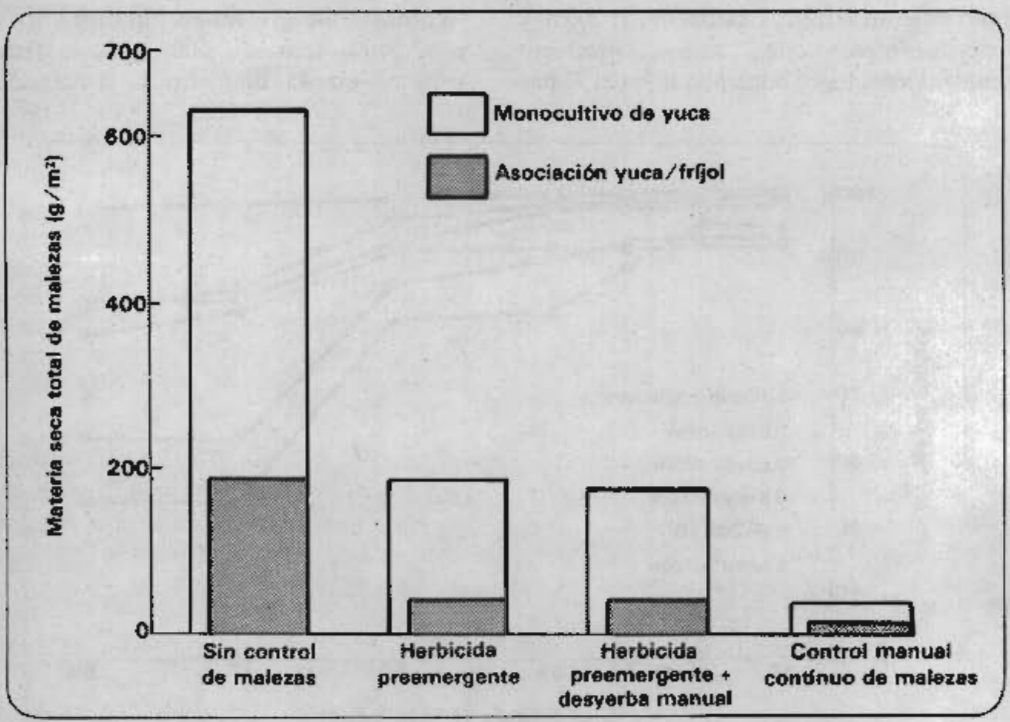


Figura 50. Materia seca total de malezas, en dos sistemas de cultivo de yuca, bajo cuatro sistemas de control de malezas, 45 días después de la siembra.

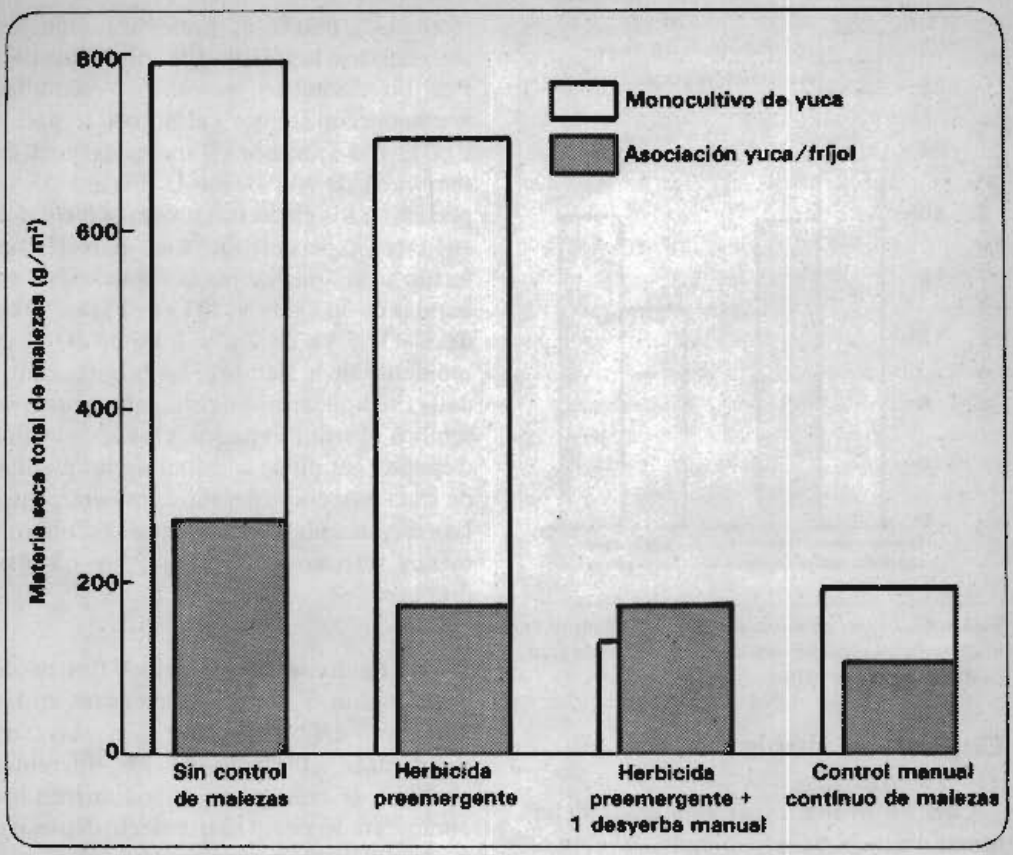


Figura 51. Materia seca total de malezas, en dos sistemas de cultivo de yuca, bajo cuatro sistemas de control de malezas, 135 días después de la siembra y 30 días después de la cosecha del fríjol.

preemergente es suficiente para mantener a las malezas por debajo de un nivel económico crítico.

Los rendimientos de yuca intercalados con fríjol y sin control de malezas fueron superiores a los obtenidos en monocultivo, en un 44 por ciento. Los rendimientos aumentaron en el monocultivo de yuca a medida que mejoró el control de las malezas, pero permaneció estable en el sistema intercalado. Con un buen control de las malezas, los rendimientos de la yuca en asociación fueron un 15 por ciento inferiores a los obtenidos en monocultivo (Figura 52). Estos datos indican que el control cultural de las malezas, como consecuencia del intercalamiento con fríjol, es un método efectivo y que el fríjol cultivado con la yuca puede ejercer un efecto depresivo prolongado sobre el crecimiento de las malezas.

Además, los datos obtenidos mostraron que, a un bajo nivel de insumos, se obtiene un mayor rendimiento total en el sistema intercalado que en monocultivo. También, se demostró claramente el efecto estabilizador del rendimiento en el sistema intercalado. Estas observaciones reflejan, sin duda alguna, parte de las razones por las cuales los pequeños agricultores deciden adoptar el cultivo intercalado como sistema de producción de yuca.

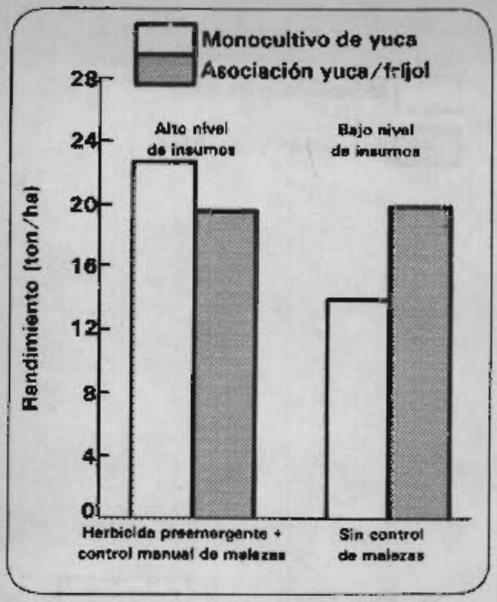


Figura 52. Efecto de diferentes niveles de control de malezas en los rendimientos de raíces frescas de yuca, en dos sistemas de cultivo.

Cultivos Múltiples

Con los avances logrados en la determinación de la base fisiológica del sistema intercalado yuca/fríjol (Informes Anuales del CIAT, 1976 y 1977) el interés se ha centrado en el potencial agronómico del sistema intercalado. Se intentó intensificar el uso de la tierra mediante la siembra de dos cultivos de fríjol con yuca en un año y se preparó un análisis económico de diversas alternativas de intercalamiento de cultivos (ver la Sección de Economía). Se iniciaron las investigaciones con sistemas intercalados de yuca/leguminosas de grano, tanto en suelos ácidos e infértiles como bajo condiciones cálidas y húmedas. Ambos son ambientes en los cuales la asociación yuca/fríjol es impráctica.

Cultivos Intercalados de Yuca/Fríjol

La variedad de yuca M Mex 11 se sembró a distancias de 1.8 x 0.6 m en monocultivo e intercalada con fríjol. En los tratamientos intercalados, la variedad de fríjol arbustivo Porrillo Sintético se sembró simultáneamente con la yuca y el cultivar trepador PI 313-635 se sembró 9 meses después de sembrada la yuca. En la Figura 53 se presentan los cinco tratamientos incluidos en este experimento. Las parcelas se fertilizaron mediante la aplicación en bandas de 30 kg de N, 30 kg de P_2O_5, 50 kg de K_2O, 5 kg de Zn y 1 kg de B/ha al momento de la siembra; las mismas cantidades se aplicaron nuevamente cuando se sembró el fríjol trepador. Cuando el fríjol trepador germinó, la mitad de las plantas de cada parcela se defolió completamente. Las mismas plantas de yuca se defoliaron menos intensamente a los 34 y 68 días después.

Los rendimientos de raíces frescas de yuca fueron 5-10 ton/ha menores en las parcelas defoliadas que en las no defoliadas. El efecto de los diferentes sistemas de cultivo en el rendimiento fue enmascarado por el fuerte efecto depresivo de la defoliación en el rendimiento. Los rendimientos de la yuca no defoliada reflejaron la relación normal monocultivo/cultivo intercalado; los rendimientos de las parcelas de yuca intercaladas con fríjol fueron 12-18 por ciento menores que los rendimientos del monocultivo. Cuando sólo se intercaló fríjol trepador, los rendimientos de yuca no disminuyeron. Los rendimientos de fríjol trepador fueron tres veces más altos cuando la yuca se defolió, en comparación con el tratamiento sin defoliación (Figura 54). En el Cuadro 43 se presentan los rendimientos obtenidos en todos los sistemas estudiados.

Los Indices Equivalentes de Tierras (IET), calculados con base en los rendimientos individuales de la yuca y el fríjol arbustivo en monocultivo, fueron generalmente mayores cuando se defolió la yuca. El

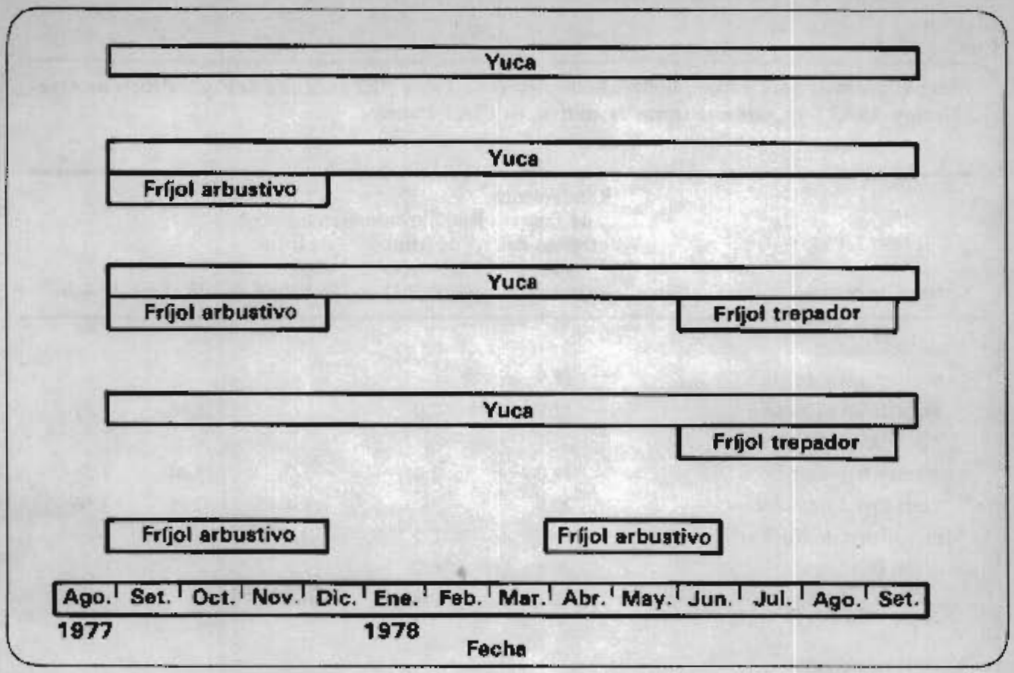


Figura 53. Programación del ensayo sobre sistemas de cultivo yuca/fríjol.

máximo IET de 3.04 se obtuvo bajo el sistema intensivo de tres cultivos por año. Cuando no hubo defoliación, los rendimientos del fríjol trepador fueron bajos, pero aún así se logró obtener un IET de 2.19 al sembrar un cultivo de yuca con dos de fríjol (Cuadro 43).

Los resultados mostraron que el intercalamiento intensivo de yuca/fríjol es técnicamente factible. El fríjol arbustivo utiliza la luz, la humedad y otros recursos que la yuca de crecimiento lento no puede utilizar eficientemente durante sus etapas tempranas de crecimiento, en tanto que el

Figura 54. Efectos del sombrío ejercido por la yuca sobre los rendimientos del fríjol trepador. A la izquierda, se obtuvo un buen rendimiento de fríjol de 1.7 ton/ha cuando se defolió la yuca; a la derecha, sin defoliar la yuca, el sombrío redujo los rendimientos del fríjol a un promedio de aproximadamente 0.5 ton/ha.

Cuadro 43.

Rendimientos de yuca y fríjol, Indices Equivalentes de Tierra (IET) e Indice de Equivalencia de Area-Tiempo (IEAT), en varios sistemas de cultivo, en CIAT-Palmira.

Sistema de cultivo	Rendimiento de raíces frescas de yuca (ton/ha)	Rendimiento de fríjol arbustivo (ton/ha)	Rendimiento de fríjol trepador (ton/ha)[1]	IET[2]	IEAT[3]
Yuca defoliada:					
Monocultivo de yuca	18.9	-	-	-	-
Yuca/fríjol arbustivo	17.9	2.0	-	1.86	1.19
Yuca/fríjol arbustivo/ fríjol trepador	19.0	2.0	1.7	3.04	1.56
Yuca/fríjol trepador	20.9	-	1.4	2.05	1.36
Monocultivo de fríjol arbustivo	-	2.2	1.5[4]	-	-
CV (%)	29.8	6.2	12.7		
DE	5.7	0.129	0.198		
Yuca no defoliada:					
Monocultivo de yuca	28.2	-	-	-	-
Yuca/fríjol arbustivo	23.0	2.0	-	1.73	1.07
Yuca/fríjol arbustivo/ fríjol trepador	24.8	2.0	0.6	2.19	1.24
Yuca/fríjol trepador	31.4	-	0.5	1.45	1.20
Monocultivo de fríjol arbustivo	-	2.2	1.5[4]	-	-
CV (%)	23.7	6.2	30.3		
DE	6.3	0.129	0.167		

1 Con un contenido de humedad del 14%.
2 Calculado con base en los rendimientos individuales de cada cultivo.
3 Indice de Equivalencia de Area-Tiempo, según Hiebsch (1977).

$$IEAT = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_i^m}{t^l} \cdot \frac{Y_i^I}{Y_i^m} = \frac{1}{t^l} \sum_{i=1}^{n} t_i^m \frac{Y_i^I}{Y_i^m}$$

Donde: t_i^m = período de crecimiento del cultivo i en monocultivo

t^l = tiempo total del sistema intercalado

Y_i^I = rendimiento (ton/ha) del cultivo i en monocultivo

Y_i^m = rendimiento (ton/ha) del cultivo i en asociación

4 Rendimientos del monocultivo de fríjol arbustivo, obtenidos durante el período en el cual se sembró el fríjol trepador.

fríjol trepador utiliza los tallos de yuca como soporte hacia el final del ciclo de cultivo de la yuca.

Intercalamiento con Otras Leguminosas

Las asociaciones de yuca/fríjol tienen una zona bien definida de aplicación en suelos fértiles, a alturas intermedias, con temperaturas medias de 18°-20°C. Sin embargo, tales condiciones no son las que prevalecen en las principales áreas productoras de yuca, en donde las altas temperaturas o los suelos pobres, además de las fuertes presiones ocasionadas por las enfermedades y las plagas, limitan la productividad del fríjol. Por estas razones, se iniciaron estudios para explorar la posibilidad de intercalar otras tres leguminosas de grano y determinar su rango de adaptación: caupí (*Vigna unguiculata*), fríjol mungo (*Vigna radiata*) y maní (*Arachis hypogaea*).

Se sembró un cultivar de cada leguminosa en monocultivo y simultáneamente, con yuca, en el suelo ácido e infértil de CIAT-Quilichao. Las parcelas recibieron aplicaciones moderadas de correctivos — 0.5 ton/ha de cal dolomítica y 100 kg de N, 105 kg de P_2O_5, 35 kg de K_2O, 3 kg de Zn y 1 de B/ha.

En monocultivo, el caupí dio un rendimiento de más de 2 ton/ha y el maní casi 2 ton/ha, lo cual indica el alto potencial de estas especies bajo las condiciones de suelos pobres de esta localidad. Cuando las dos leguminosas se intercalaron con yuca, el rendimiento del caupí disminuyó en un 9.8 por ciento y el maní dio un rendimiento 15.3 por ciento inferior en comparación con el monocultivo. Ambas especies se pueden intercalar con la yuca sin disminuir severamente sus potenciales de rendimiento (Figura 55). El fríjol mungo dio una producción mucho menor que las otras dos leguminosas, lo cual indica su menor adaptación a este ambiente.

Figura 55. Una buena asociación de yuca y maní, en un suelo muy ácido e infértil, en CIAT-Quilichao.

Debido a las condiciones pobres del suelo en CIAT-Qilichao se esperaba que el desarrollo de los cultivos fuera mucho menos vigoroso que el que se obtendría bajo las condiciones de CIAT-Palmira. En consecuencia, además del patrón normal de siembra de la yuca (1.8 x 0.6 m) con hileras de leguminosas espaciadas a 0.9 m, se utilizó un patrón de siembra menos distanciado de 1.5 x 0.75 m para la yuca, con hileras de leguminosas espaciadas 0.75 m. Sin embargo, cuando las leguminosas se espaciaron 0.9 m, su rendimiento fue consistentemente mejor que a menores distancias (Cuadro 44). Aún no se ha cosechado la yuca de este experimento para obtener resultados finales.

En la costa norte de Colombia se sembró un ensayo similar en un clima cálido y húmedo. A pesar de que el fríjol mungo presentó buena adaptación a estas condiciones, con un rendimiento de 2.3 ton/ha en monocultivo, los rendimientos de la leguminosa intercalada con la yuca fueron extremadamente bajos. Este resultado se puede atribuir al crecimiento vigoroso de la yuca, el cual produjo un sombrío intenso sobre las leguminosas desde el principio de su establecimiento. Pareciera que es

Cuadro 44.

Rendimientos de tres leguminosas de grano cultivadas en monocultivo e intercaladas con yuca, en un suelo ácido e infértil, en CIAT-Quilichao.

Leguminosa y variedad	Espaciamiento de la yuca (m)	Espaciamiento de las hileras de leguminosas (m)	Rendimiento en monocultivo (kg/ha)[1]	Rendimiento intercalado (kg/ha)[1]
Caupí				
(TVN 201-1D)	1.8 X 0.60	0.90	2156	1945
	1.5 x 0.75	0.75	1943	1775
Fríjol mungo				
(1380 Mg 50-10A)	1.8 x 0.60	0.90	632	363
	1.5 x 0.75	0.75	374	125
Maní				
(ICA Tatui 76)	1.8 x 0.60	0.90	1822	1543
	1.5 x 0.75	0.75	1420	1213

1 Con un contenido de humedad del 14%.

necesario modificar las técnicas de intercalamiento en lo que respecta a los genotipos de yuca, espaciamiento y fechas de siembra, para lograr resultados satisfactorios con el sistema intercalado, bajo este tipo de condiciones ambientales.

Cosecha Mecánica

Se evaluó una cosechadora comercial de yuca y un implemento que mecánicamente ayuda en la cosecha; la comparación se hizo en una plantación establecida en un suelo friable, franco arcilloso de CIAT-Quilichao. La cosechadora comercial, llamada de ahora en adelante la Cosechadora A (Figura 56), fue fabricada por Richter Engineering Ltd., Boonah, Australia, y el implemento de cosecha, Cosechadora B, fue diseñado y construído en los talleres del CIAT.

Evaluación de las Cosechadoras

Con el objeto de comparar la eficiencia de las dos cosechadoras mencionadas, se

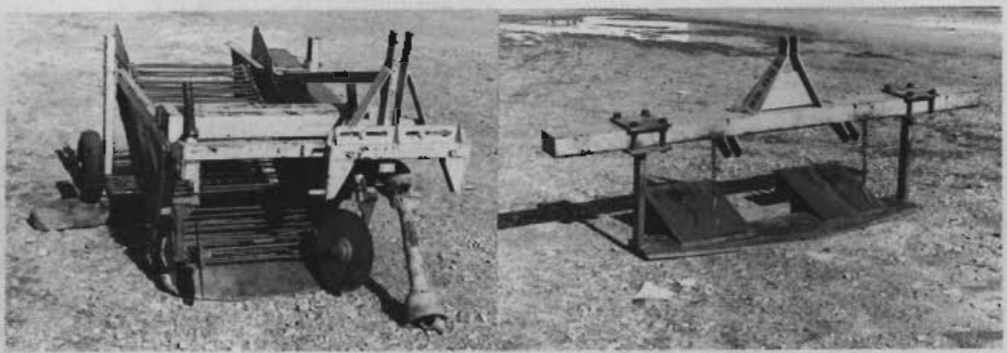


Figura 56. Dos implementos de cosecha de yuca evaluados en CIAT-Quilichao, durante 1978. A la izquierda, un implemento comercial (Cosechadora A) y a la derecha, un implemento diseñado y construido en el CIAT (Cosechadora B).

establecieron dos ensayos: 1) Se sembró la variedad Chiroza (difícil de cosechar manualmente) en tres sistemas de siembra: camas, camellones y a nivel del suelo (en hileras con 1 m de separación entre ellas y diferentes espaciamientos dentro de las hileras, con el propósito de variar las poblaciones entre 5000 y 20,000 plantas/ha). 2) Se hicieron siembras a nivel del suelo utilizando tres variedades de yuca: M Col 22 (plantas con raíces cortas y cónicas, de crecimiento radical compacto), CMC 84 (con raíces de tamaño intermedio) y M Mex 11 (con raíces largas y dispersas). Antes de la cosecha se removieron manualmente todas las partes aéreas de las plantas.

Desempeño de las Cosechadoras en Comparación con la Cosechadora Manual

La Cosechadora A dejó las raíces totalmente expuestas sobre la superficie de la hilera y soltó parcialmente el suelo que estaba adherido a ellas. La Cosechadora B no expuso totalmente las raíces en la hilera (Figura 57).

Las pérdidas de raíces fueron mayores con la cosecha manual y menores con la Cosechadora B. La Cosecchadora A, la cual dejó sobre el terreno un volumen de raíces similar al dejado por el sistema manual, también ocasionó más rompimiento de las raíces. La Cosechadora B penetró más profundamente en el suelo y lo aflojó más eficientemente que la Cosechadora A o la cosecha manual. El diseño de la Cosechadora A para una hilera y su menor anchura del área de trabajo (0.81m), permitió pérdidas potenciales de raíces en ambos lados de la hilera. La Cosechadora B, con una anchura de área de 1.92 m cosechó dos hileras a la vez; en consecuencia, sólo se presentaron pérdidas en un lado de la hilera, en cada pasada. Esto explica la cantidad relativamente mayor de pérdidas y de rompimiento de raíces observada con la Cosechadora A. Las pérdidas ocasionadas por la cosecha manual indican que, al no aflojar el suelo antes de la cosecha queda una mayor cantidad de raíces en el suelo. La ocurrencia de raíces cortadas y peladas fue baja; aparentemente, ninguno de los sistemas influyó sobre este tipo de daños (Cuadro 45).

Efectos del Sistema de Siembra

Al comparar los sistemas de siembra y las densidades, la proporción de raíces que quedó en el suelo, con una excepción, tendió a ser mayor en la siembra en camellones a baja densidad y menor en la yuca sembrada en un suelo nivelado y a alta densidad. Para las condiciones de los suelos de CIAT-Quilichao, la yuca sembrada en un suelo nivelado presentó el sistema radical con una distribución más uniforme, y con sus raíces extendiéndose horizontalmente en todas las direcciones. Por otra parte, la yuca sembrada en camellones enraizó a mayor profundidad y produjo raíces grandes y largas, a lo largo de los camellones, particularmente en las bajas densidades de siembra. Esta circunstancia explica las mayores pérdidas que se presentan con este sistema.

La ruptura de raíces aumentó con el número total de raíces en las mayores densidades de siembra, pero, los sistemas de siembra no produjeron efectos claros sobre el particular. Los sistemas de siembra y las densidades de población tampoco parecieron influir sobre la proporción de raíces cortadas o peladas (Cuadros 46 y 47).

Diferencias Varietales

Las variedades y los sistemas de cosecha tuvieron efecto sobre la cantidad de raíces que quedaron en el suelo y sobre el daño de

Figura 57. Comportamiento de las dos cosechadoras de yuca, a nivel de campo, en CIAT-Quilichao. Las dos hileras de la izquierda fueron cosechadas con la Cosechadora A y la hilera doble a la derecha fue cosechada con la Cosechadora B. Ambos implementos ayudan a cosechar las raíces sacándolas del suelo, facilitando la recolección del producto.

las mismas (Cuadro 48). En la variedad M Mex 11 (difícil de cosechar), las pérdidas ocasionadas por las raíces que quedaron en el suelo fueron 2-3 veces mayores con la cosecha manual en comparación con los sistemas mecánicos. Estos resultados están acordes con los obtenidos en los primeros ensayos, en los cuales la variedad Chiroza (también difícil de cosechar), presentó la mayor cantidad de raíces que quedaron en el suelo cuando se cosechó manualmente.

Por otra parte, con las variedades intermedias y fáciles de cosechar, las pérdidas fueron bajas con la cosecha manual pero algo mayores con los sistemas mecánicos. La cantidad de raíces rotas fue sorprendentemente alta con la variedad M Col 22, de raíces cortas, siguiéndole en orden descendente la variedad M Mex 11. La consistencia del tejido radical, en vez del tamaño de la raíz, parece influir en la cantidad de raíces rotas como se observó

Cuadro 45.

Comportamiento de dos implementos mecánicos que facilitan la cosecha de las raíces de yuca y del sistema manual de cosecha, con la variedad Chiroza, en CIAT-Quilichao.[1]

Sistema de cosecha	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Manual	1.62	1.9	0.0	0.0
Cosechadora A	1.55	17.0	0.5	1.5
Cosechadora B	0.23	3.3	0.1	1.0

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra y a tres densidades.
2 Evaluación visual con base en una escala de 0-10: 0 = sin pelar; 10 = daños en la mitad o más de la superficie de la raíz.

en este ensayo. Excepto en un caso, no se observaron raíces con cortes. La variedad M Mex 11 pareció ser la más susceptible al pelado, en tanto que M Col 22 casi nunca fue afectada.

Eficiencia de Trabajo

La eficiencia neta de trabajo de la Cosechadora A se calculó en aproximadamente 0.2 ha/hora en tanto que para la Cosechadora B se estimó en 0.5 ha/hora.

Se analizaron las necesidades de mano de obra para las diferentes etapas de la operación de cosecha, con y sin el uso de las cosechadoras. El corte de los tallos requirió 25 horas hombre/ha (9%) y el levante manual de las raíces tomó 44 horas hombre/ha (16%). El 75 por ciento restante del tiempo (204 horas) se utilizó

Cuadro 46.

Efectos de tres sistemas de siembra, con la variedad Chiroza, sobre el comportamiento de dos implementos mecánicos que facilitan la cosecha de yuca, en CIAT-Quilichao.

Sistema de siembra	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
Camellones	2.1	16.8	1.5	2
Camas	1.4	19.5	0.0	1
Suelo a nivel	1.2	17.7	0.0	1
Cosechadora B:				
Camellones	0.5	4.1	0.3	1
Camas	0.2	2.7	0.0	1
Suelo a nivel	0.0	3.1	0.0	1

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medidas de densidades de siembra de 10,000, 15,000 y 20,000 plantas/ha.
2 Ver el pie de cuadro 2, del Cuadro 45.

Cuadro 47.

Efectos de las densidades de siembra de la variedad Chiroza sobre el comportamiento de dos implementos mecánicos que facilitan la cosecha de la yuca, en CIAT-Quilichao.[1]

Densidades (plantas/ha)	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
10,000	1.3	14.9	0.9	1.7
15,000	2.1	19.3	0.3	1.3
20,000	1.2	20.0	0.2	1.0
Cosechadora B:				
10,000	0.6	2.1	0.3	1.0
15,000	0.0	1.2	0.0	1.0
20,000	0.1	6.6	0.0	1.0

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra.
2 Ver el pie de cuadro 2, del Cuadro 45.

para separar las raíces de los tallos, recolectar la cosecha, y separar y empacar las raíces. Cuando las raíces se cosecharon mecánicamente, este segmento del tiempo total se ahorró y la eficiencia de cosecha aumentó en un 20 por ciento. Estos datos están acordes con las observaciones hechas en una cosecha manual efectuada en un cultivo comercial, en el área de Caicedonia, Departamento del Valle, en donde ocho hombres cosechan seis toneladas de raíces fresca en aproximadamente 7 horas.

Cuadro 48.

Evaluaciones de la cosecha manual o con dos sistemas mecánicos, de tres variedades de yuca sembradas en CIAT-Quilichao.[1]

Variedad	Sistema de cosecha	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
M Mex 11	manual		1.03	1.5	0.0	0
	Cosechadora A	19.0	0.58	7.6	0.0	5
	Cosechadora B		0.37	2.4	0.0	2
CMC 84	manual		0.28	0.9	0.0	1
	Cosechadora A	20.9	0.68	6.9	0.0	3
	Cosechadora B		0.58	2.0	0.0	0
M Col 22	manual		0.29	0.4	0.0	0
	Cosechadora A	15.6	0.42	6.2	0.0	1
	Cosechadora B		0.44	11.2	2.0	0

1 Los valores corresponden a las medias de densidades de siembra de 5000, 10,000 y 20,000 plantas/ha.
2 Ver el pie de cuadro 2, del Cuadro 45.

con una eficiencia de 0.85 ton/día/hombre (8 horas).

Implicaciones Agronómicas y Socioeconómicas

Ambas máquinas operaron con facilidad bajo una amplia gama de condiciones de cultivo y ambas levantaron la cosecha de raíces de yuca en forma eficiente. Bajo la mayoría de las condiciones de cultivo, las proporciones de raíces dejadas en el suelo por la cosecha mecanizada fueron inferiores en comparación con la cosecha manual. Aunque ambos implementos trabajan sobre el principio físico del pase de una reja con cuchilla por debajo de las raíces, no ocurrió un daño significativo por corte directo. El daño global por rompimiento y pelado con la Cosechadora B fue bajo y comparable al de la cosecha manual. Los daños de las raíces de yuca se pueden mantener a un bajo nivel en el mercado del producto fresco o cuando las raíces se van a almacenar para su mercadeo posterior. El daño de raíces fue mayor con la Cosechadora A pero, para el procesamiento industrial de las raíces, este factor no tendría importancia significativa.

La cosecha de la yuca para el consumo fresco implica una serie de actividades que no se pueden mecanizar fácilmente, si se desea evitar el daño de las raíces. En consecuencia, los requerimientos de mano de obra permanecerían altos. Aunque los tallos se cortasen y las raíces se levantasen mecánicamente, estas dos operaciones combinadas sólo ahorrarían el 25 por ciento del total requerido de horas-hombre. Por lo tanto, las cosechadoras no desplazarían trabajadores pero su utilización les aliviaría de la mayor parte del trabajo físico.

Las características de trabajo de la Cosechadora B, junto con su bajo costo, favorecen su utilización en un sistema integrado de cosecha manual/mecánica, el cual se podría adaptar aún en pequeñas fincas en las cuales la yuca se produzca principalmente para el consumo fresco.

Por otra parte, la Cosechadora A permite la posibilidad de mecanizar totalmente el proceso de cosecha de la yuca. Se podría acoplar un mecanismo de colección a la cosechadora y una cortadora de forraje para remover los tallos antes de levantar las raíces. Este sistema tendría aplicación potencial bajo un sistema de producción de yuca en gran escala para su procesamiento industrial.

SUELOS Y NUTRICION DE LA PLANTA

Los factores que parecen ser los más limitantes para la producción de yuca en las extensas áreas de Oxisoles y Ultisoles ácidos e infértiles de América Latina, son los altos niveles de Al y los bajos niveles de P del suelo. Durante 1978, la Sección de Suelos y Nutrición de la Planta concentró la mayor parte de sus esfuerzos en la identificación de cultivares tolerantes a estos dos factores adversos.

Se evaluó la metodología de selección de campo para evaluar materiales por su tolerancia a la acidez del suelo y a los bajos niveles de P. En los ensayos para determinar el requerimiento externo de P de la yuca, se encontró que el nivel crítico para el cultivo es de 0.025 ppm de P en la solución del suelo. También, se realizaron experimentos a nivel de campo para estudiar las interacciones cal/P y N/P.

Se hicieron algunos trabajos con varios cultivos de cobertura a fin de evaluar sus efectos sobre los rendimientos de yuca, al utilizarlos para prevenir la erosión del

suelo y para el control de malezas. En general, se observaron reducciones en el rendimiento de yuca al sembrar cultivos de cobertura aunque los beneficios que éstos traen con la prevención de la erosión, el control de malezas y el establecimiento de un cultivo forrajero, probablemente equilibran las reducciones que se presentan en el rendimiento de la yuca.

Selección en Soluciones Nutritivas

Tolerancia al Alto Nivel de Aluminio y al Bajo Nivel de Fósforo

Los intentos para seleccionar simultáneamente cultivares en soluciones nutritivas por su tolerancia a altos niveles de Al y a bajos niveles de P, no fueron satisfactorios debido a la dificultad de mantener concentraciones estables de Al y P en la solución, a un pH que las plantas toleren. Solamente, a pH 3.5 se logró que el Al y el P no se precipitaran, pero el crecimiento de las plantas, a este nivel de acidez, se retrasó excesivamente y se presentaron con frecuencia problemas de pudrición radical. Un ensayo preliminar demostró que el crecimiento de las plantas en la solución de cultivo aumentó considerablemente a medida que se incrementó el pH desde 3 hasta 5 y al incrementar la concentración de P desde 0 hasta 16 (Figura 58).

Se requieren niveles relativamente altos de P y Al para seleccionar variedades por tolerancia a altos niveles de Al y bajos niveles de P; estas dos condiciones sólo se pueden combinar a niveles de pH extremadamente bajos, los cuales, normalmente, no se presentan bajo condiciones de campo. Por consiguiente, la selección por tolerancia al Al y P en soluciones nutritivas se tiene que hacer separadamente si se desea mantener el pH a un nivel en el cual se pueda lograr que el crecimiento de las plantas sea casi normal.

Selección de Campo

Tolerancia al Bajo Nivel de Fósforo

En CIAT-Quilichao se sembraron 30 cultivares a dos niveles de P aplicado (0 y 200 kg de P_2O_5 /ha) con el fin de evaluar su tolerancia a los bajos niveles de P. La altura de las plantas se midió a los 3.5 meses y el rendimiento final de raíces se registró a los 12 meses para determinar si la tolerancia al bajo nivel de P se puede medir según la altura de la planta o según el

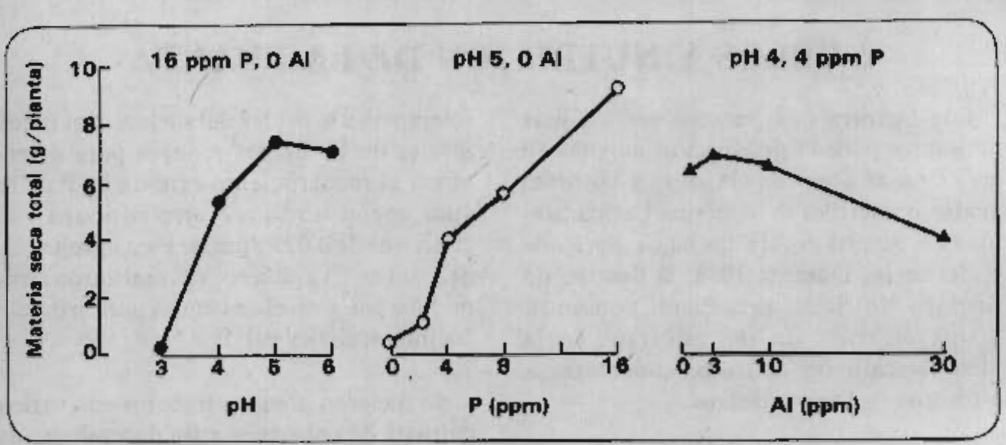


Figura 58. Efectos de las concentraciones de P y Al y del pH, en la solución nutritiva, sobre la producción de materia seca total de plantas de yuca, a los 35 días, después de establecidos los tratamientos.

crecimiento total de la planta a los 5.5 meses, en lugar de tener que esperar un año para medir la producción de raíces. Desafortunadamente, 13 de los 30 cultivares fueron severamente afectados por la enfermedad denominada cuero de sapo, un problema que sólo se puede detectar al momento de la cosecha. Entre los 17 cultivares restantes, el índice de tolerancia al bajo nivel de P a los 5.5 meses se correlacionó mejor (r=0.48) con el índice obtenido a los 12 meses, pero la correlación no fue significativa. El índice de tolerancia se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Rendimiento con 0 P}}{\text{Rendimiento con 200 kg de } P_2O_5} \times$$

$$\frac{\text{Rendimiento con 0 P}}{\text{Mayor rendimiento con 0 P}} \times 100\%$$

La correlación fue mucho menor entre la tolerancia al bajo nivel de P determinado según la altura de la planta:

$$\frac{\text{Altura de la planta con 0 P}}{\text{Altura de la planta con 200 kg de } P_2O_5}$$

que según el rendimiento de raíces.

Los cultivares que dieron los mayores rendimientos fueron M Col 131, M Col 308 y M Col 676, cuyos rendimientos en hileras individuales fueron equivalentes a un promedio aproximado de 50 ton/ha. Los cultivares con el mayor índice de tolerancia al bajo nivel de P fueron M Col 458 y M Col 260.

Requerimientos Externos de Fósforo

El requerimiento externo de P de la yuca se determinó sembrando el cultivar Llanera en CIAT-Quilichao, en parcelas en las cuales el P se aplicó al voleo en la forma de superfosfato triple y en 11 dosis (desde 0 hasta 2590 kg de P_2O_5 /ha.). Estas dosis correspondieron a concentraciones de P en la solución del suelo desde 0.001 hasta 0.2 ppm, según las determinaciones hechas con base en las isotermas de absorción de P. Todas las parcelas se fertilizaron uniformemente con 500 kg de cal, 100 kg de N, 100 kg de K_2O y 10 kg de Zn/ha.

La Figura 59 muestra la respuesta de la yuca al P en términos de la producción de raíces y follaje, y del índice de cosecha. Los rendimientos de raíces aumentaron desde 26.0 hasta 47.6 ton/ha por la aplicación de P pero fueron relativamente variables con altos niveles de P. La producción de follaje aumentó más marcadamente, que el rendimiento de raíces, lo cual resultó en una disminución del índice de cosecha desde 0.79 hasta 0.66 como consecuencia de las aplicaciones de P.

La Figura 60 muestra la relación existente entre el rendimiento de raíces y la concentración de P en la solución del suelo. El requerimiento externo de P, igual al 95 por ciento del rendimiento máximo, se estimó entre 0.015 y 0.025 ppm de P en la solución del suelo. Este nivel coincide con los valores obtenidos con yuca en Hawaii, Malasia y Nigeria, los cuales oscilan entre 0.006 y 0.04 ppm de P. Es así como el requerimiento externo de P de la yuca parece ser mucho más bajo que para otros cultivos tales como el maíz (0.06 ppm), fríjol (0.06 ppm) o papa (0.20 ppm). Este requerimiento de P relativamente bajo en el suelo contrasta marcadamente con el requerimiento de P extremadamente alto en soluciones nutritivas.

Interacciones Cal/Fósforo

Bajo las condiciones edáficas extremadamente ácidas (pH 4.4) y pobres en P (2 ppm de P, Bray II), que prevalecen en CIAT-Quilichao, la mayoría de los

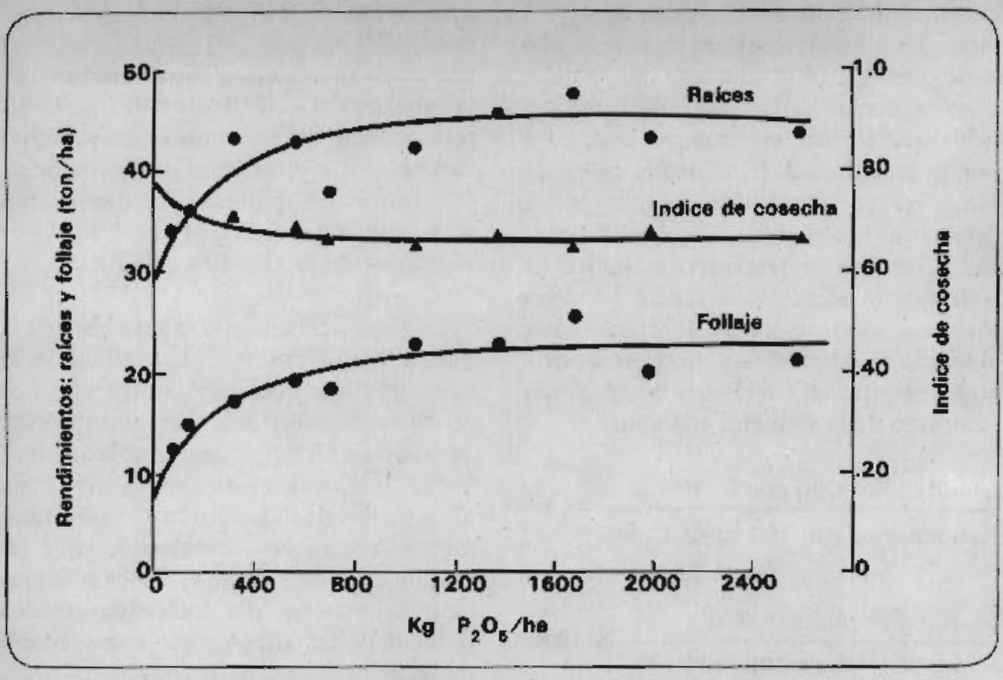


Figura 59. El efecto de la aplicación de P sobre el rendimiento de raíces (frescas) y follaje, y en el índice de cosecha, en CIAT-Quilichao.

cultivos responden muy bien a las aplicaciones de cal y de P. Con el fin de determinar la respuesta de la yuca a la cal y al P y a las interacciones entre los dos, se estableció un experimento con un diseño sistemático en el cual los niveles de P aumentaron desde 0 hasta 380 kg de P_2O_5/ha en incrementos de 20 kg de hilera a hilera, en una dirección. Los niveles de cal aumentaron a lo largo del eje perpendicular desde 0 hasta 3600 kg/ha en incrementos de 200 kg. La cal se incorporó después de aplicarla al voleo y el P se aplicó en bandas a lo largo de las estacas. En este diseño, cada planta es un tratamiento diferente el cual representa una combinación específica de P y cal. El ensayo incluyó 324 tratamientos en una matriz de 18 x 18 y cuatro repeticiones. Las plantas se cosecharon individualmente y se tomaron datos de los rendimientos de raíces y de las partes aéreas.

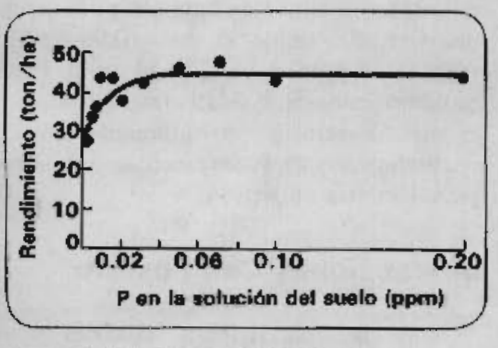


Figura 60. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca y la concentración de P en la solución del suelo, para la variedad Llanera, en CIAT-Quilichao.

A medida que aumentaron los niveles de cal, el pH del suelo en los tratamientos aumentó linealmente desde 4.1 hasta 5.1 y el contenido de Al disminuyó desde 3.8 hasta 0.5 meq/100 g. Los rendimientos como consecuencia de la aplicación de 300 kg de P_2O_5/ha y 3.6 ton/ha de cal. La Figura 61, la cual muestra la respuesta promedio de la yuca a las aplicaciones de P

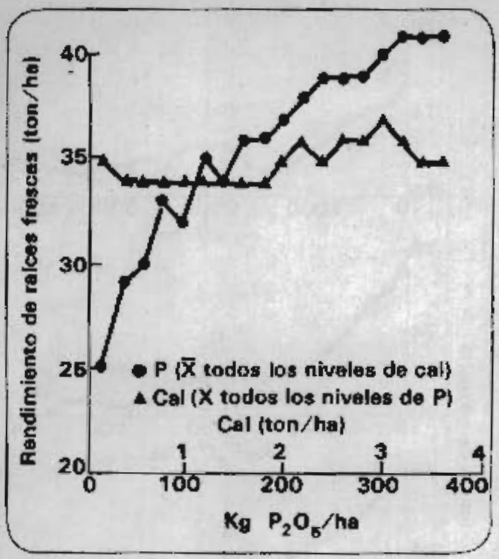


Figura 61. Respuesta promedio de la variedad de yuca Llanera a las aplicaciones de cal y P, en CIAT-Quilichao.

y de cal, indica que la respuesta más notoria fue al P y sólo una respuesta menor a la cal. Los máximos rendimientos con o sin cal se obtuvieron con 300-400 kg de P_2O_5/ha. Estos datos corroboraron los resultados previamente obtenidos en Carimagua (Figura 62) los cuales indicaban que, en promedio, la yuca tolera una saturación de Al de aproximadamente un 80 por ciento a niveles de Ca de 0.025 meq/100 g que, en este caso, resultaron en un pH de 4.7. En el suelo de CIAT-Quilichao (pH 4.4, 82% de saturación de Al y 0.48 meq de Ca/100 g), los rendimientos de yuca no fueron afectados ni por la alta saturación de Al ni por la baja concentración de Ca y no se observó una respuesta significativa a la cal. Esta tolerancia a condiciones extremas de acidez del suelo hace que el cultivo de la yuca sea un cultivo alimenticio muy útil para las extensas áreas de Oxisoles y Ultisoles ácidos de América Latina. En estos suelos, el elemento limitante principal sería el P y se pueden esperar respuestas menores al N, K, y Zn (Figura 63).

La Figura 64 muestra que el índice de cosecha disminuyó consistentemente con aplicaciones tanto de P como de cal, lo cual indica que ambos materiales estimularon el crecimiento aéreo más que el crecimiento radical.

Interacciones Nitrógeno/Potasio

Se estableció un experimento con diseño sistemático similar al descrito anteriormente, con el fin de evaluar la interacción del N y K. Los niveles de N aumentaron desde 0 hasta 380 kg de N/ha y los de K también, desde 0 hasta 380 kg de K_2O/ha, ambos en incrementos de 20 kg. Ambos fertilizantes se aplicaron en banda

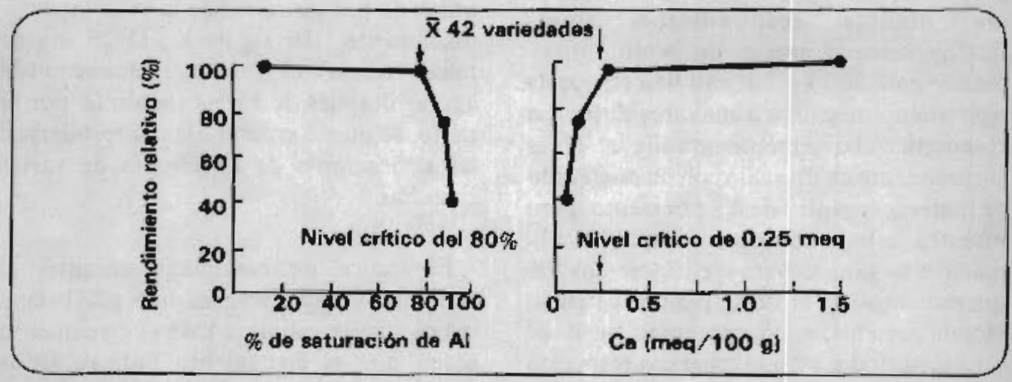


Figura 62. Relación entre el rendimiento relativo de yuca (promedio de 42 variedades), y el porcentaje de saturación de Al y contenido de Ca.

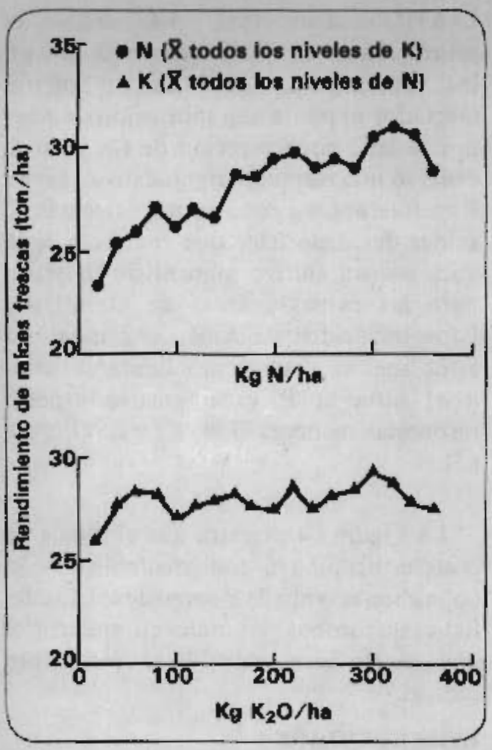


Figura 63. Respuesta promedio de la variedad de yuca Llanera a las aplicaciones de N y K, en CIAT-Quilichao.

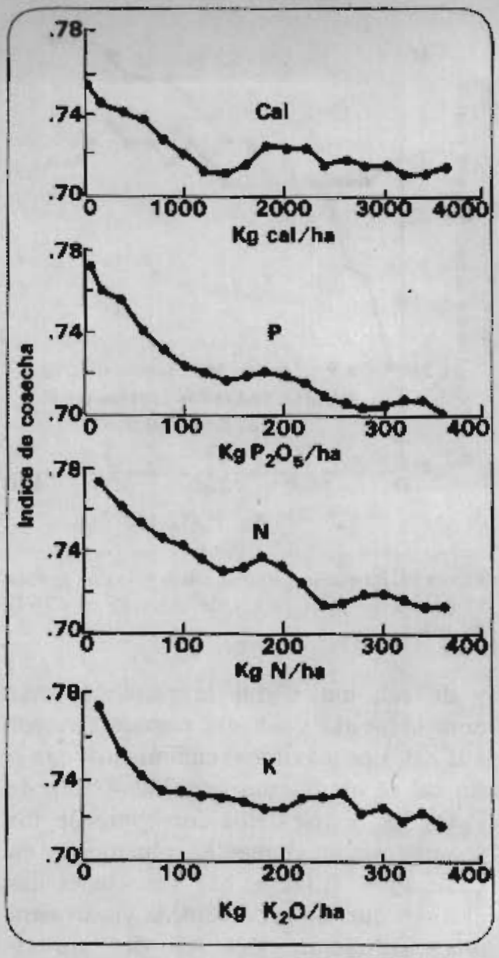


Figura 64. Efectos de las aplicaciones de cal, P, N y K sobre el índice de cosecha de la variedad de yuca Llanera, en CIAT-Quilichao.

al momento de la siembra y se utilizó el cultivar Llanera.

Los rendimientos aumentaron desde 22 hasta 34 ton/ha con las aplicaciones de 360 kg de N y 360 kg de K_2O/ha. La respuesta al K fue apenas moderada (Figura 63) pero las plantas respondieron significativamente a niveles de N de aproximadamente 300 kg/ha, con una respuesta ligeramente negativa a mayores dosis. La respuesta relativamente grande al N es sorprendente en un suelo con un contenido de materia orgánica de 6.8 por ciento, pero muestra la baja contribución que hace la materia orgánica para satisfacer los requerimientos de N de la planta. El suelo virgen presentaba un contenido de K de 0.15 meq/100 g y no se esperaba respuesta alguna al K. Sin embargo, como consecuencia de la gran cantidad de K utilizada por las raíces de la yuca (aproximadamente, 100 kg de K_2O/25 ton de raíces frescas), el K de los suelos se puede agotar después de varias siembras; por lo tanto, se puede esperar alguna respuesta a las aplicaciones de K después de varias cosechas.

El índice de cosecha disminuyó al aumentar las aplicaciones de N y K, lo cual indica que se estimula más el crecimiento aéreo que el crecimiento radical. Estos resultados son consistentes con datos previamente obtenidos en Carimagua

(Informe Anual del CIAT, 1977), pero son contrarios a la creencia que las aplicaciones de K estimulan la translocación de carbohidratos desde las partes aéreas hacia las raíces lo cual, por lo tanto, aumentaría el índice de cosecha. Lo anterior puede se cierto bajo condiciones de soluciones nutritivas con deficiencias extremas de K, pero no se ha observado a nivel de campo.

Con base en un precio de Col$2.00/kg de raíces y un costo de Col$17.31/kg de N, 27.42/kg de P_2O_5 y 14.97/kg de K_2O y 750/ton de cal, se calcularon los beneficios netos económicos para cada combinación de cal y P y de N y K. Se obtuvieron los máximos beneficios con 300 kg de P_2O_5 en combinación con 3.6 ton de cal/ha y con 340 kg de N en combinación con 60 kg de K_2O/ha. Sin embargo, las dosis óptimas económicas serían menores si se incluyen los factores de riesgo, intereses sobre el capital, etc.

Interacciones Fósforo/Potasio

Los estudios realizados en Media Luna, en la costa norte de Colombia, incluyeron dos ensayos utilizando el diseño sistemático descrito anteriormente. En la Figura 65 se presenta la distribución de la precipitación para el área y en el Cuadro 49 se presentan los análisis de suelo de los dos suelos más comunes del área. Los niveles de P y de K aplicados aumentaron desde 0 hasta 300 kg de P_2O_5 y de K_2O/ha en incrementos de 20 kg para cada uno, aplicados en forma de superfosfato triple (SFT) y de KCl. Se aplicó nitrógeno (úrea) a todos los tratamientos en una dosis de 100 kg de N/ha. Los fertilizantes se aplicaron en bandas al momento de la siembra y se utilizó la variedad M Mex 59.

El tratamiento testigo (sin aplicación de P o de K) dio un rendimiento de 35 ton/ha. El máximo rendimiento de 51 ton/ha se obtuvo con 40 y 60 kg/ha de P_2O_5 y K_2O, respectivamente. En promedio, los rendimientos de la yuca cultivada en suelo arenoso oscuro aumentaron hasta un nivel máximo después de las aplicaciones medias y bajas de P y de K, respectivamente. El contenido de K de 0.12 meq/100 g en el suelo arenoso oscuro está por encima del nivel crítico estimado (de aproximadamente 0.10 meq/100 g) y el contenido de P también está por encima del nivel crítico estimado de 10 ppm (Bray II), lo cual, por consiguiente, explica la respuesta moderada. La Figura 66 muestra

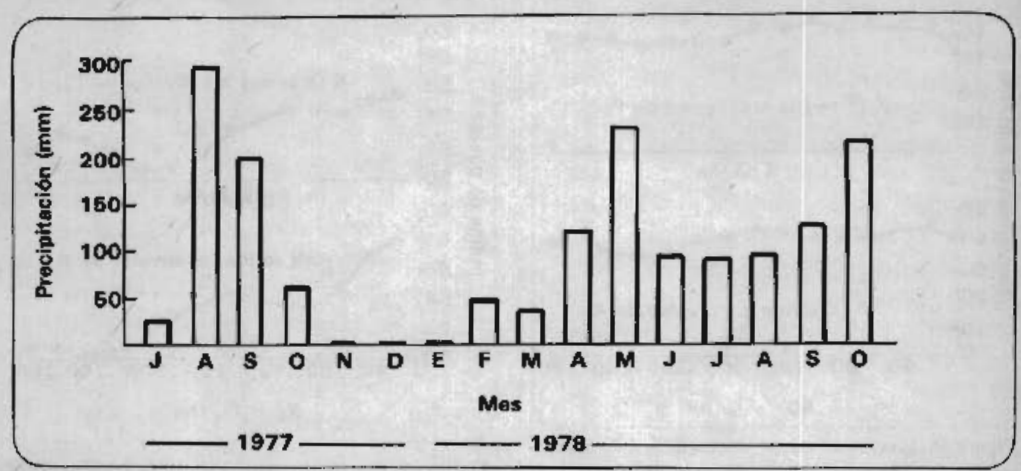


Figura 65. Precipitación acumulada en Media Luna durante el ciclo del cultivo de yuca (set.-julio). (La finca La Idea está ubicada a una altitud de 10 msnm, con una temperatura media de 28°C.)

Cuadro 49.

Análisis químico de suelos arenosos, oscuros y blancos (suelos culovio-aluviales, series arenera), en Media Luna, Colombia.

Profundidad (cm)	MO (%)	P Bray II (ppm)	pH	Ca	Mg	K	Na	CIC
				(meq/100 g)				
Suelo arenoso oscuro:								
0-20	1.25	13.6	6.6	1.64	0.38	0.12	0.07	2.0
20-40	0.70	3.8	6.6	0.55	0.15	0.10	0.05	0.8
Suelo arenoso claro:								
0-20	1.05	4.0	5.8	0.62	0.18	0.05	0.05	1.1
20-40	0.75	2.2	5.6	0.38	0.11	0.05	0.04	0.7

la respuesta promedio a la fertilización con K y P sobre todos los niveles de P y de K, respectivamente.

La Figura 67 muestra que tanto el K como el P disminuyeron consistentemente el índice de cosecha, lo cual nuevamente indica que la fertilización estimuló más el crecimiento aéreo que el crecimiento radical.

La Figura 68 muestra el efecto negativo de la fertilización con P y K en el contenido de almidón de las raíces de M Mex 59.

En el suelo arenoso blanco, el tratamiento testigo dio un rendimiento de 34 ton/ha. Los niveles intermedios de 100-120 kg de K_2O/ha produjeron el máximo aumento de rendimiento de raíces en todos los niveles de P; los altos niveles de 240-280 kg de P_2O_5 /ha produjeron los mayores rendimientos en todos los niveles de K' (Figura 69). Se obtuvo un máximo rendimiento de 59 ton/ha con 280 y 180 kg/ha de P_2O_5 y K_2O, respectivamente. Esta dosis de fertilizante P x K también produjo el mayor beneficio neto de US$2728/ha, en tanto que en el suelo

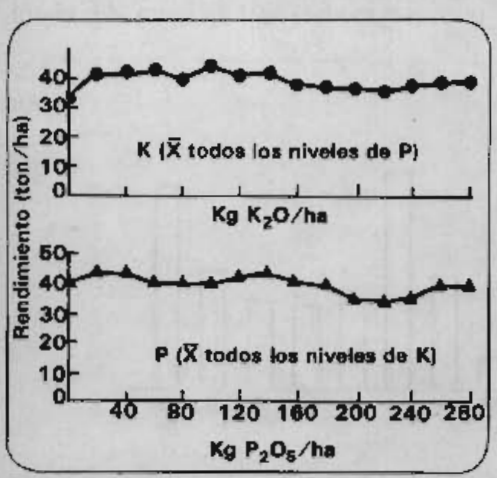


Figura 66. Efectos de varios niveles de K y P sobre el rendimiento de raíces frescas de yuca, de la variedad M Mex 59, en un suelo arenoso oscuro, en Media Luna.

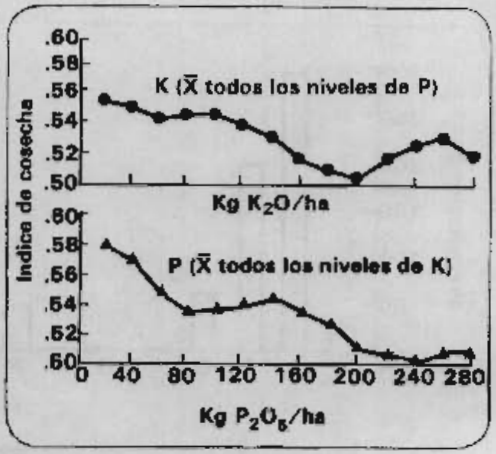


Figura 67. Efectos de varios niveles de K y P sobre el Indice de cosecha de la variedad de yuca M Mex 59, en un suelo arenoso oscuro, en Media Luna.

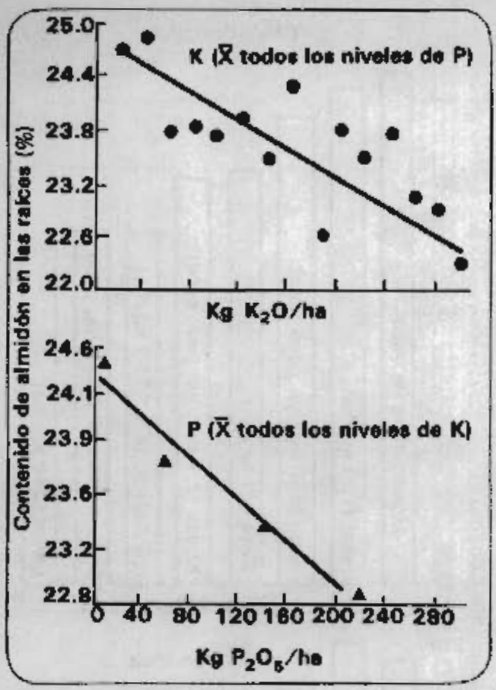


Figura 68. Efectos de varios niveles de K y P sobre el contenido de almidón, en las raíces de la variedad de yuca M Mex 59, en suelo arenoso oscuro, en Media Luna.

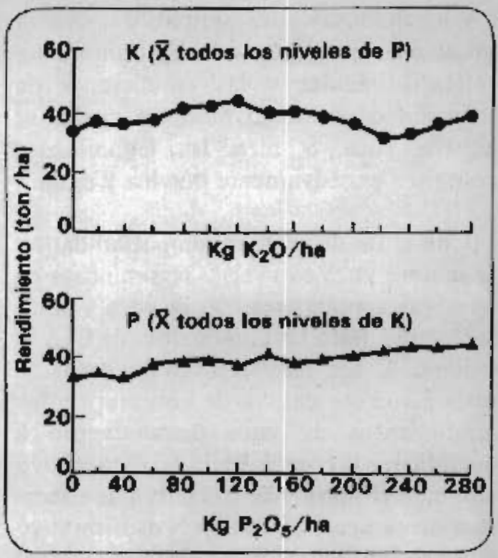


Figura 69. Efectos de varios niveles de K y P sobre los rendimientos de raíces frescas de la variedad de yuca M Mex 59, en un suelo arenoso blanco, en Media Luna.

arenoso oscuro, el máximo beneficio neto fue de US$ 2528/ha el cual se obtuvo con 40 y 60 kg/ha de P_2O_5 y de K_2O, respectivamente y un rendimiento de 51 ton/ha. Los precios utilizados fueron de US$0.57/kg de P_2O_5, 0.70/kg de K_2O y 50/ton de raíces frescas de yuca.

Los mayores rendimientos y respuestas económicas favorables se pueden obtener con bajos niveles de fertilizantes en el suelo arenoso oscuro, en tanto que en el suelo arenoso blanco se obtiene una mejor respuesta con mayores niveles de fertilizantes.

La respuesta moderada de la yuca a los niveles medios de fertilizantes en los suelos arenosos oscuros concuerda con otros resultados indicados en las secciones de Agronomía y Economía de este informe.

Cultivos de Cobertura con Yuca

Como consecuencia de las amplias distancias de siembra, su lento crecimiento inicial y el disturbio extensivo del suelo al momento de la cosecha, la yuca es un cultivo que tiene un alto índice de erosión. La yuca también es uno de los pocos cultivos que puede establecerse en un suelo fuertemente erosionado, lo cual agrava aún más la situación. La erosión puede disminuir al proteger el suelo entre las hileras con coberturas vivas o muertas, lo cual también puede ayudar a reducir el problema con las malezas. Además del control de la erosión, el intercalamiento de la yuca con una leguminosa de grano de crecimiento rápido puede proporcionar un ingreso de dinero para el agricultor a los 3 - 4 meses después de la siembra de la yuca, en tanto que la siembra de leguminosas forrajeras puede permitir el establecimiento de estos cultivos en forma permanente a un costo mínimo. Sin embargo, no todas

las leguminosas son compatibles con la yuca; por una parte, o la leguminosa no tolera la acidez y las condiciones de infertilidad del suelo bajo las cuales se cultiva yuca o bien las leguminosas compiten excesivamente por luz y agua.

Con el fin de evaluar compatibilidades, se sembró yuca con varias leguminosas en siembras simultáneas con la yuca y entre las hileras. Bajo las condiciones de CIAT-Quilichao, los mayores rendimientos se obtuvieron sin cultivo de cobertura y los rendimientos de yuca disminuyeron a medida que la competencia del otro cultivo aumentó (Figura 70). El cultivo de cobertura no aumentó el nivel de N ni disminuyó el nivel de P en las hojas de yuca, lo cual indica que la contribución de N y la competencia por nutrimentos con las leguminosas es mínima.

El fríjol, el maní perenne y la soya crecieron pobremente como consecuencia de los niveles tóxicos de Al y de Mn en el suelo y por tanto, compitieron muy poco con la yuca. El caupí creció vigorosamente y compitió por luz durante la etapa del crecimiento temprano de la yuca. Aunque el rendimiento del caupí fue muy bajo, la yuca nunca se recuperó de esta competencia temprana. El kudzú *(Pueraria phaseoloides)* y el fríjol terciopelo *(Stizolobium deeringianum)* crecieron vigorosamente, trepando por encima de la cobertura de la yuca y compitiendo severamente por luz, pero en una etapa posterior y menos crítica que el caupí. *Stylosanthes guianensis* redujo los rendimientos de yuca debido a su fuerte competencia por agua durante la estación seca. Durante este período ocasionó la defoliación completa y creció aún más alto que la yuca.

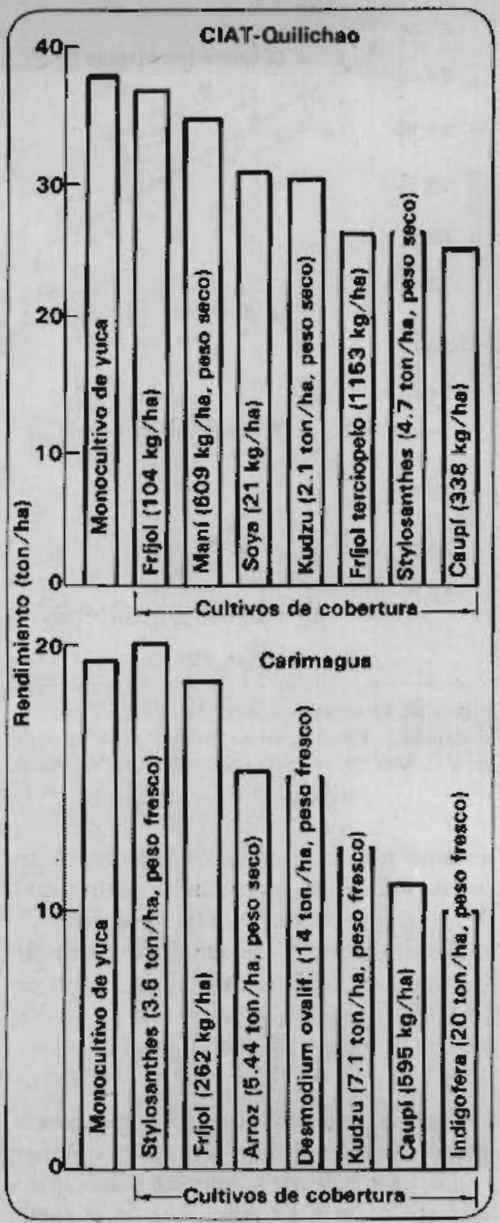


Figura 70. Efectos de la producción de varios cultivos de cobertura sobre los rendimientos de raíces frescas de yuca, en CIAT-Quilichao y en Carimagua. (Todos los rendimientos de los cultivos de cobertura corresponden a grano obtenido, a menos que se indique lo contrario.)

Bajo las diferentes condiciones climáticas de Carimagua (Figura 70) los rendimientos de yuca no fueron afectados por *Stylosanthes* el cual creció pobremente como consecuencia de las enfermedades y de la falta de vigor. El fríjol produjo un

rendimiento relativamente mejor que en CIAT-Quilichao, pero aún no compitió seriamente con la yuca. *Desmodium ovalifolium* produjo una cobertura densa pero baja, ideal para controlar la erosión y compitió mucho con la yuca hasta que ésta comenzó a perder sus hojas al final del período de crecimiento. El kudzú, el caupí y especialmente *Indigofera* (de crecimiento muy vigoroso) compitieron excesivamente con la yuca, reduciendo sus rendimientos a un 50 - 60 por ciento de lo normal.

Aparentemente, la yuca rara vez se beneficia directamente de la presencia del cultivo de cobertura; sin embargo, los beneficios del cultivo de cobertura para controlar la erosión y las malezas, y el establecimiento de un cultivo comercial o de un forraje, puede compensar la reducción del rendimiento de yuca. *D. ovalifolium* combina las características favorables del fácil establecimiento, buena cobertura del suelo y mínima competencia con la yuca.

Ensayo de Máximo Rendimiento

Con el fin de determinar el potencial de rendimiento de la yuca de Carimagua al eliminar los factores nutricionales e hídricos que limitan su producción, se sembraron ocho cultivares e híbridos altamente promisorios en un suelo con efectos residuales de fertilizaciones anteriores. Se aplicaron 2 ton/ha de cal y las plantas se fertilizaron con 1 ton/ha de 10-20-20 y 20 kg de Zn/ha, aplicados en bandas al momento de la siembra. Estas dosis de fertilización se consideraron agronómicamente óptimas, casi excesivas. Se determinó el efecto de la falta de agua haciendo riegos quincenales en los surcos (aplicados a la mitad de las parcelas), durante la estación seca (con 4 meses de duración), cuando la precipitación era muy baja. El riego durante la estación seca resultó en plantas de mayor altura, con mejor retención de hojas en comparación con las plantas sin riego. Sin embargo, estas diferencias desaparecieron pronto, después del inicio de la estación lluviosa. En ese momento, algunas variedades fueron infectadas por el añublo bacterial de la yuca (CBB) y otras sufrieron severamente por la enfermedad del superalargamiento (Cuadro 50). Las únicas variedades que permanecieron relativamente libres de enfermedades y que retuvieron la mayor parte de su follaje, durante el ciclo de crecimiento, fueron M Col 638 y CM 309-41. En contraste, la variedad CM 308-197 fue severamente afectada por el CBB.

Los datos de rendimiento de raíces, presentados en el Cuadro 50, indican que las variedades tolerantes a las enfermedades no necesariamente dieron los mayores rendimientos y viceversa. También, las dosis altas de fertilización produjeron plantas muy vigorosas, pero con bajos índices de cosecha y rendimientos de raíces relativamente bajos. Bajo estas condiciones, las variedades menos vigorosas, tales como M Col 1684 y CM 308-197, presentaron los mayores índices de cosecha y los rendimientos más altos, en tanto que las variedades más vigorosas, tales como M Mex 59, Llanera y M Col 638, probablemente recibieron una sobredosis de fertilizante y presentaron un crecimiento aéreo excesivo pero poco crecimiento radical. En las pruebas regionales realizadas en CIAT-Quilichao se observó un efecto similar (Cuadro 32, Sección de Agronomía); en estas pruebas M Col 1684 al ser fertilizada, produjo el doble de rendimiento que M Mex 59, pero fue superada por esta variedad vigorosa cuando no se fertilizó.

Aunque el riego durante la estación seca aumentó ligeramente los rendimientos en

Cuadro 50.

Rendimientos de raíces frescas e índices de cosecha de ocho cultivares de yuca, cultivados en Carimagua, con y sin riego suplementario, durante la estación seca.

Cultivar	Reacción aparente al:[1]		Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)		Indice de cosecha	
	Añublo bacterial de la yuca	Superalargamiento	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
M Col 1684	M	M	36.5	33.8	0.64	0.62
CM 308-197	S	S	27.8	31.3	0.71	0.73
M Ven 168	-	-	27.0	25.4	0.60	0.59
CM 309-41	M	S	24.0	23.1	0.55	0.54
M Pan 114	S	-	23.0	17.9	0.54	0.49
M Mex 59	S	S	22.6	20.3	0.56	0.49
M Col 638	M	M	17.1	18.3	0.45	0.45
Llanera	M	M	15.1	14.8	0.44	0.42

1 Reacciones: S = susceptible, M = moderadamente resistente; R = resistente.

la mayoría de las variedades, disminuyó el rendimiento de CM 308-197 y no ejerció un efecto global significativo. Por consiguiente, bajo las condiciones climatéricas de Carimagua, la carencia de agua durante la estación seca (cuatro meses) no pareció limitar significativamente la producción de yuca.

ECONOMIA

Los Informes Anuales del CIAT (1974 a 1976) presentaron resultados de un estudio agronómico del cultivo de la yuca hecho en Colombia. El objetivo de este estudio era definir y medir los factores que limitan los rendimientos de la yuca en Colombia. Los resultados sirvieron de base para establecer los objetivos de investigación del Programa. En 1977, la Sección de Economía entró a la segunda fase de apoyo al proceso de desarrollo de tecnología, estableciendo ensayos a nivel de finca en los cuales se evaluarían, bajo las condiciones reales del agricultor, los diferentes "paquetes tecnológicos" desarrollados por el CIAT antes de entregarlos a las instituciones nacionales. Los objetivos de estos ensayos fueron los siguientes: 1) medir la productividad de la tecnología mejorada de producción de yuca, bajo las condiciones reales en que producen los agricultores en sus fincas; 2) definir los factores que limitan los rendimientos de yuca y que podrían haber sido subestimados al diseñar nueva tecnología a nivel de la estación experimental (por ejemplo, investigación adaptada a una localidad específica); y 3) hacer una evaluación preliminar de los factores limitantes potenciales de la adopción de esa nueva tecnología.

Ensayos a Nivel de Finca

La primera zona en la cual se establecieron ensayos a nivel de finca para probar y evaluar la tecnología de yuca desarrollada por el CIAT, fue el área de Media Luna en la costa norte de Colombia. Esta zona costanera representa el 33 por ciento del área productora de yuca en Colombia. En términos de su potencial

agroclimatológico, esta área es ampliamente representativa de una gran porción de las zonas yuqueras de América Latina, incluyendo las áreas costaneras de Colombia y de Ecuador y del noreste de Brasil. Además, el área refleja los sistemas de producción agrícola del pequeño agricultor, o sea, la principal fuente de producción de yuca en América Latina.

Sistemas Existentes

En el Cuadro 51 y en la Figura 71 se presentan los detalles de los sistemas agrícolas que operan en la zona estudiada. El sistema global tipifica la agricultura en pequeña escala de la zona costanera. Los principales cultivos son yuca, maíz y ajonjolí. La yuca es el cultivo más importante, tanto para el consumo a nivel de finca como para los ingresos en efectivo. Los suelos de la región son arenosos y con contenidos muy bajos de K y de P. La baja capacidad de retención de agua del suelo, la tasa alta de evapotranspiración y la estación seca de cinco meses son los factores por los cuales la humedad es el principal factor limitante del crecimiento de las plantas. Los factores edáficos y climatológicos limitan drásticamente las posibilidades de establecer otros cultivos que no sean los anteriormente mencionados además del caupí. Esta circunstancia es decisiva en el hecho de que las áreas productoras de yuca generalmente se encuentran en las zonas agrícolas más marginales.

El patrón del cultivo y como consecuencia, la utilización de mano de obra, está definido básicamente por la distribución de las lluvias (Figura 71). El ciclo principal de siembra es abril-junio, al comienzo de las lluvias, cuando la yuca y el maíz se siembran en asociación. La época de mayor demanda de mano de obra es precisamente este período, puesto que la siembra y las primeras dos desyerbas se traslapan. Los terrenos se preparan generalmente con tractores alquilados. En agosto-setiembre ocurre un segundo período de siembra, cuando el agricultor generalmente planta ajonjolí y ocasionalmente, yuca, si no lo ha hecho anteriormente. Este sistema de cultivo crea empleo durante una época del año que, generalmente, sería de poca actividad, o sea, antes del inicio de la cosecha de yuca en enero. En la estación de 1977-78, el período de cosecha fue más largo que lo normal debido a las malas perspectivas del mercado y al limitado acceso al mercado de producto fresco. O sea, los agricultores tienen cuatro meses para escoger la época de la cosecha y así llevar a cabo las faenas agrícolas con mayor flexibilidad. Sin embargo, cuando el tamaño de la finca es de cuatro hectáreas o menos, la poca extensión de terreno obliga a los agricultores a cosechar antes de la época de siembra siguiente sin importarles el nivel de los precios en el mercado en ese momento.

El rendimiento promedio de la yuca, considerando todos los sistemas de cultivo, fue de 6.7 ton/ha. Los rendimientos fueron significativamente menores cuando se cultivó yuca en asociación con ajonjolí, con un promedio de sólo 5.1 ton/ha en comparación con 7.3 ton/ha cuando se cultivó en asocio con maíz. Los rendimientos fueron también mucho menores cuando se sembró en agosto-setiembre y en promedio, fueron de 4.8 ton/ha. La variedad local, Secundina, dio un rendimiento de 9.2 ton/ha, rendimiento que, según lo indicaron los agricultores entrevistados, era normal.

Los agricultores tienen acceso a dos mercados: el de alimentos frescos en las principales ciudades costaneras y el de una gran planta procesadora de almidón. Los agricultores tienen acceso al mercado de alimentos a través de intermediarios que son generalmente dueños de camiones, quienes viven en el pueblo y coordinan los

Cuadro 51.

Sistemas de producción, rendimientos e ingreso neto en nueve fincas localizadas en el área de Media Luna, Colombia.

Finca	Extensión (ha)	Sistema de producción: Cultivos principal/secundario	Area (ha)	Rendimientos principal/secundario[1] (kg/ha)	Ingreso neto de los cultivos (Col. $)
1	3.7	yuca/maíz	3.7	8700/177	[2]
2	10.1	yuca/maíz	2.0	8350/-	19,130
		rastrojo	7.1		
3	4.2	yuca/maíz	3.5	6598/-	46,175
		rastrojo	0.7		
4	2.9	yuca/maíz	0.6	8000/-	16,399
		ajonjolí	1.5	750	
		rastrojo	0.8		
5	12.0[3]	yuca/maíz	6.9	4300/-	[2]
		yuca/ajonjolí	4.0	5028/377	
		ajonjolí	0.5	700	
		rastrojo	0.6		
6	5.8	yuca/maíz	1.6	9185/-	42,028
		yuca/ajonjolí	2.0	4550/150	
		rastrojo	2.2		
7	4.9	yuca/maíz	4.4	6672/-	[2]
		yuca/caupí	0.1	5180/217	
		rastrojo	0.4		
8	3.2	yuca/maíz	0.4		
		yuca/ajonjolí	2.1	5120/309	27,032
		ajonjolí	0.3	200	
		rastrojo	0.4		
9	3.8	yuca/maíz	2.8	8923/-	36,100
		yuca/ajonjolí	1.0	5230/413	
Prom.	5.6	yuca/maíz	2.8	7340/177	36,106
		yuca/ajonjolí	1.0	5120/283	
		ajonjolí	0.3	678	

1 En todos, menos en un caso, el maíz ya se había cosechado cuando se inició el estudio y por lo tanto, no se observó.
2 No se había cosechado toda la yuca.
3 Incluye 4.0 ha sembradas con otro agricultor.

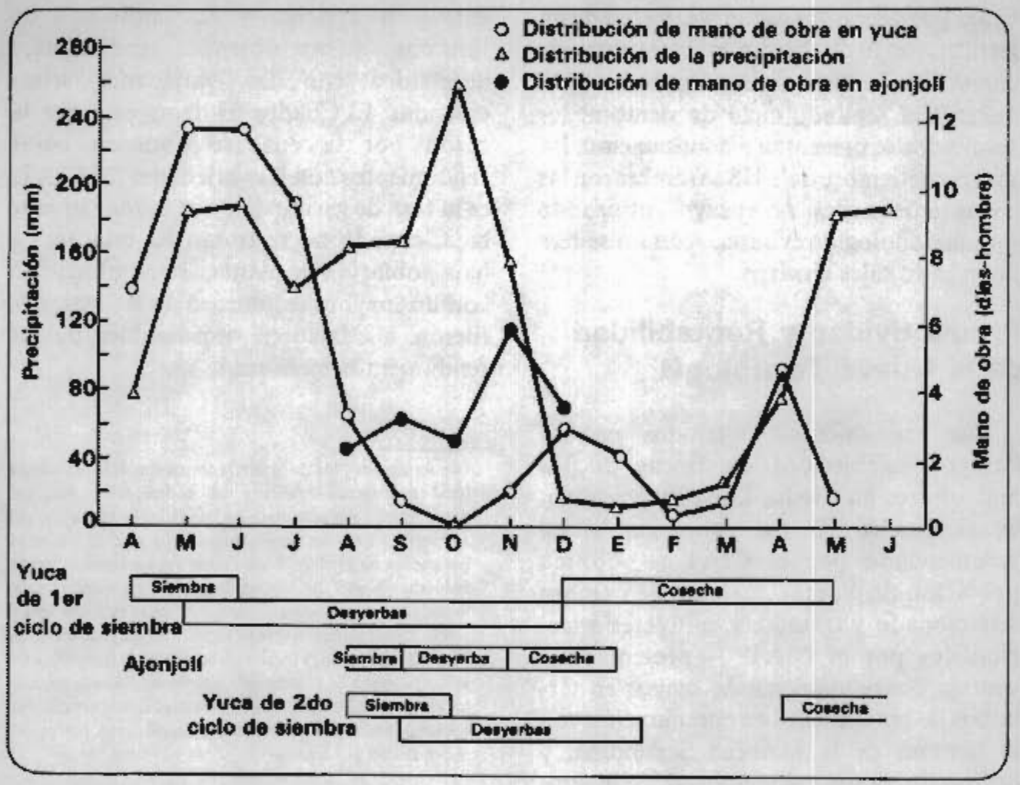


Figura 71. Patrón de precipitación, requerimientos de mano de obra y distribución de las actividades en el cultivo a través del ciclo de la planta de yuca, en la región de Media Luna.

envíos a los comerciantes mayoristas en los mercados urbanos. Los precios oscilan entre Col$3.0-3.5/kg en el mercado urbano, en tanto que la planta procesadora de almidón paga un precio constante de Col$1.90/kg. Esta procesadora de almidón es, básicamente, un comprador de excedentes del mercado urbano y de yuca de mala calidad, en cualquier cantidad disponible.

Tecnología Evaluada

El programa de pruebas regionales de variedades de yuca había identificado dos variedades (CMC 40 y M Mex 59) con buena adaptación, las cuales dieron un rendimiento de aproximadamente 22 ton/ha en las pruebas regionales establecidas en Media Luna. La encuesta que sirvió de base al estudio del área había constatado que los rendimientos de la zona costanera eran, en promedio, de sólo 6 ton/ha, lo cual indicaba que existía un buen potencial para las selecciones del CIAT.

Se establecieron pruebas de campo en parcelas de 0.1 ha. En cada una de las nueve fincas se sembraron las dos variedades seleccionadas por el CIAT (CMC 40 y M Mex 59) y la variedad local Secundina. Tres de los agricultores cultivaron solamente las variedades del CIAT (con una densidad de 10,000 plantas/ha); tres agricultores cultivaron las variedades seleccionadas por el CIAT sembrando material tratado con una mezcla fungicida/insecticida; y finalmente, tres agricultores utilizaron las variedades del CIAT tratadas con fungicida/insec-

ticida y también aplicaron 500 kg/ha de un fertilizante 10-20-20. La primera serie de ensayos se sembró en setiembre de 1977 durante el segundo ciclo de siembra; los resultados se presentan a continuación. En mayo y setiembre de 1978 se sembraron las series adicionales de ensayos utilizando una metodología revisada. Aún no se han cosechado tales ensayos.

Productividad y Rentabilidad de la Nueva Tecnología

Los rendimientos obtenidos en los ensayos establecidos en fincas de los agricultores en Media Luna se presentan en el Cuadro 52. La tecnología básica recomendada por el CIAT — óptima población de plantas, material de siembra seleccionado y tratado, y cultivares seleccionados por el CIAT — presenta una ventaja considerablemente mayor en términos de rendimiento en comparación con la siembra de la variedad Secundina, y utilizando la tecnología local.[1] Sin embargo, los resultados indican que la selección de las estacas y su tratamiento son esenciales si se desea obtener buenos rendimientos con las variedades seleccionadas. Esto implica que es necesario disponer de un programa efectivo de extensión agrícola y de suministro de insumos para obtener rendimientos adecuados con las variedades seleccionadas. El Cuadro 53 demuestra que la razón por la cual se obtienen bajos rendimientos con las variedades del CIAT, es la tasa de germinación extremadamente baja, cuando no se tratan las estacas. La baja población de plantas, en combinación con un mayor crecimiento de las malezas, fueron los factores responsables de los rendimientos menores.[2]

[1] Los resultados obtenidos con la aplicación de la tecnología local resultaron inferiores en comparación con los rendimientos logrados bajo las condiciones de manejo del agricultor. Esto se debió, primero a que la variedad Secundina no germinó bien y no se retrasplantó, como lo hubieran hecho los agricultores, y, segundo, a que Secundina no se comporta muy bien en la estación seca y por lo tanto, generalmente se siembra en mayo al inicio de la estación lluviosa; y tercero, las parcelas de Secundina no se desyerbaron en el momento oportuno, como se hace en los campos de los agricultores y las pérdidas ocurridas por menor población de plantas, en la estación seca, fueron del orden del 60 por ciento.

[2] Los agricultores con frecuencia prolongan considerablemente el lapso que transcurre entre el corte y la siembra de las estacas. En el caso de los ensayos establecidos en Media Luna, el lapso transcurrido entre el corte y la siembra de los materiales del CIAT se prolongó involuntariamente; en este caso, el tratamiento de las estacas demostró ser muy efectivo para combatir la baja germinación de las estacas.

Cuadro 52.

Rendimientos de raíces de yuca (peso fresco), de tres variedades cultivadas en ensayos a nivel de finca, en Media Luna, según los tratamientos culturales aplicados.

	Rendimientos varietales (ton/ha)					
	CMC 40		M Mex 59		Secundina	
Tratamientos	Prom.	DE(CV)	Prom.	DE(CV)	Prom.	DE(CV)
Tradicional (testigo)	4.6	1.7 (37)	9.3	1.4 (15)	2.0	0.7 (35)
Con tratamiento de las estacas	13.1	3.9 (30)	13.6	5.5 (40)	-	-
Con tratamiento de las estacas y fertilización	17.4	3.4 (20)	13.9	9.5 (6)	-	-

Cuadro 53.

Porcentaje de pérdidas en plantas de yuca de tres variedades cultivadas bajo tres tratamientos, en ensayos a nivel de finca en Media Luna.

	Pérdidas de CMC 40			Pérdidas de M Mex 59			Pérdidas de Secundina		
	Meses después de la siembra			Meses después de la siembra			Meses después de la siembra		
Tratamientos	1[1]	4	11	1[1]	4	11	1[1]	4	11
Tradicional (testigo)	55.3	63.4	74.2	30.8	38.8	49.8	4.8	21.8	64.4
Con tratamiento de las estacas	0.8	1.3	3.0	5.9	10.2	25.3	-	-	-
Con tratamiento de las estacas y fertilización	1.1	3.4	5.8	7.2	21.2	33.5	-	-	-

1 Las pérdidas, después de un mes, se debieron a una mala germinación.

Un simple cálculo de los márgenes brutos obtenidos en Media Luna (Cuadro 54) muestra que CMC 40, cultivada con altos niveles de aplicación de insumos, fue más rentable. Sin embargo, la ventaja en la utilización de fertilizantes no es concluyente. Veamos dos casos. En uno, con la variedad M Mex 59, el uso de fertilizantes ocasionó una pérdida de ingresos. En otro, con la variedad CMC 40, el uso de fertilizantes fue marginalmente más rentable en comparación con el primer caso, pero, aún así, la tercera parte de los agricultores hubiera perdido dinero al aplicar fertilizantes. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes no es rentable o por lo menos muy riesgosa bajo estas condiciones agroclimáticas. Estos resultados destacan el hecho de que las recomendaciones de fertilizantes para la yuca son específicas, según la localidad y se deben basar en ensayos comprobados y

Cuadro 54.

Márgenes económicos brutos[1] obtenidos de la producción de tres variedades de yuca, bajo tres tratamientos culturales, en ensayos a nivel de finca, en Media Luna.

	Variedades		
	CMC 40	M Mex 59	Secundina[2]
Tratamiento	(Col. $)		
Tradicional (testigo)	7130	14,415	17,500
Con tratamiento de las estacas	20,138	20,913	-
Con tratamiento de las estacas y fertilización	22,953	17,528	-

1 Debido a las diferencias de calidad, se utilizó un precio de 1.55 pesos/kg para la variedad CMC 40 y M Mex 59 y de 3.5 pesos/kg para Sundina.
2 Se utilizó un rendimiento de 5 ton/ha por reflejar mejor la situación que ocurre a nivel de finca. Ver el Cuadro 52 para los rendimientos utilizados, a fin de calcular otros márgenes.

hechos a la medida para las condiciones edáficas y climatológicas de cada microambiente y para las variedades comunes de cada región. De no ser así, el agricultor arriesga a sufrir considerables pérdidas de capital.

Debido a las diferencias en los precios obtenidos en el mercado por la venta de yuca entre las selecciones del CIAT y la variedad local (ver párrafos posteriores sobre limitantes del mercado), la ventaja de las variedades seleccionadas por el CIAT en términos de rentabilidad no es muy clara puesto que Secundina no se probó conjuntamente con las recomendaciones de prácticas culturales desarrolladas por el CIAT (aunque en ensayos futuros se incluirá esta variable). Esta situación pone en relieve el hecho de que las características de calidad, en la medida en que ellas afectan los precios, influyen considerablemente en la rentabilidad relativa de la nueva tecnología, aún con una ventaja considerable en términos de rendimiento obtenido.

Limitantes del Rendimiento

El Programa de Yuca ha comprobado que las variedades mejoradas de alto rendimiento, constituyen el elemento principal para obtener aumentos significativos en la productividad del cultivo de yuca en América Latina. Las variedades CMC 40 y M Mex 59 han sido identificadas como las más ampliamente promisorias, hasta tanto se desarrollen líneas híbridas. Como complemento valioso dentro del proceso de investigación, será muy útil hacer una evaluación de los factores que limitan el rendimiento así como de los medios para superar esos limitantes.

La Figura 72 presenta los factores que limitaron el rendimiento de las variedades seleccionadas por el CIAT, sembradas en el ciclo de siembra de setiembre [1]. Los principales factores que limitan el rendimiento se relacionan con el clima. Existen dos posibilidades de investigación para superar estos factores: 1) la utilización de variedades con mejor adaptación, y 2) la siembra hecha en el momento más oportuno, durante el ciclo de lluvia. La utilización de fertilizantes para superar el problema de la fertilidad de los suelos (un limitante natural), ha demostrado ser riesgoso o no rentable.

Por lo tanto, el control de plagas, incluyendo las malezas, pareciera ser la forma más efectiva de aumentar lo suficiente los rendimientos para que los agricultores tengan un incentivo de adoptar la nueva tecnología.

La selección y el tratamiento de las estacas son recursos económicamente viables para superar al menos en parte el factor limitante que representan las plagas, en el caso de CMC 40. Los rendimientos se lograron aumentar a niveles por encima del promedio de 13 ton/ha para el tratamiento de las estacas, pues, como lo mostraron los ensayos efectuados, los comejenes ocasionaron una gran parte de las pérdidas de las estacas en el caso de M Mex 59 (Cuadro 55); por otra parte, CMC 40 presentó alguna resistencia a esta plaga. Este año se puede reducir cambiando el tratamiento de las estacas e incluyendo el aldrín (ver la sección de Entomología).

Posiblemente, un mejor control de las malezas podría aumentar aún más los

[1] La Figura 72 se diseñó así: 1) el rendimiento máximo representa la media del promedio en los dos rendimientos más altos obtenidos por año en las pruebas regionales en Colombia; 2) el siguiente nivel más bajo de los rendimientos representa los mayores rendimientos obtenidos en Media Luna, durante los cuatro años de pruebas regionales (sembradas en setiembre); 3) el tercer nivel de rendimiento representa los resultados de este año, obtenidos en las pruebas regionales; y 4) el resto se obtuvo de los resultados obtenidos a nivel de finca.

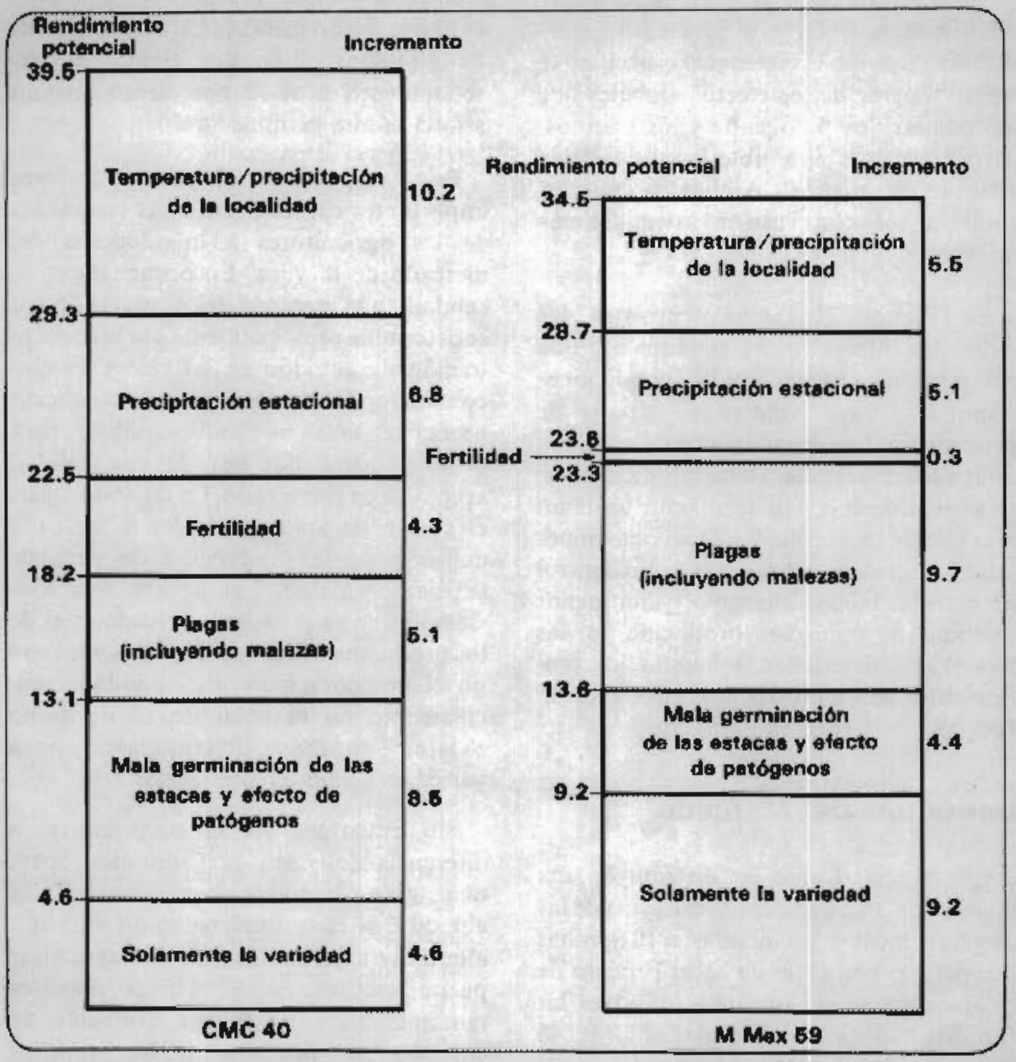


Figura 72. Factores limitantes de los rendimientos, en las variedades de yuca seleccionadas por el CIAT, durante el segundo ciclo de siembra en Media Luna.

Cuadro 55.

Porcentajes de plantas de tres variedades de yuca que fueron infestadas por comejenes, cuando se sembraron bajo tres tratamientos culturales, en ensayos a nivel de finca, en Media Luna.

Tratamiento	Variedades		
	Secundina	CMC 40	M Mex 59
Tradicional (testigo)	25.9	8.1	18.4
Con tratamiento de las estacas	-	0.7	4.5
Con tratamiento de las estacas y fertilización	-	3.1	19.0

rendimientos pero, con la escasa información disponible, este efecto específico se puede separar de los efectos globales que representan los patógenos y los insectos, particularmente el añublo bacterial de la yuca y los ácaros. Ambos se pueden controlar sólo con el uso de variedades más resistentes.

La Figura 72 también muestra las marcadas diferencias en rendimiento que es posible obtener bajo condiciones óptimas y bajo condiciones típicas de producción. Los rendimientos de yuca con estas variedades y bajo estas condiciones se pueden aumentar potencialmente hasta un máximo de 15 ton/ha. Bajo las condiciones reales de manejo del agricultor, un control de malezas menos intensivo y una menor densidad de población producida por las siembras intercaladas, reduciría los rendimientos aún a niveles inferiores al de 15 ton/ha.[1]

Limitantes del Mercado

En Media Luna se distribuyó una muestra de 3 kg de raíces de cada una de las dos variedades seleccionadas, a 10 familias campesinas con el fin de hacer pruebas de calidad para el consumo. Todas las familias calificaron la variedad CMC 40 como regular o mala y M Mex 59, como mala.

Se pidió a un grupo de agricultores de esa zona que evaluaran los factores que ellos consideraban como "importantes" y como "secundarios" en la selección de una variedad de yuca, la cual ellos estuvieran dispuestos a adoptar posteriormente. El 83 por ciento mencionó, como factor principal, el alto contenido de almidón; el restante 17 por ciento mencionó el alto rendimiento. Como factores secundarios, el 17 por ciento mencionó el alto contenido de almidón; el 66 por ciento, el alto rendimiento y el 17 por ciento restante señaló la alta germinación.

Estas respuestas reflejan dos factores importantes con respecto a las reacciones de los agricultores a la situación del mercado de la yuca. En primer lugar, la calidad en el mercado del producto fresco se determina principalmente por la concentración de almidón en las raíces. El alto contenido de almidón es una condición necesaria mas no indispensable, para producir yuca que sea de una calidad aceptable en el mercado. En segundo lugar, el acceso de los agricultores al mercado depende de la producción de yuca de suficiente calidad. Los agricultores consideran que su principal mercado es el de los productos frescos, en el cual la yuca con un bajo contenido de almidón sencillamente no es vendible; es decir, no existen precios diferenciales para variedades de diferente calidad.

Sin embargo, en la costa norte, a diferencia del resto de Colombia, opera una gran compañía procesadora de almidón, la cual funciona como mercado alternativo. En esta situación, el agricultor puede escoger entre obtener mayores rendimientos y un menor contenido de almidón y por lo tanto, muchos agricultores sembraron una pequeña parte de su tierra con las variedades seleccionadas por el CIAT.

En las áreas en las cuales sólo existe un mercado de productos frescos, estas variedades no serán adoptadas, debido al rechazo por parte de los comerciantes y mayoristas.[2] En los sitios en donde exista

[1] Estos efectos serán evaluados el próximo año, cuando los agricultores siembren estacas producidas por otras variedades.

[2] Debido a la interacción existente entre los factores ambientales y el contenido de almidón (ver discusión sobre las implicaciones en la investigación), surge la situación interesante de que estas variedades pueden producir yuca de calidad aceptable para el mercado, cuando se cultivan a altitudes mayores. Por lo tanto, la calidad apropiada para el mercadeo es una función de la variedad y de las condiciones bajo las cuales se cultiva la yuca.

un mercado industrial en expansión y en donde las variedades mejoradas rindan aproximadamente tres veces más que las variedades locales se desarrollará un mercado doble, en el cual las distintas variedades abastecerán diferentes mercados. Al existir una tendencia que no favorece a las variedades locales, los precios en los mercados de productos alimenticios probablemente aumentarán hasta que los dos tipos de variedades sean igualmente rentables. Pudiera ser que se presente una diferencia sustancial en el precio de las variedades locales en comparación con las industriales, y esto podría inducir el consumo de yucas de menor calidad, pero esta posibilidad no parece ser factible.

Implicaciones en la Investigación

Los resultados anteriores señalan la importancia del alto contenido de almidón (probablemente con un contenido de, por lo menos, un 30%) como una característica principal que se debe buscar en las nuevas variedades, especialmente si se espera obtener en el mercado de alimentos un impacto económico que sea benéfico. Los usos industriales dan también gran valor al alto contenido de almidón. Como consecuencia de su efecto en los precios, la concentración de almidón es tan importante como el rendimiento en el desarrollo de una variedad.

El Cuadro 56 presenta los contenidos de almidón de las diversas variedades sembradas en las pruebas regionales y a nivel de finca, realizadas en Media Luna. La variedad M Col 22 se ha introducido en estos últimos ensayos a nivel de finca, como variedad potencial que tiene una alta concentración de almidón. Los datos muestran que el contenido de almidón difiere ampliamente entre variedades, siendo la variedad local la que presenta consistentemente la mayor concentración de almidón en sus raíces. La clasificación de las variedades, según su contenido de almidón, se ha mantenido relativamente constante a través de los años lo cual indica que existen diferencias genéticas en lo que respecta a esta característica.

El Cuadro 57 presenta el contenido promedio de almidón de las mismas siete variedades en siete localidades de pruebas regionales. Las diferencias de una localidad a otra son significativas, lo cual indica que el contenido de almidón también está influenciado por factores ambientales. Para cada una de las tres variedades se hizo una regresión lineal simple, la cual refleja la hipótesis de que el contenido de almidón es una función de la temperatura promedio y del vigor general

Cuadro 56.

Contenido porcentual de almidón, en cuatro variedades de yuca sembradas en varios ensayos, en Media Luna.

Variedad	Pruebas regionales				Ensayos a nivel de finca
	1975	1976	1977	1978	1978
CMC 40	27	24	26	26	18
M Mex 59	25	27	28	22	24
M Col 22	33	28	30	26	-
Secundina	33	33	36	27	33

Cuadro 57.

Contenido promedio de almidón en raíces de siete variedades de yuca, cultivadas en siete localidades.

Localidad	Altitud (msnm)	Contenido promedio de almidón (%)	Desviación estandar (%)
Media Luna	10	29.4	3.3
Nataima	430	31.7	2.4
Rio Negro	480	27.0	5.3
CIAT-Palmira	1000	33.7	2.4
La Zapata	1100	33.6	2.6
Caicedonia	1100	38.7	2.6
Pereira	1480	35.6	1.5

de la planta, medido según el rendimiento en una localidad determinada.

Los resultados de la regresión (Cuadro 58) mostraron una relación negativa entre el contenido de almidón y la temperatura, particularmente para M Col 22, una variedad la cual exhibe una característica genética de alta concentración de almidón. En general, el rendimiento no parece estar asociado con la concentración de almidón.

Se ha demostrado que el contenido de almidón de las raíces es un factor determinante para la calidad de mercadeo debido a que determina o su acceso al mercado o bien, el precio pagado; dicho contenido influye fuertemente sobre el agricultor en cuanto a su decisión de adoptar una variedad. Esta característica está determinada genéticamente pero también está altamente influenciada por las condiciones ambientales, las prácticas culturales (ver los resultados de la fer-

Cuadro 58.

Resultados de las regresiones lineales hechas para la relación entre el contenido de almidón en las raíces de yuca y la temperatura media, en una localidad determinada, para tres variedades.

Variedad	Regresión[1]	R-cuadrado
CMC 40	CA = 54.2 - 1.01 Temp + .001R (1%) (NS)	.52
M Col 22	CA = 63.3 - 1.35 Temp + 0.16R (1%) (10%)	.63
M Mex 59	CA = 44.0 - 0.61 Temp + 0.08R (15%) (NS)	.13

1 CA = contenido de almidón; Temp. = temperatura; R = rendimiento; los valores en paréntesis corresponden a los niveles de significancia de los coeficientes de regresión.

tilización en la Sección de Prácticas Culturales) y el ataque de enfermedades (ver los resultados de los estudios con el añublo bacterial de la yuca en la Sección de Mejoramiento Varietal). Con el fin de tener un estimativo de la interacción entre la variedad y el ambiente (representado por factores climatológicos, edáficos y patogénicos) se utilizó la correlación de Spearman para determinar el orden de las variedades, según su contenido de almidón, entre ocho localidades en las cuales se establecieron pruebas regionales en 1975.

De las 21 combinaciones posibles, sólo dos correlaciones fueron significativas de cero a un nivel de probabilidad del 10 por ciento o menos. Aunque estos datos no son concluyentes debido al número limitado de variedades en prueba, sí indican que todas las disciplinas de investigación del Programa tienen que considerar el contenido de almidón conjuntamente con el rendimiento, como un criterio básico de evaluación en sus ensayos y que cada disciplina cumple un papel fundamental en la determinación de los diferentes factores que influyen sobre el contenido de almidón.

Análisis Económico de los Sistemas Intercalados Yuca/Fríjol

Se hizo un análisis económico simple de los sistemas de intercalamiento yuca/fríjol, con base en los datos generados por la Sección de Prácticas Culturales. Los sistemas se pueden considerar como los que prevalecen en la zona localizada entre los 1000 y 1500 m en donde se cultiva tanto fríjol como yuca. Estos sistemas no son adecuados para la mecanización; por lo tanto, son de especial importancia para los agricultores pequeños quienes tienden a hacer un uso más intensivo de la mano de obra. Sin embargo, los sistemas bajo estudio requieren insumos de manera relativamente intensiva, empleando herbicidas, fertilizantes y aspersiones frecuentes de fungicidas en fríjol.

En el Cuadro 59 se presentan los recursos utilizados en los diversos sistemas. Por lo general, a medida que los sistemas se tornan más complejos se intensifica tanto la utilización de mano de obra como la aplicación de insumos. Sin embargo, existe un elemento complementario básico en la asociación fríjol arbustivo/yuca y es que la necesidad de mano de obra empleada en las desyerbas es mucho menor que en monocultivo como consecuencia del efecto del sombrío ejercido por el fríjol. Esto reduce el aumento de los costos como consecuencia de la intensificación del sistema. También puede existir un beneficio adicional en el control de la erosión debido al crecimiento temprano del fríjol, un aspecto de gran importancia en las zonas montañosas en donde predominaría este sistema. Finalmente, no se incurriría en gastos al no tener que construír un sistema de soporte para el fríjol trepador puesto que este utiliza los tallos de yuca como soporte.

Los altos Indices Equivalentes de Tierra y los beneficios complementarios indicarían que para los sistemas intercalados existe una ventaja en los ingresos. Se calculó la rentabilidad neta de los diversos sistemas y los datos se presentan en el Cuadro 60. Los sistemas se evaluaron con base en diferentes precios para la yuca con el fin de determinar si el sistema óptimo varía según los precios relativos entre la yuca y el fríjol. El sistema más intensivo — la yuca defoliada a los 9 meses en asociación con dos cultivos de fríjol — fue el sistema más rentable en un amplio rango de precios relativos. La asociación yuca no defoliada/fríjol trepador fue el sistema

Cuadro 59.

Utilización de recursos y costos de producción en varios sistemas de asociación yuca/fríjol.

Sistema	Mano de obra[1] (días-hombre/ha) deshierbas	Mano de obra[1] (días-hombre/ha) total	Costos de mano de obra[2] (Col. $)	Costos de insumos (Col. $)	Costos totales (Col. $)	Costos incrementales[3] (Col. $)
Monocultivo de yuca	44.5	86.5	10,650	7012	17,662	-
Yuca/fríjol arbustivo	0	79.0	9900	9905	19,805	2143
Yuca/fríjol trepador (I)[4]	69.5	138.0	15,200	16,557	32,357	14,695
Yuca/fríjol trepador (II)[4]	69.5	159.5	17,950	16,557	34,507	16,845
Yuca/fríjol arbustivo/ (I)[4]	25.0	132.0	15,200	19,450	34,650	16,988
fríjol trepador (II)[4]	25.0	156.0	17,650	19,450	37,100	19,438
Monocultivo de fríjol arbustivo	6.0	86.0	12,600	16,031	28,631	-

1 La utilización de mano de obra refleja la preparación mecánica del terreno.
2 Incluye los costos de la preparación mecánica del terreno.
3 Costo adicional del sistema en comparación con el monocultivo de yuca.
4 (I): yuca no defoliada; (II): yuca defoliada a los 9 meses.

más rentable solo cuando los precios de la yuca fueron muy altos, lo cual refleja el impacto aparentemente positivo de la asociación sobre los mayores rendimientos de yuca en comparación con el monocultivo. Algo más significativo aún fue que, en un amplio rango de precios relativos, ambos sistemas de monocultivo siempre fueron menos rentables que los sistemas de cultivos asociados.

Cuadro 60.

Beneficio neto por hectárea para varios sistemas de asociación yuca/fríjol, al variar los precios de la yuca.[1]

Sistema	Precio de la yuca (Col. $) 0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Monocultivo de yuca	-3562	10,538	38,738	66,938	95,138
Yuca/fríjol arbustivo	15,695	27,165	50,195	73,195	96,195
Yuca/fríjol trepador (I)[2]	-4657	11,043	42,443	74,443	105,243
Yuca/fríjol trepador (II)[2]	9543	19,993	40,893	61,793	82,693
Yuca/fríjol arbustivo (I)[2]	16,150	28,550	53,350	78,150	102,950
fríjol trepador (II)[2]	37,200	46,700	65,700	84,700	103,700
Monocultivo de fríjol arbustivo	15,769	15,769	15,769	15,769	15,769

1 Los precios del fríjol se mantuvieron constantes a un valor de Col. $ 12/kg para el fríjol arbustivo negro y Col. $ 24/kg para el fríjol trepador blanco.
2 Ver el pie de cuadro 4, Cuadro 59.

Los costos incrementales presentados en el Cuadro 59 indican que hay un rápido aumento en los costos al pasar del monocultivo de yuca a los sistemas más complejos de asociación. Teniendo en cuenta que los agricultores en pequeña escala son los principales usuarios de los sistemas de cultivos asociados, las consideraciones de los riesgos y la limitada disponibilidad de capital requieren un alto retorno sobre el capital. Los datos presentados en la Figura 73 muestran la tasa marginal de retorno sobre los mayores desembolsos de capital en comparación con los costos del monocultivo de yuca. La alta productividad de los sistemas asociados se refleja en las altas tasas de retorno. El sistema yuca/fríjol arbustivo da una tasa de retorno sobre la inversión muy alta en el sistema de fríjol asociado en un amplio rango de precios relativos, lo cual indica la rentabilidad de este sistema en comparación con el monocultivo. La tasa de retorno sobre el sistema yuca/fríjol arbustivo, al agregar un sistema de fríjol trepador (el sistema más rentable), fue considerablemente menor, pero aún se mantuvo en un rango aceptable (es decir, un retorno de más de 50 %) en todos los niveles de precios excepto en los precios relativos muy altos. Estos resultados indican que los sistemas más rentables también dan una tasa de retorno marginal

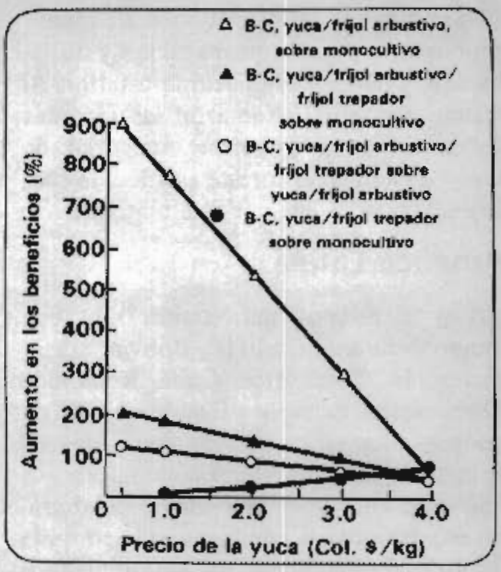


Figura 73. Relación de inversión Beneficio-Costo (B-C), en diferentes sistemas de asociación en comparación con un sistema de monocultivo de yuca.

lo suficientemente alta para cubrir los riesgos de los altos costos de capital. Es más, no se recomendaría cambiar solamente a un sistema de yuca/fríjol trepador a precios relativos muy altos. La tasa de retorno no es tanto mayor y el riesgo de los cambios en los precios afecta considerablemente tanto la rentabilidad como los retornos sobre el capital. Por lo tanto, la importancia del fríjol arbustivo en estos sistemas asociados es fundamental.

COOPERACION INTERNACIONAL

Las actividades de cooperación internacional del Programa de Yuca están diseñadas para conjugar el desarrollo de la investigación y la aplicación de la tecnología mediante la creación de lazos fuertes entre el CIAT y las instituciones nacionales.

Los progresos logrados en América Latina durante 1978 incluyen el fortalecimiento de las redes cooperativas ya existentes, un aumento en la cantidad de material de germoplasma promisorio sometido a las pruebas internacionales y el viaje extensivo de miembros del equipo de yuca, especialmente el especialista en cooperación internacional para América Latina.

Este fue el primer año completo en el cual un miembro del equipo de yuca tuvo su base en Asia, como especialista en cooperación internacional para esa región. El énfasis de su trabajo en Asia, durante

1978, estuvo en la introducción de clones promisorios para su propagación y distribución, y para su evaluación posterior. Al mismo tiempo, se tomaron las medidas necesarias para establecer una red de investigación en el sureste asiático, la cual se encargará de evaluar este material.

América Latina

Los científicos del equipo de yuca viajaron durante el año por Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador y Honduras, a fin de cooperar en el establecimiento de los primeros ensayos internacionales y/o iniciar o continuar actividades colaborativas relacionadas con la investigación y la producción de yuca. En Colombia, los estrechos lazos colaborativos que existen con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) han conducido a la propagación y distribución extensiva de materiales promisorios por agrónomos del ICA a los agricultores locales. En Brasil, el entomólogo del equipo de yuca permaneció durante la mayor parte de 1978 trabajando con el programa nacional de yuca de este país.

Ensayos Internacionales

Después de realizar evaluaciones extensivas en colaboración con el ICA en diez localidades de Colombia, se enviaron, en 1978, materiales promisorios a 14 países de América Latina y a otras regiones del mundo para su evaluación a nivel local. En Argentina, Costa Rica, Ecuador, México y Venezuela se cosecharon pruebas regionales internacionales en las cuales se había incluído material suministrado por el CIAT. Los programas nacionales respectivos son los responsables de las recomendaciones finales y de la multiplicación de las variedades.

Actividades en los Países

Bolivia. Se despachó material de siembra para una prueba internacional; el especialista en proyección externa del CIAT le prestó asistencia a los agrónomos locales encargados del establecimiento de esta prueba internacional. Uno de los agrónomos de la Universidad Gabriel René Moreno había participado en el curso extensivo de producción de yuca realizado en el CIAT en mayo de 1978. También, se establecieron relaciones con el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) para intensificar las actividades colaborativas y el adiestramiento en yuca para agrónomos de dicha investigación.

Brasil. En 1977, el agrónomo del Programa de Yuca del CIAT había participado en la planeación de una red de pruebas regionales. En 1978 esta red se estableció definitivamente con la siembra de estas pruebas en todo el país y supervisada por los agrónomos locales. En años anteriores, antiguos becarios brasileros hicieron en la sede del CIAT varios cruzamientos controlados de los cuales se obtuvo semilla sexual la cual fue sembrada y evaluada, en Cruz das Almas, Bahía. Algunos de estos cruces se están multiplicando para hacer evaluaciones más extensivas.

Se está planeando iniciar el intercambio de germoplasma de yuca cultivado en tubos de ensayo, utilizando la técnica del cultivo de tejidos. El Director del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) y el especialista en cultivo de tejidos de la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT han intercambiado visitas a fin de preparar este proyecto.

Colombia. El ICA está multiplicando, distribuyendo y vendiendo a los agricultores de diversas regiones de Colombia material de siembra libre de enfermedades, incluyendo variedades seleccionadas por el CIAT. Los agrónomos del ICA están sembrando

pruebas regionales en varias localidades de la costa norte y en otras regiones de Colombia, utilizando variedades recomendadas por el ICA después de que han sido evaluadas conjuntamente por el ICA y el CIAT.

Costa Rica. Los científicos locales han logrado erradicar el añublo bacterial de la yuca de las principales áreas productoras de este cultivo. Antiguos becarios del CIAT están realizando un segundo ciclo de pruebas internacionales con variedades promisorias despachadas por el CIAT. También, se iniciaron varias pruebas regionales con las mejores variedades cosechadas en el primer ciclo de pruebas.

República Dominicana. Los agrónomos que han recibido adiestramiento en el CIAT han establecido el primer ensayo internacional en San Cristóbal. Uno de estos agrónomos hizo los arreglos necesarios para que el Subsecretario de Agricultura de la región de Moca y varios agricultores visitaran el CIAT. Los agrónomos adiestrados por el CIAT están ahora difundiendo las prácticas culturales mejoradas sencillas, y la metodología que promueve el CIAT hasta los agricultores locales. La variedad CMC 40 seleccionada por el CIAT (originalmente obtenida por mejoramiento genético en Brasil) es ampliamente cultivada en este país.

Recientemente, algunos científicos del Centro de Desarrollo Agropecuario (CENDA) han solicitado materiales de siembra de variedades promisorias para adelantar evaluaciones locales.

Mexico. A finales de 1978, el Coordinador Nacional del Programa de Yuca de México permaneció durante una semana en el CIAT en busca de apoyo logístico para implementar ese programa, el cual fue planificado en 1977 con la colaboración del CIAT, y cuando esté en plena operación, posiblemente tendrá mucho impacto en la producción de yuca en ese país. Varios antiguos becarios del CIAT participan activamente en este programa.

Ya se han enviado a México materiales de siembra de algunas variedades seleccionadas por el CIAT; los agrónomos de este país las están cultivando y evaluando.

Otros países. Se han enviado materiales de siembra a Argentina y Venezuela para que se incluyan en las pruebas internacionales establecidas en esas naciones. En Honduras, el primer ensayo internacional se sembró en junio de 1978 bajo la supervisión de un antiguo becario del CIAT. En Perú se está completando un proyecto especial financiado por el Canadian International Development Research Centre (IDRC). Los científicos del Programa de Yuca del CIAT proporcionaron alguna asistencia a este proyecto; una evaluación posterior de sus logros determinará la medida en la cual se continuarán las actividades colaborativas.

El Coordinador del Programa de Yuca visitó Cuba; actualmente, se están haciendo los trámites necesarios para el intercambio de material de siembra, adiestramiento y otras actividades de cooperación en la producción de yuca. Se mantuvieron contactos con los programas de yuca establecidos en Guyana y Surinam.

Actividades de Adiestramiento

En 1978 se realizaron en el CIAT dos cursos intensivos, con una duración de 1 mes cada uno, sobre tecnología de producción de yuca. En el primero, realizado durante enero y febrero, la mayoría de los participantes provinieron de países no latinoamericanos. La fuente principal de financiación de los participantes en este curso fue proporcionada por el IDCR (ver la Sección Sureste de Asia).

En el segundo curso, realizado en mayo, participaron 46 profesionales de 12 países de América Latina. Las principales fuentes de financiación de este curso fueron el IDRC y el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP).

Durante el año, 12 agrónomos de nueve países completaron en el Centro sus períodos de adiestramiento en cursos de mayor duración; otros 10 aún se encontraban recibiendo adiestramiento a finales del año.

Sureste de Asia

Este año se hizo mucho énfasis en la introducción de clones promisorios para su distribución posterior a diversos países de Asia. En Filipinas, se introdujo material en la forma de estacas y se multiplicó bajo cuarentena, utilizando la técnica de propagación rápida. Se ha tenido mucho cuidado en el proceso de cuarentena y durante el proceso de propagación no han surgido problemas de importancia. Hasta el momento se ha sembrado un total de 2.5 ha con líneas promisorias; el material obtenido de esta siembra estará listo para su distribución a otros países del sureste de Asia en marzo de 1979. Mientras se hace la propagación de este material, se adelantan los preparativos necesarios para establecer una red de investigación, la cual tendrá a su cargo el manejo de las pruebas regionales del material introducido.

Además de las estacas vegetativas enviadas a Asia, se ha enviado a India, Tailandia y Malasia una gran cantidad de semilla sexual. Los materiales del CIAT han mostrado tener en India índices de cosecha muy altos y buena resistencia a *Cercospora;* estos materiales se están utilizando en este país en su programa de mejoramiento genético. En Tailandia se ha hecho una serie de selecciones de plántulas, las cuales se han multiplicado y están incluidas en ensayos avanzados de rendimiento. En Malasia, las plántulas aún se encuentran en la fase inicial de selección.

Se hizo una lista de nombres de investigadores y personas interesadas en el cultivo de yuca en Asia y se publicó un directorio el cual incluye direcciones postales, que permitirán el intercambio de materiales y de información. Ya existen programas nacionales de yuca en India, Tailandia, Malasia, Indonesia y Filipinas. Después de hacer una cuidadosa selección de participantes se invitó a 25 investigadores de estos programas para que asistieran a un curso intensivo sobre investigación y producción de yuca celebrado en la sede del CIAT, el cual tuvo una duración de 1 mes. Todos los participantes regresaron a sus programas nacionales excepto dos de ellos, quienes están recibiendo adiestramiento adicional.

El Coordinador de Cooperación Internacional para el Sureste de Asia ha visitado los seis países en los cuales el CIAT está trabajando activamente: India, Tailandia, Malasia, Indonesia, Filipinas y Sri Lanka. En los primeros tres se encuentran los programas más amplios y sólidos; se ha puesto énfasis en mantener a los técnicos de estos países al día en cuanto a avances logrados en el CIAT y viceversa. En el caso de Filipinas, Indonesia y Sri Lanka, el CIAT ha colaborado en la planeación y organización de sus programas, los cuales aún son muy recientes. En Filipinas, el Coordinador organizó un curso corto intensivo sobre la propagación rápida de material de siembra limpio, puesto que la falta de material de siembra adecuado ha sido la principal limitación para aumentar la producción de yuca en ese país.

CIAT

Programa de Ganado de Carne

1978

Programa de Ganado de Carne

El Programa de Ganado de Carne del CIAT, en 1978, entró en una etapa de operación total, con actividades de investigación de campo en CIAT-Quilichao, en el Centro Nacional de Investigaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Carimagua, en el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Brasilia, Brasil, y una red de 14 pruebas regionales establecidas por toda el Area de Actuación del Programa. Siguiendo los objetivos y el plan de trabajo esbozado en el Informe Anual del CIAT de 1977, los principales logros obtenidos en 1978 se pueden resumir en términos de desarrollo de germoplasma y de componentes de tecnología mejorada y el establecimiento de una etapa en la cual se inician las actividades de transferencia de tecnología.

Germoplasma

La planta forrajera *Andropogon gayanus* CIAT 621 ha mostrado tener un comportamiento sobresaliente como gramínea tropical altamente productiva para las regiones de Oxisoles y Ultisoles. Esta gramínea ha entrado a la etapa que corresponde a la Categoría 5 (prelanzamiento), la cual incluye la fase de producción de semilla en gran escala. Sus principales características son: 1) crece excelentemente y produce abundante materia seca en los suelos ácidos e infértiles, con el mínimo de aplicación de insumos; 2) tiene una tolerancia excepcional a las condiciones de sequía, quema y altos niveles de saturación de Al; 3) presenta bajos requerimientos de P y N; 4) hasta el momento no ha sido atacada por ninguna enfermedad o insecto; 5) produce semilla fácilmente; 6) es compatible con leguminosas; 7) se adapta bien a los sistemas de establecimiento de pastos a bajo costo; 8) presenta una calidad nutricional aceptable y un alto consumo debido a que es muy apetecida por el ganado; 9) da altos niveles de producción animal durante el primer año. Aún no se conoce bien su tolerancia al ataque de ciertas plagas, como las especies de salivita o mión y tampoco, su capacidad de producción animal durante la estación seca ni la posibilidad de que se establezca como maleza en campos de cultivo. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el CIAT han acordado lanzar esta forrajera para su producción comercial, a comienzos de 1980, como "Pasto Carimagua cv. 621" siempre y cuando los factores que todavía no se conocen bien se aclaren y que no aparezcan factores negativos de importancia, durante los experimentos de 1979.

Siete accesiones de tres especies de leguminosas forrajeras — *Zornia latifolia* (CIAT 728), *Desmodium ovalifolium* (CIAT 350) y *Stylosanthes capitata* (CIAT 1019, 1078, 1097, 1315 y 1405) — con-

tinúan siendo promisorias para su lanzamiento potencial y han entrado a los ensayos de producción animal a nivel de la Categoría 4. En este momento, no es posible establecer cuál de estas especies es superior. Todas han mostrado tener buena persistencia durante su segundo año en las pruebas de pastoreo; se adaptan a los suelos ácidos e infértiles; tienen buenos mecanismos de autopropagación; no presentan ataques mayores de insectos o enfermedades y presentan un buen potencial de fijación de nitrógeno.

Además, *Z. latifolia* tiene un contenido muy alto de proteína y crece vigorosamente durante la estación seca. *D. ovalifolium* es suficientemente agresiva para formar buenas mezclas con *Brachiaria decumbens* pero es susceptible al ataque de nemátodos y aún no se ha probado su potencial de producción de semilla en latitudes bajas. Algunas accesiones de *S. capitata* presentan tres mecanismos de persistencia: producción abundante de plántulas, rebrotes de los nudos de la corona (como los que produce la planta de alfalfa) y rebrotes de las yemas axilares y terminales.

Estas tres leguminosas fueron tolerantes a la quema, lo cual constituye un punto a favor de su persistencia, en el caso de una quema accidental o de la necesidad de hacer una quema periódica de forraje demasiado maduro que queda en las praderas al final de la época de lluvias.

El proceso de evaluación de germoplasma continúa seleccionando un gran número de accesiones de leguminosas y gramíneas, por medio de las evaluaciones en las etapas sucesivas correspondientes a las Categorías 1, 2, 3 y 4 que se llevan a cabo en CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia. Dos especies de leguminosas arbustivas para pastoreo han mostrado ser promisorias bajo las condiciones de los suelos ácidos: *Desmodium gyroides* 3001 y varias líneas de *Leucaena leucocephala* resultantes de la selección o el mejoramiento genético por tolerancia a la acidez del suelo, junto con rizobios adaptados tolerantes a la acidez. También, varios tipos de *Stylosanthes guianensis*, de floración tardía, provenientes de los Cerrados, muestran ser promisorios por su tolerancia a la antracnosis.

Componentes de la Tecnología

Varias Secciones del Programa están desarrollando componentes de la tecnología para hacer que la infertilidad de los suelos ácidos (y la obtención de plantas adaptadas a ellos) sea una ventaja y no una desventaja. Los sistemas de siembra a baja densidad favorecen el ahorro de semilla, de fertilizante y de maquinaria, y permiten el establecimiento de praderas listas para el pastoreo, en un año. La baja fertilidad del suelo inhibe el crecimiento de las malezas durante el período de establecimiento de las praderas, bien sea por semilla o por crecimiento de estolones. Las rocas fosfatadas de baja reactividad, las cuales son bastante abundantes en América tropical, son eficientemente utilizadas ya que la acidez del suelo disuelve rápidamente las rocas y el resultante material fosfatado es aprovechado por las especies forrajeras que toleran los altos niveles de Al.

En el laboratorio, se desarrolló un nuevo medio ácido para seleccionar cepas de *Rhizobium* por su tolerancia a la acidez del suelo. Esto facilita la selección de cepas por su persistencia en suelos ácidos puesto que el recubrimiento de las semillas e inóculo de *Rhizobium* con cal, solamente es efectivo para la primera generación de nódulos. Las próximas generaciones quedarán expuestas al medio ácido.

Otros desarrollos tecnológicos de importancia incluyen: el descubrimiento de que el tipo de tricomas y la aparición de secreciones en los tallos de *Stylosanthes* pueden explicar su tolerancia o susceptibilidad a los ataques del barrenador del tallo; el diseño de mecanismos simples para estimar la longitud de las raíces y el potencial hídrico de las hojas en gramíneas tropicales; el desarrollo de un removedor de la arista de *Andropogon;* la efectividad de los minigránulos de roca fosfatada para proporcionar mejores propiedades de manejo sin afectar su reactividad y la verificación de qué modelos de simulación descritos en el Informe Anual del CIAT de 1977, son confiables según se comprobó con la obtención de datos reales hecha en 1978. Además, mediante el análisis económico, se definió que la persistencia de una pradera de gramíneas/leguminosas es costeable cuando tiene una productividad de por lo menos 6 años.

Al reunir algunos componentes tecnológicos disponibles en un "paquete tecnológico" para su evaluación en un ensayo de sistemas de hatos de cría en Carimagua, se encontró que el uso estratégico de praderas de gramíneas/leguminosas que tengan una extensión equivalente al 10 por ciento del área total de pastoreo, aumentaba la producción de carne en un 250 por ciento, durante su primer año de operaciones y parece ser altamente rentable.

Estudio del Area de Actuación

Aunque los resultados obtenidos de la investigación son muy alentadores, se requiere más tiempo para determinar si las nuevas praderas de gramíneas/leguminosas en asociación son lo suficientemente persistentes para ser realmente rentables. Mientras continúa la investigación, se han logrado avances en el conocimiento sobre el Area de Actuación que ha demarcado el Programa de Carne del CIAT, tanto físicamente como en términos de producción potencial y en el desarrollo de relaciones colaborativas con las instituciones nacionales.

La interpretación de una gran cantidad de información climatológica, edáfica y de paisaje indica que la evapotranspiración potencial, durante la estación lluviosa, separa en forma efectiva la sabana de dos tipos de área de bosque. La interpretación del estudio del Area de Actuación indica que es necesario establecer en las áreas de selva dos sitios de evaluación diferentes para el germoplasma en las Categorías 2 y 3.

El estudio detallado de las fincas productoras de ganado de carne, en los Llanos y en el Cerrado (proyecto ETES), está proporcionando datos cuantitativos confiables sobre los sistemas reales de producción y también oportunidades excelentes para validar nueva tecnología de pastos a nivel de finca. Los estudios sobre salud animal muestran diferencias significativas en el grado de importancia de las enfermedades en diferentes partes del Area de Actuación. Las reuniones con colaboradores de varias instituciones nacionales de investigación y desarrollo agropecuario ayudaron a obtener información para producir un manual para la colección y evaluación de germoplasma forrajero y sirvieron para reunir gran parte del conocimiento que existe actualmente sobre las relaciones suelo/pasto/ganado en el Area de Actuación. Por primera vez, comenzó a funcionar en América Latina una red de investigación sobre forrajes tropicales.

En Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y Nicaragua se establecieron 14 pruebas regionales para evaluar la adap-

tabilidad del germoplasma promisorio. En diciembre de 1978 se establecerán 15 pruebas adicionales en Brasil y otras, en un futuro cercano, en América Central y en el área del Caribe. En el primer curso sobre forrajes, con duración de 6 meses, se adiestraron 21 colaboradores de instituciones de investigación y desarrollo de Brasil, Colombia, Bolivia, Perú, Ecuador, Venezuela, Panamá, Nicaragua y Cuba. Se está programando un segundo curso para febrero de 1979.

ESTUDIO DEL AREA DE ACTUACION

A mediados de 1977 se inició un estudio del Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne, localizada en las regiones de Oxisoles y Ultisoles de América tropical, con el fin de clasificar los recursos de tierras en términos de clima, paisaje y suelo. Esta clasificación permitirá hacer una síntesis geográfica de la región sobre bases económicas, la cual servirá de base para diseñar la estrategia sobre transferencia de tecnología del Programa. En el Informe Anual del CIAT de 1977 se describió la metodología utilizada y los resultados iniciales obtenidos.

En 1978 se completó el análisis de los datos climatológicos y también, el reconocimiento aéreo y el trabajo de campo en América del Sur. Hasta el momento, se ha definido un total de 237 sistemas de tierra en las áreas en donde se ha completado el trabajo (Figura 1). Los datos comparativos, para cada sistema de tierra, se están archivando en un mecanismo de recuperación de información computadorizada, el cual también permite dibujar mapas con propósitos específicos.

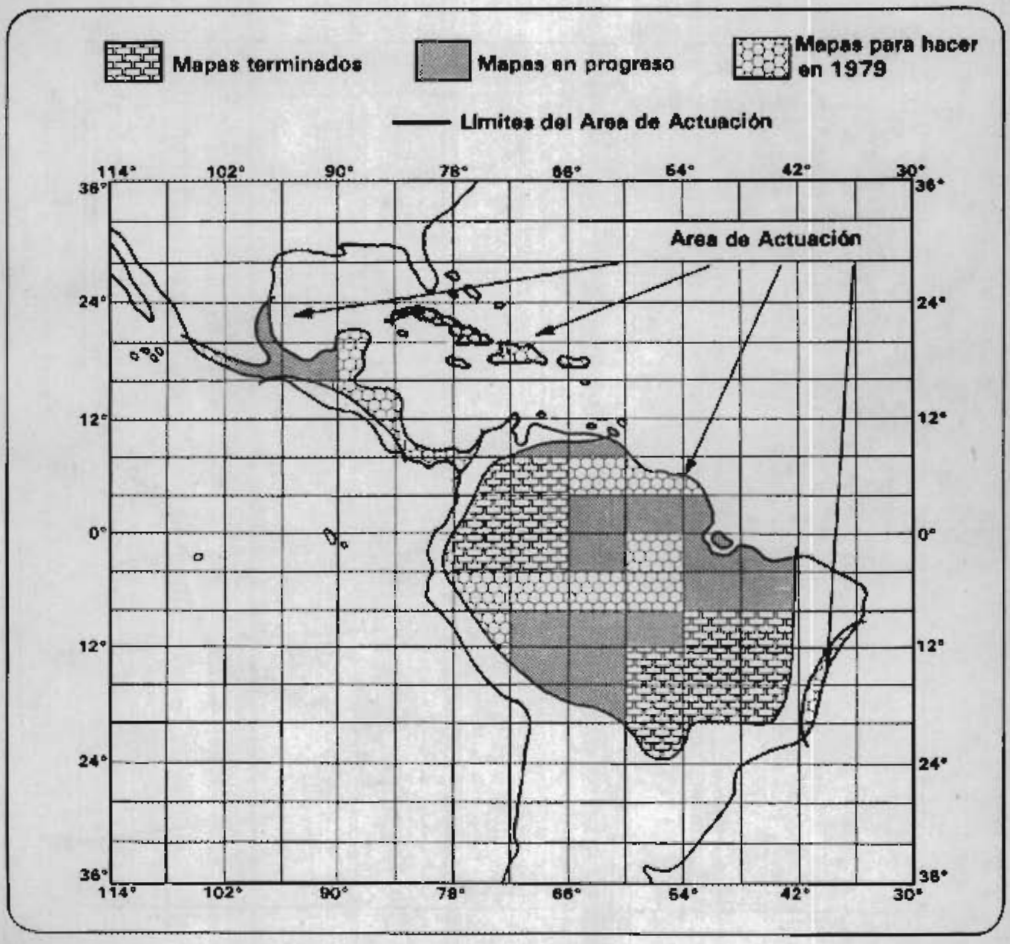


Figura 1. Estado actual del trazado de mapas correspondientes a los sistemas de tierra, para el Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne del CIAT.

Clima

Se organizaron y analizaron los datos climatológicos a largo plazo colectados en las estaciones meterológicas ubicadas en el Area de Actuación. La Figura 2 muestra la localización aproximada de las estaciones y la Figura 3 muestra un ejemplo de la salida de datos de una de ellas, incluyendo una definición de los parámetros. El índice de disponibilidad de humedad (IDH) predice la probabilidad de las condiciones de sequía. Cuando el IDH es mayor de 0.34, es muy probable que se presente una sequía severa. Los valores del IDH entre 0.34 y 0.67 muestran sequía; un IDH entre 0.68 y 1.0, poca sequía y valores de IDH mayores de 1.00 indican que no hay condiciones de sequía.

Al terminar los análisis del balance hídrico, se decidió hacer un mapa y reunir los parámetros climatológicos. Los datos obtenidos de las sabanas centrales de Brasil muestran que la evapotranspiración potencial de la estación lluviosa (meses con un IDH mayor que 0.33) para esas sabanas era muy constante. Posteriormente, se hizo un mapa de las tierras bajas tropicales de

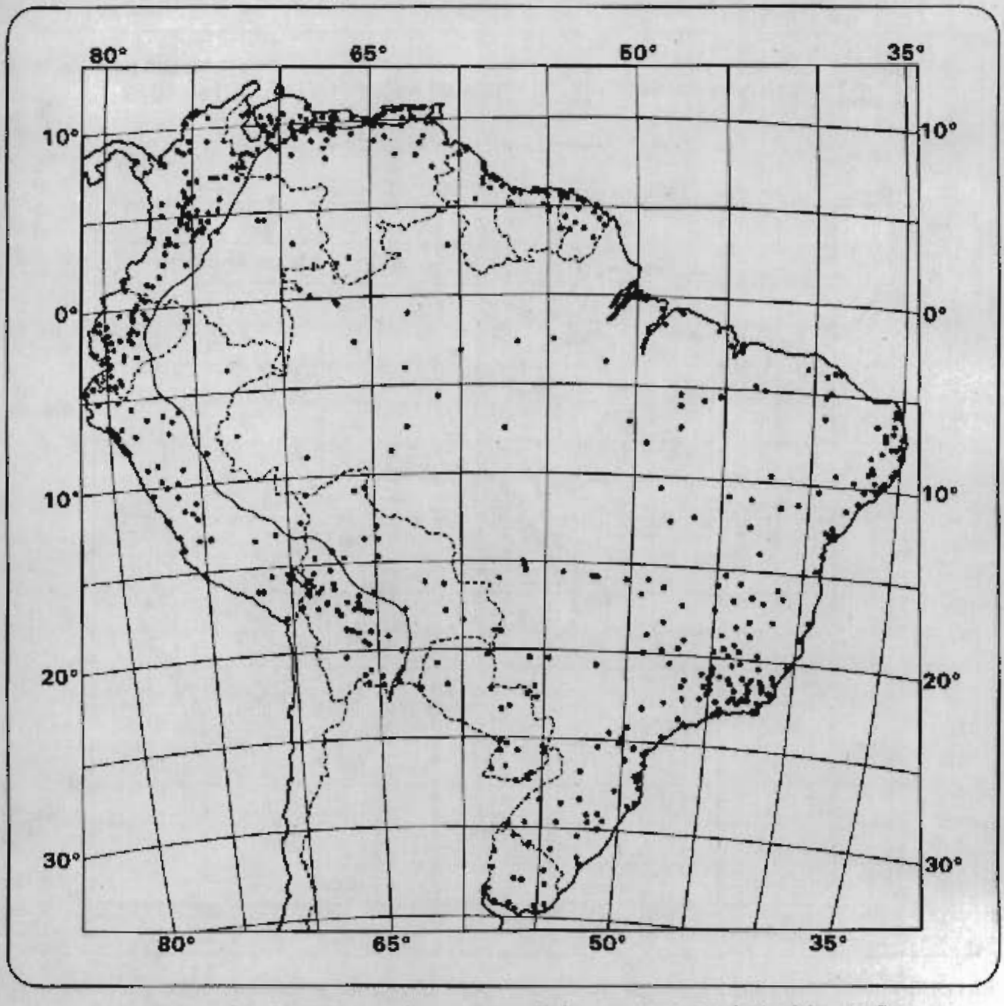


Figura 2. Localización de las estaciones meteorológicas en una parte de América del Sur.

FORMOSA LAT 15 32 LON 47 18 912. METROS

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
(1) TEMP MED	22.0	22.1	21.9	21.5	20.1	19.0
(2) H.R. MED	84.	78.	77.	64.	52.	38.
(3) PCT SOL	44.	52.	53.	66.	76.	87.
(4) RS MED	494.	523.	492.	486.	459.	452.
(5) PRECIP.	252.	204.	227.	93.	17.	3.
(6) ET POT	141.	135.	140.	132.	125.	115.
(7) DEF PREC	-111.	-69.	-87.	39.	108.	112.
(8) DEP PREC	176.	138.	157.	51.	0.	0.
(9) MAI	1.25	1.02	1.12	.38	.00	.00

JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
18.9	20.7	22.8	22.9	21.9	21.6	21.3
36.	41.	69.	78.	88.	91.	66.
88.	85.	61.	51.	38.	33.	61.
471.	522.	507.	510.	460.	430.	484.
6.	3.	30.	127.	255.	343.	1560.
123.	144.	143.	149.	127.	121.	1596.
117.	141.	113.	22.	-128.	-221.	35.
0.	0.	1.	78.	179.	248.	
.00	.00	.01	.52	1.41	2.04	

1 Temperatura media en °C
2 Porcentaje de humedad relativa media.
3 Porcentaje promedio de luz solar posible.
4 Radiación solar media incidente (Langleys/día) estimada con base en el parámetro PCT SOL.
5 Precipitación media en mm.
6 Evapotranspiración potencial estimada por el método de Hargreaves, en mm.
7 Déficit de precipitación = ET POT - PRECIP (equilibrio hídrico) en mm.
8 Precipitación confiable en mm. =(PRECIP x 0.7) - 10.
9 Indice de disponibilidad de humedad $= \frac{\text{DEP PREC}}{\text{ET POT}}$

Figura 3. Muestra de una hoja impresa de computador, con datos climatológicos, para una estación meteorológica representativa; este tipo de información es utilizado en la clasificación de sistemas de tierras, con definiciones de los parámetros utilizados.

América del Sur en el cual se demarcaron claramente cuatro regiones principales con evaporaciones totales para la estación lluviosa de: menores que 910 mm, 910-1060, 1061-1300 y mayores que 1300 mm; fue fácil demarcar estas cuatro clases pues ellas siguieron un patrón natural de agrupamiento de la evapotranspiración potencial (Figura 4). La clase 910-1060 presentó una media de 987 mm, una DE de 54 mm y un CV del 5.5 por ciento; la clase 1061-1300 mm presentó una media de 1178 mm, una DE de 71 mm y un CV del 6 por ciento. La región con menos de 910 mm abarca áreas con una estación seca de 6 meses y "caatinga" u otras formas de vegetación semiárida o árida. Estas áreas están, en gran parte, fuera del Area de Actuación aunque incluyen algunos Oxisoles y Ultisoles. Las áreas de 910-1060 mm corresponden claramente a las regiones de vegetación de sabana, tales como el Cerrado y los Llanos, con una estación seca de 4 a 6 meses. La franja de 1061-1300 mm abarca áreas bajo una vegetación estacional semisiempre verde la cual sufre de una estación seca de 4 meses. Las áreas con más de 1300 mm son las regiones de bosque húmedo tropical con una estación seca de menos de 3 meses. Es clara la similitud entre el mapa de la evapotranspiración potencial en la estación de lluvias (Figura 4) y el mapa de la duración de la estación seca (Figura 5). En consecuencia, este parámetro, además de brindar una ecuación sobre la energía utilizable para el crecimiento de las plantas, proporciona una amplia y primera aproximación de la duración de la sequía en el Area de Actuación. La evapo-

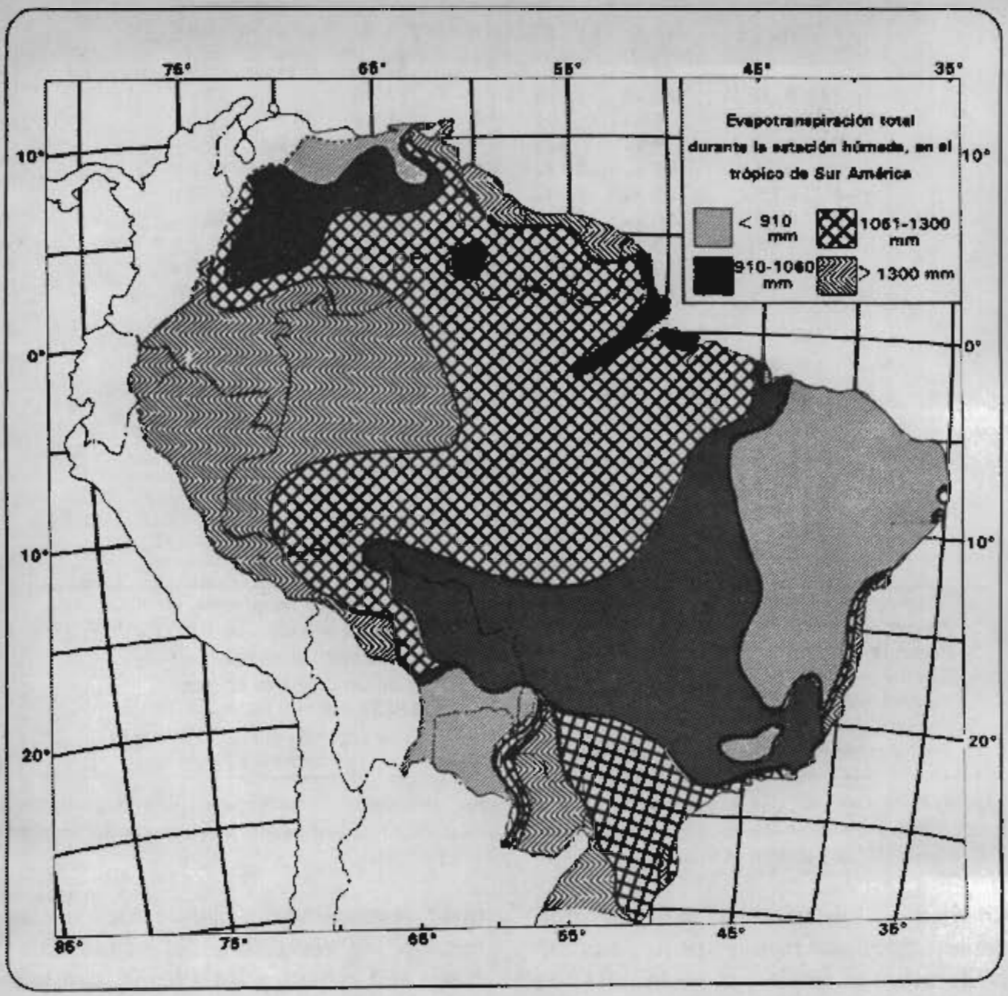


Figura 4. Evapotranspiración total, durante la estación húmeda, en el trópico de Sur América.

transpiración potencial durante la estación de lluvias definitivamente es un parámetro muy útil para clasificar el clima con base en el crecimiento de especies perennes, tales como los pastos.

Paisaje

Se demostró que existen dos circunstancias totalmente diferentes para la producción de ganado de carne en las sabanas de Brasil. La primera se caracteriza por la presencia de tierras bien drenadas, principalmente Oxisoles, en donde el factor limitante primordial es la falta de pastos durante la estación seca. La segunda se caracteriza por tierras mal drenadas, principalmente Ultisoles (Aquults), con una topografía plana. Estos suelos presentan un horizonte de textura pesada, el cual impide el drenaje bajo una capa de suelo superficial con textura más liviana. Al iniciarse la estación de lluvias, el horizonte superior se satura muy rápidamente de agua y esas tierras generalmente se inundan hasta el grado en que el ganado debe ser trasladado a tierras más altas. Con frecuencia la disponibilidad de tierras más

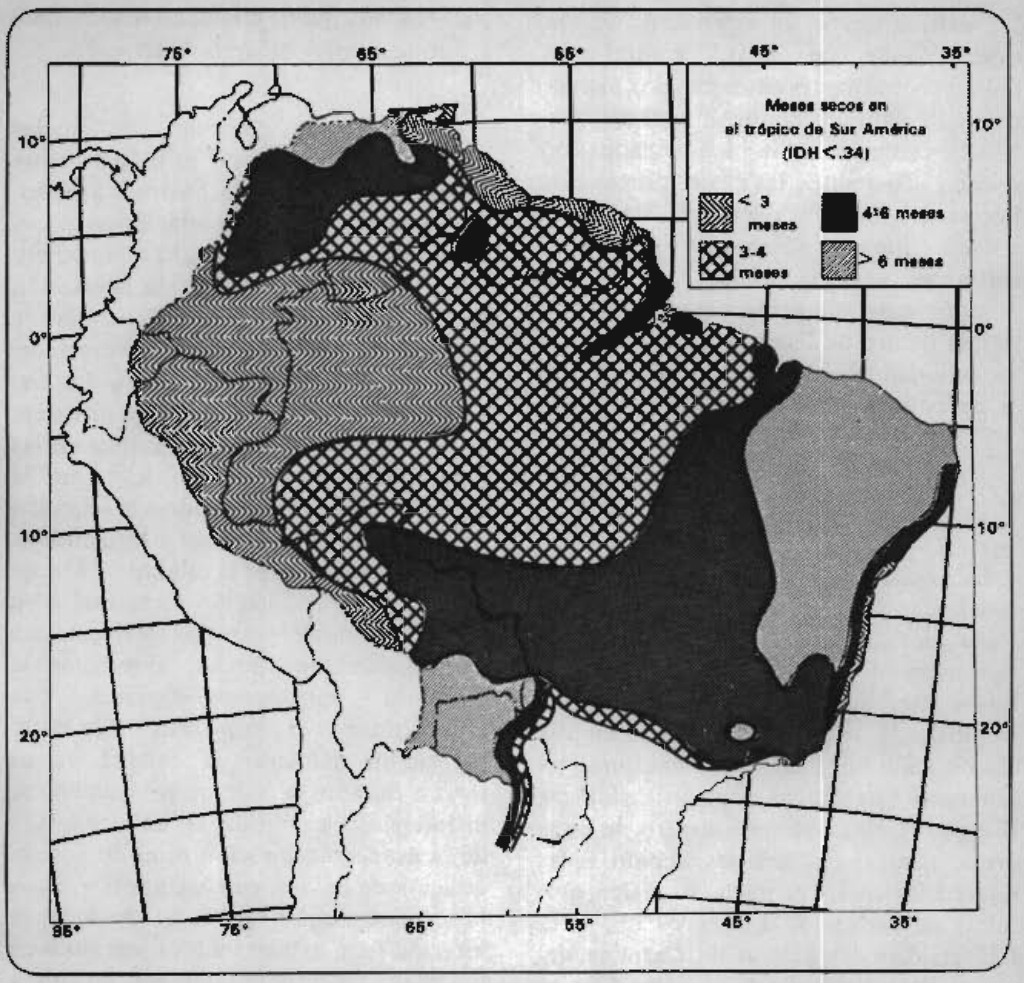


Figura 5. Meses secos (Indice de Disponibilidad de Humedad < .34), en el trópico de Sur América.

altas a distancias razonables es muy limitada y de ello resulta una escasez de pastos durante la estación de lluvias. Sin embargo, en la actualidad, tierras con estas características soportan una carga por unidad de área más alta que las tierras bien drenadas y son apreciadas por los ganaderos.

Hacia el occidente del centro de Brasil, el 52 por ciento o sea 126 millones de ha se clasificarían como sabanas bien drenadas (principalmente Oxisoles), el 8 por ciento ó 20 millones de ha, como sabanas estacionalmente inundables (principalmente, Ultisoles) y las tierras restantes, como otras formaciones, incluyendo 21 millones de ha de sabanas de Entisoles (suelos arenosos).

En las tierras bajas del Oriente de Colombia el 20 por ciento ó 12 millones de ha se clasificarían como sabanas bien drenadas (Oxisoles), el 7 por ciento ó 4.5 millones de ha como sabanas estacionalmente inundables (Ultisoles) y el área restante, o sea, 46 millones de ha o el 73 por ciento, como otras formaciones, principalmente bosques.

La demarcación de sistemas de tierras, especialmente en Brasil central, ha mostrado contrastes entre mesetas planas, colinas y valles, y llanos de tierras bajas. Muchos sistemas están bien irrigados con corrientes perennes, las cuales disectan las tierras a intérvalos regulares. Todos los sistemas presentan áreas de suelos contrastantes y éstos se han resumido y descrito separadamente como facetas de tierras dentro de sistemas de tierras. Esta variabilidad es muy importante a nivel de la agricultura práctica.

Vegetación

La vegetación, en toda la región bajo estudio, varía desde los bosques desiduos, hasta las sabanas, los bosques estacionalmente semisiempre verdes y finalmente, hasta los bosques húmedos tropicales. Este gradiente sigue la amplia clasificación de la evapotranspiración potencial total de la estación de lluvias (Figura 4). Sin embargo, dentro de estas áreas, ocurren variaciones debido a las diferencias en las propiedades físico/químicas de los suelos. López y Cox, de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, han demostrado que las formas fisionómicas de los Cerrados del Brasil, descritas como "campo limpio" (praderas de pastos), "campo sujo" (praderas de pastos, ocasionalmente con arbustos), "campo cerrado" (sabana abierta), "cerrado" (intermedio) y "cerradão" (sabana cerrada con una cobertura forestal continua), siguen un gradiente de fertilidad. Por lo tanto, la controversia que se presenta en la literatura brasilera en lo relacionado con el origen de la vegetación del Cerrado se ha resuelto en forma efectiva: los Cerrados se pueden considerar como una zona climatológica, con una evapotranspiración potencial total constante durante la estación de lluvias que oscila entre 910 y 1060 mm, dentro de la cual el gradiente de fertilidad determinará la forma fisiológica de la vegetación.

Es interesante observar que en las sabanas bien drenadas el ganado de carne pastorea activamente arbustos y árboles, especialmente durante la estación seca. Los investigadores brasileros han mostrado que, en los Cerrados, durante la estación seca, más del 60 por ciento del consumo de forrajes por los animales proviene del ramoneo de arbustos y árboles. La disponibilidad de forrajes ricos en proteína, durante la estación seca, es crítica en las tierras bien drenadas; por lo tanto, la atención que se le está dando a la selección de cultivares de gramíneas y leguminosas que puedan mantener la calidad del forraje bien entrada la estación seca, está bien fundamentada. Las especies forrajeras con enraizamiento profundo, tales como la gramínea *Andropogon gayanus* y la leguminosa *Stylosanthes capitata*, parecieron mantener la calidad de su forraje durante la estación seca cuando se introdujeron a estas áreas. La evaluación de la evapotranspiración total durante la estación de lluvias, en contraposición con la evapotranspiración total durante la estación seca, ayudará a localizar sitios en los cuales es posible establecer en forma realista, programas de selección de cultivares forrajeros adecuados para mejorar la alimentación del ganado. Es evidente que estos sitios deben estar ubicados en suelos representativos, desde el punto de vista físico y químico.

Suelos

Las características físicas de los suelos han jugado un papel fundamental en la demarcación de sistemas de tierras, particularmente en lo que respecta a la pendiente, el drenaje y la capacidad de retención de agua. Como se anotó anteriormente, los suelos se han descrito

separadamente en las descripciones de las facetas de tierras dentro de un sistema de tierra dado. Se observó que la capacidad de retención de agua de muchos Oxisoles arcillosos se asemeja a la de los suelos arenosos.

Al evaluar las características de la fertilidad de los suelos, el procedimiento que se siguió fue el siguiente: 1) identificación de los problemas de toxicidad, particularmente por Al y Mn, y 2) identificación posterior de los problemas de deficiencias minerales.

En gran parte de la región estudiada, los niveles de Al intercambiable fueron altos. Particularmente en Brasil, se observó que los agricultores frecuentemente aplican cal en forma masiva y a costos muy altos, asumiendo que el Al es completamente neutralizado para superar los problemas de toxicidad. Sin embargo, los cultivos difieren en su tolerancia a los altos niveles de Al intercambiable, cuyo grado se puede expresar, con bastante aproximación, en términos de porcentaje de saturación de Al de la capacidad efectiva de intercambio catiónico. En consecuencia, para muchos cultivos no es necesario neutralizar todo el Al intercambiable sino solamente aplicar suficiente cal para disminuir el porcentaje de saturación de Al a niveles que no afecten la producción. Con base en lo anterior, se desarrolló una ecuacion para estimar los requerimientos de cal a un nivel específico de saturación de Al:

$$\text{meq de Ca/100 g de suelo requeridos para el encalamiento} = 1.5\,[Al - SAR\,(Al + Ca + Mg)/100]$$

Los valores para los elementos de la porción derecha de la ecuación se expresan en términos de meq/100 g de suelo en el complejo original de intercambio del suelo sin cal. El elemento SAR corresponde al porcentaje de saturación de Al requerido. Cuando el requerimiento de cal estimado utilizando el factor 1.5 es mayor que el equivalente químico de cal del Al intercambiable, se obtiene un dato más cercano al medido sustituyendo este factor por 2.

La ecuación se puede utilizar para estimar los requerimientos aproximados de cal a nivel de campo cambiando la expresión meq de Ca/100 g de suelo a toneladas de cal/ha y multiplicando el otro lado de la ecuación por la gravedad específica aparente del suelo. La utilización de la ecuación no requiere un análisis de suelo especial sino solamente una extracción con KCl 1*N* para la determinación del Al, Ca y Mg intercambiables. Al probarla con datos experimentales de Brasil, Colombia y Estados Unidos, el requerimiento de cal estimado por la ecuación mostró coeficientes de correlación por encima de 0.99** al compararlo con datos reales. Su utilización puede conducir a un ahorro considerable de aplicaciones de cal, no sólo en la región de interés sino también en el resto del mundo. Es un desarrollo práctico de la filosofía del uso mínimo de insumos la cual caracteriza las investigaciones que lleva a cabo el CIAT.

Es posible que algunas áreas estén afectadas por problemas de toxicidad de Mn, pero se dispone de poca información relacionada con esta toxicidad.

La deficiencia más común, en toda la región bajo estudio, además del N, es indudablemente el P. Sin embargo, al observar las especies forrajeras que crecen en la región, con la aplicación de cantidades relativamente pequeñas de P_2O_5 (50 kg/ha o menos) aparentemente se obtiene una respuesta satisfactoria después de que se hayan superado los problemas de toxicidad de Al, preferentemente a través de la tolerancia de los cultivares.

Se ha informado sobre la deficiencia de Zn, pero sólo cuando se hacen aplicaciones excesivas de cal. Sin embargo, los niveles de Zn en los suelos frecuentemente son bajos, como también los de Mg, P y S. Los niveles de Mo y B pueden ser deficientes en algunos suelos para algunos cultivos. Con frecuencia, los niveles de Na intercambiable son muy bajos en las regiones de sabana y este hecho indica la necesidad de utilizar sal común para ayudar a mejorar la nutrición del ganado de carne en estas regiones.

Con el fin de facilitar la identificación de posibles condiciones de toxicidad y deficiencia, se siguió un procedimiento para hacer un análisis de regresión sobre los análisis químicos de 15 a 20 muestras de suelo en aquellos casos en que se disponía de suficientes datos.

Referencias Bibliográficas

Hasta la fecha, se han incorporado unas 4500 referencias bibliográficas y resúmenes de trabajos relacionados con el Area de Actuación a un sistema de tarjetas.

La terminación del estudio se ha programado para mediados de 1979, después de lo cual se harán esfuerzos adicionales para iniciar la interpretación de los datos colectados por los edafólogos, agrónomos, zootecnistas y economistas del Programa.

INTRODUCCION DE PLANTAS

Durante 1978, esta Sección continuó enfocando sus esfuerzos hacia: 1) la estructuración del germoplasma mediante la colección directa de materiales en el campo y el intercambio con otras instituciones; 2) la multiplicación inicial y el mantenimiento del germoplasma; 3) la evaluación preliminar del germoplasma; y 4) la identificación y clasificación de germoplasma mediante un herbario de referencia.

Colección e Introducción de Germoplasma Forrajero

En 1978 se realizaron tres expediciones de colección de germoplasma: en Panamá, en colaboración con el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y el Banco Nacional de Panamá (Figura 6); en Venezuela, en colaboración con el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONIAP) (Figura 7); y en Brasil, en colaboración con el Centro Nacional de Recursos Genéticos de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (CENARGEN-EMBRAPA) (Figura 8). En estas expediciones sistemáticas y en varias colecciones ocasionales (principalmente, en Colombia) se obtuvo un total de 1458 accesiones. Además, se adquirieron 416 accesiones mediante el intercambio de germoplasma con otras instituciones (Cuadro 1). Con estas adiciones hechas durante el año, la colección de germoplasma de forrajes tropicales del CIAT —especializada en materiales originarios de regiones con suelos ácidos e infértiles de sabanas y selvas— aumentó a un total de 4781 accesiones (Cuadro 1).

Multiplicación Inicial y Mantenimiento del Germoplasma

En 1978, gran parte del trabajo de esta Sección consistió en la multiplicación del germoplasma a fin de producir suficiente

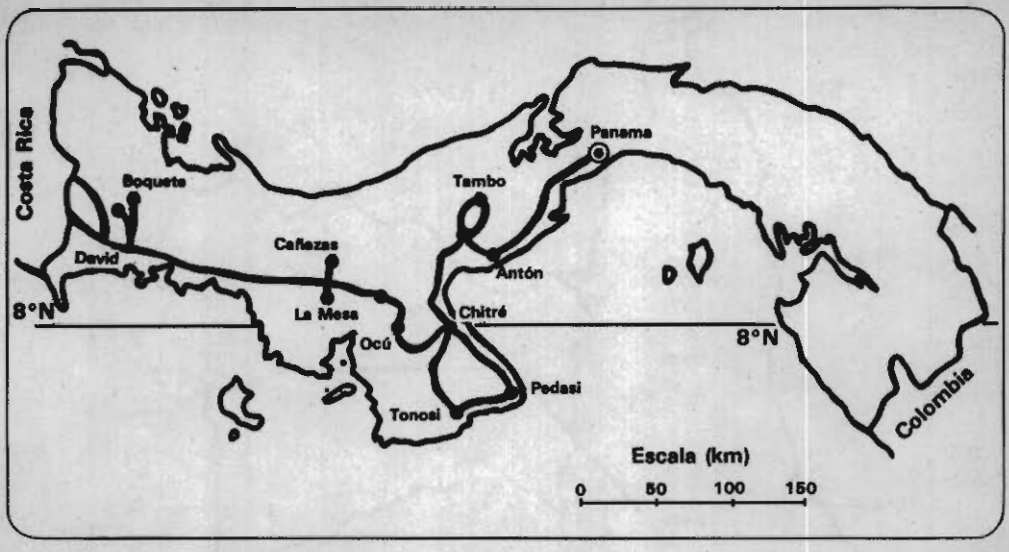


Figura 6. Rutas seguidas en los viajes de colección sistemática de germoplasma forrajero, en Panamá (CIAT/IDIAP/Banco Nacional de Panamá), enero de 1978.

semilla o material vegetativo para su preservación, evaluación preliminar y distribución. Se cosechó semilla de casi 2000 accesiones, bajo condiciones de invernadero y de campo, en CIAT-Palmira y CIAT-Quilichao; aún hay plantas en materos o en el campo (Cuadro 2).

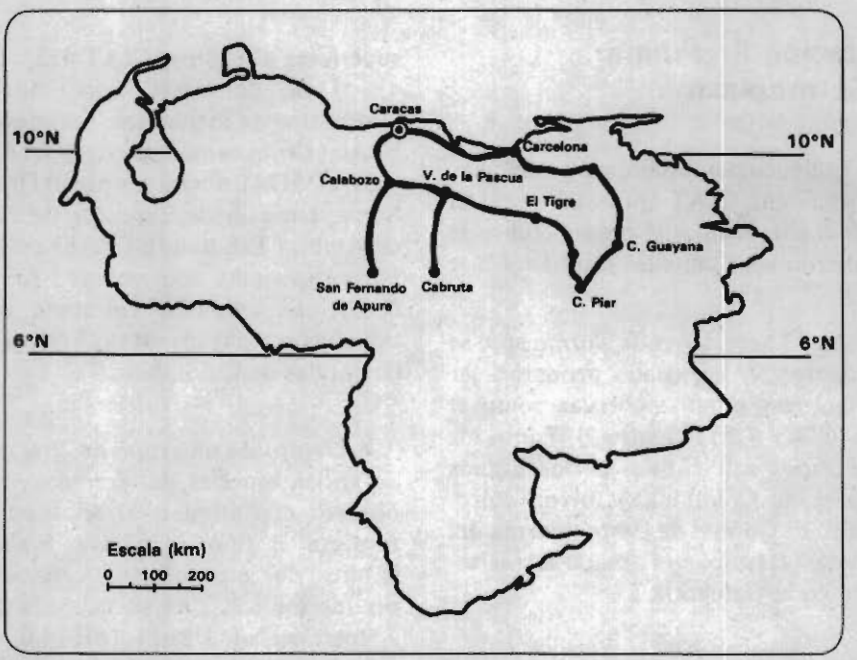


Figura 7. Rutas seguidas en los viajes de colección sistemática de germoplasma forrajero, en Venezuela (CIAT/FONIAP), febrero de 1978.

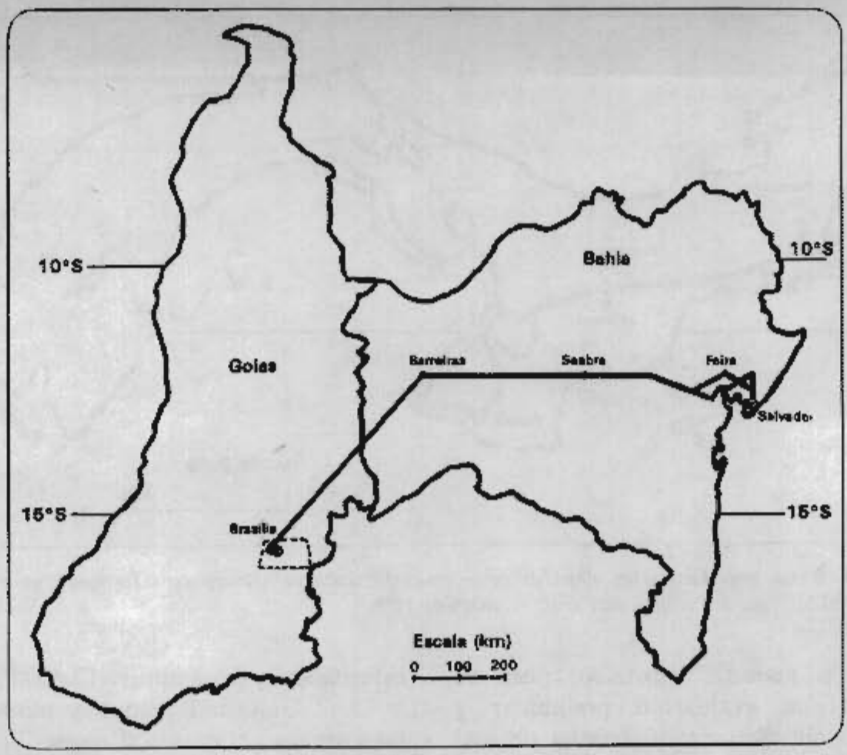


Figura 8. Rutas seguidas en los viajes de colección sistemática de germoplasma forrajero, en Brasil (CIAT/CENARGEN-EMBRAPA), setiembre-octubre de 1978.

Evaluación Preliminar del Germoplasma

Las evaluaciones preliminares del germoplasma en CIAT-Quilichao hechas durante el año, realizadas desde octubre de 1977, dieron los siguientes resultados:

• Entre 53 accesiones de *Zornia* spp. se seleccionaron 7, las cuales probaron ser más vigorosas o tan vigorosas como el testigo (CIAT 728) (Cuadro 3). Todos los siete ecotipos son nativos de los Llanos Orientales de Colombia y fueron colectados allí. El Comité de Germoplasma del Programa clasificó el material seleccionado en la Categoría 2.

• Se seleccionaron entre 13 accesiones de *Centrosema* spp. 3 que fueron superiores al testigo (CIAT 438) (Cuadro 4). Dos de ellas son materiales genéticamente mejorados, introducidos de Brasil (*Centrosema pubescens* CIAT 5122 y CIAT 5124), obtenidos por el Dr. Aryno Serpa, Unidade de Execucão de Pesquisa de Ambito Estatual (UEPAE) en Itaguaí. El ecotipo más sobresaliente fue CIAT 5065, una accesión colectada en una expedición realizada en 1977 en los Llanos Orientales de Colombia.

• Dentro de un grupo de 26 accesiones de varias especies de *Aeschynomene*, se observó una amplia variación en lo que respecta al tipo de planta, longevidad, hábito de crecimiento, capacidad de producción foliar, resistencia a la sequía y adaptación al Ultisol (pH 4.0, en las parcelas de introducción) de CIAT-Quilichao. Las especies *Aeschynomene*

Cuadro 1.

Introducción de germoplasma forrajero a través de colecciones directas e intercambio con otras instituciones, durante 1978, y número total de accesiones en el banco de germoplasma de forrajes, hasta noviembre 1, 1978.

Géneros	Introducciones hechas durante 1978						Total de accesiones en el banco
	Colecciones directas			Colecciones ocasionales	Intercambio	Total	
	Panamá	Venezuela	Brasil				
Stylosanthes	39	57	190	43	53	382	1204
Desmodium	56	42	33	68	32	231	670
Zornia	21	29	76	27	22	175	316
Aeschynomene	32	36	46	30	16	160	255
Macroptilium/ Vigna	21	24	14	44	42	145	401
Centrosema	21	37	23	18	38	137	325
Galactia	12	25	18	26	7	88	168
Arachis			1		2	3	48
Leguminosas misceláneas[1]	111	83	48	104	47	393	1110
Gramíneas				3	157	160	284
Total	313	333	449	363	416	1874	4781

1 *Calopogonium, Pueraria, Teramnus, Glycine, Rhynchosia, Cassia, Crotalaria, Tephrosia, Eriosema, Clitoria, Indigofera, Leucaena* y otras.

Cuadro 2.

Germoplasma forrajero, en la etapa de multiplicación inicial de semilla, para el mantenimiento de la colección y para estudio, durante 1978.

Género	No. de accesiones
Stylosanthes	469
Desmodium	247
Zornia	178
Aeschynomene	107
Macroptilium/ Vigna	176
Centrosema	125
Galactia	72
Arachis	47
Leguminosas misceláneas[1]	289
Gramíneas[2]	248
Total	**1958**

1 *Calopogonium, Pueraria, Teramnus, Glycine, Rhynchosia, Cassia, Crotalaria, Tephrosia, Eriosema, Clitoria, Indigofera, Leucaena,* y otras.
2 También, para evaluación preliminar.

histrix, A. brasiliana y *A. paniculata,* las cuales hasta el momento son desconocidas en cuanto a su comportamiento agronómico, se identificaron como especies forrajeras potencialmente promisorias para las condiciones de los suelos ácidos. Se seleccionaron cuatro accesiones (CIAT 9665, 9666, 9681 y 9690) para su evaluación posterior en la Categoría 2.

• Después de un año de observaciones, ninguna de las 31 accesiones de varias especies de *Macroptilium* y *Vigna* presentaron buena adaptación a las condiciones de CIAT-Quilichao. La mayoría de las accesiones se comportaron como anuales y aquellas con un ciclo de vida más largo, fueron severamente afectadas por enfermedades fungosas y bacteriales. Además, durante 1978, se establecieron nuevas parcelas de evaluación preliminar con un total de 804 accesiones de 10

Cuadro 3.

Evaluación preliminar de 54 accesiones de *Zornia* spp. por su vigor/productividad, según evaluaciones hechas mensualmente, en CIAT-Quilichao.

CIAT No.	Origen	Establecimiento	Vigor promedio durante: 1era estación seca	Rebrote	2nda estación seca	Observaciones
728	Meta, Col.	3.0	3.0	3.0	3.0	Testigo
9203	Meta, Col.	1.3	2.0	2.2	2.0	
9214	Meta, Col.	1.3	2.0	2.4	2.0	
9215	Meta, Col.	2.0	1.5	2.0	3.0	
9220	Meta, Col.	4.0	4.0	3.4	3.0	Seleccionada
9225	Meta, Col.	2.7	2.0	3.0	3.0	
9245	Meta, Col.	3.0	3.0	4.0	3.0	Seleccionada
9258	Meta, Col.	3.7	3.0	4.6	4.0	Seleccionada
9260	Meta, Col.	3.7	4.0	4.4	4.0	Seleccionada
9270	Meta, Col.	4.0	4.0	4.6	4.0	Seleccionada
9286	Meta, Col.	3.0	3.0	4.0	4.0	Seleccionada
9295	Meta, Col.	3.7	4.0	3.8	4.0	Seleccionada
9164	Vichada,Col.	1.3	2.0	2.0	1.0	
9179	Vichada,Col.	3.0	4.0	3.0	4.0	
9278	Vichada, Col.	1.3	2.0	2.0	2.0	
9190	Valle, Col.	3.7	3.0	2.2	2.0	
9518	Valle, Col.	2.3	2.0	1.6	1.0	
9559	Cauca, Col.	3.0	3.0	2.4	2.0	
9576	Cauca, Col.	3.3	4.0	3.4	2.0	
9577	Nariño, Col.	3.0	3.0	2.0	2.0	
9304	Tolima, Col.	4.0.	3.0	2.2	2.0	
9307	Amazonas, Brasil	2.0	2.0	1.8	2.0	
9208	Amazonas, Brasil	2.0	1.5	1.0	1.0	
9309	Dist. Federal, Brasil	2.3	2.0	1.4	1.0	
9646	Goiás, Brasil	1.3	2.0	2.0	2.0	
5 acces.	Mato Grosso, Brasil	2.7-3.3[2]	0	0	0	Ecotipos anuales
24 acces.	Mato Grosso, Brasil	1.3-2.7	1.0-3.0	1.2-2.8	1.0-2.0	

1 Puntajes (evaluaciones) de 0 a 5 hechas en comparación con la accesión testigo CIAT 728: 0 = plantas muertas; 1 = mucho menos vigor que el testigo; 2 = menos vigor; 3 = mismo vigor; 4 = más vigor y 5 = muchos más vigor que el testigo.

2 Rango entre el puntaje individual más bajo y el más alto.

géneros (Cuadro 5). En estos experimentos se dio énfasis especial a los géneros y especies que ya se habían identificado como promisorios para el Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne.

Herbario de Referencia

Se continuó el desarrollo de un herbario de referencia, colección cuyo número de especímenes aumentó a 491 muestras

Cuadro 4.

Evaluación preliminar de 14 accesiones de *Centrosema* spp., por su vigor/productividad, según evaluaciones mensuales hechas en CIAT-Quilichao.

CIAT No.	Origen	Establecimiento	Vigor promedio durante: 1era estación seca	Rebrote	2nda estación seca	Observaciones
438	Híbrido	3.0	3.0	3.0	3.0	Testigo
5122	Híbrido	5.0	4.0	4.0	4.0	Seleccionada
5123	Híbrido	3.0	2.0	3.0	3.0	
5124	Híbrido	5.0	4.0	4.0	4.0	Seleccionada
5052	Vichada, Col.	3.7	4.0	3.0	2.0	
5063	Meta, Col.	2.7	3.0	2.5	2.0	
5065	Meta, Col.	4.0	4.0	4.5	5.0	Seleccionada
5105	Cauca, Col.	2.3	2.0	2.3	2.0	
5106	Cauca, Col.	2.7	3.0	3.0	2.0	
5130	Valle, Col.	2.7	2.0	2.0	2.0	
5125	Antioquia, Col.	3.3	3.0	2.8	2.0	
5109	Mato Grosso, Brasil	3.0	3.0	3.0	2.0	
5111	Mato Grosso, Brasil	1.7	1.0	0	0	
5114	Mato Grosso, Brasil	2.7	3.0	3.0	2.0	

1 Para los puntajes de evaluación del vigor, ver el pie de cuadro 1 del Cuadro 3.

Cuadro 5.

Germoplasma de leguminosas forrajeras sometidas a evaluaciones preliminares, en CIAT-Quilichao, durante 1978.

Especies	No. de accesiones
Stylosanthes capitata	87
Stylosanthes bracteata	20
Zornia spp.	231
Desmodium spp. (tipos erectos para pastoreo)	24
Desmodium barbatum	129
Aeschynomene spp.	36
Centrosema spp	43
Macroptilium/ *Vigna* spp.	62
Calopogonium spp.	82
Galactia spp.	79
Pueraria phaseoloides	11
Total	804

Cuadro 6.

Especímenes de plantas forrajeras tropicales, de vegetación de sabana, y de malezas, en el herbario de referencia del CIAT, hasta noviembre 1, 1978.

	No. de especímenes
Germoplasma de forrajes del CIAT	
Gramineae	51
Leguminosae	194
Vegetación de sabana	
Gramineae y Cyperaceae	35
Leguminosae	55
Otras familias	60
Malezas	96
Total	491

desecadas hasta octubre de 1978 (Cuadro 6). Una de las adquisiciones fue la colección de malezas previamente mantenida por la anterior Sección de Control de Malezas del CIAT.

Los planes para 1979 incluyen la disminución de las actividades de colección en el campo y la concentración de esfuerzos en la caracterización y catalogación de las accesiones existentes. Se espera que las actividades de colección aumenten nuevamente en 1980, particularmente en Africa y Asia Sur Oriental.

MEJORAMIENTO DE FORRAJES

El objetivo de la Sección de Mejoramiento de Forrajes es hacer cruzamientos para obtener combinaciones específicas de características deseables que no sean factibles de obtener mediante la exploración de plantas. En 1978, los cruzamientos iniciales se enfocaron hacia: 1) la recombinación de ciertas características deseables de *Stylosanthes capitata;* y 2) la introducción y fortalecimiento de la tolerancia a los suelos ácidos en *Centrosema, Leucaena* y *Panicum maximum*.

Sólo unas pocas de las combinaciones dialélicas (aproximadamente 6 de 78) no se han obtenido aún mediante cruzamiento. Se están cultivando las plantas F_1 y algunas ya están produciendo semilla F_2. Se espera que para febrero de 1979 haya disponibilidad de semilla F_2 de todas las combinaciones dialélicas para sembrar poblaciones de estos materiales en CIAT-Quilichao. Las poblaciones de plantas de esta leguminosa serán luego mezcladas con *Andropogon gayanus* y las selecciones de las asociaciones establecidas se harán bajo el criterio de un pastoreo periódico.

Stylosanthes capitata

Se seleccionaron 12 ecotipos promisorios de *S. capitata* en colaboración con los agrónomos de leguminosas para su inclusión en un programa de cruzamientos de dialelos medios. Los ecotipos representan una variedad de características de vigor, madurez, producción de semilla y adaptación. El objetivo es combinar un alto rendimiento y producción de semilla, una buena habilidad para crecer durante la estación seca, una nodulación activa, una alta resistencia a la antracnosis y al barrenador del tallo y una buena adaptabilidad a los suelos con valores de pH entre 4.2 y 6.0. Es interesante observar que los ecotipos de Brasil Central no presentan tolerancia a los mayores pH, en tanto que los ecotipos de Venezuela utilizados en el programa son tolerantes.

Centrosema pubescens

Se seleccionaron ocho ecotipos diferentes de *Centrosema* (uno de ellos resultó no ser *Centrosema pubescens)* con base en su vigor y tolerancia, en un experimento realizado en materos, con un Oxisol de Carimagua (pH 4.5, 90% de saturación de Al). Estos materiales se incluyeron en un programa de cruzamiento dialélico medio para combinar el vigor y la tolerancia al pastoreo (en asocio de una gramínea apropiada) y al ataque de insectos y enfermedades, con alta tolerancia a suelos muy ácidos, como también adaptabilidad a los suelos con un pH más alto. Con el propósito de superar el lento crecimiento temprano de *Centrosema*, la nodulación activa en etapas tempranas y la eficiente absorción de P serán criterios de selección de mucha importancia.

En 1978 se hizo una serie de cruzamientos; se espera disponer en febrero de 1979 de suficiente semilla F_2 para cultivar poblaciones de plantas en CIAT-Quilichao y evaluarlas con *A. gayanus*, bajo condiciones de pastoreo periódico.

Leucaena

En un experimento en materos con un Oxisol de Carimagua se seleccionaron, por su vigor y tolerancia, poblaciones de progenies fértiles de varios retrocruzamientos entre *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham), con 104 cromosomas, y *Leucaena pulverulenta*, con 56 cromosomas. Como testigo se utilizó una serie de plantas que no presentaron tolerancia y se seleccionó una diversidad de plantas promisorias bien noduladas, con un desarrollo radical vigoroso. En un Oxisol de Carimagua también se cultivaron seis variedades de *L. leucocephala*.

Todas las plantas de *Leucaena* obtenidas de estos experimentos se están cultivando actualmente en CIAT-Palmira con el fin de adelantar estudios sobre obtención de forraje apto para el consumo (con niveles bajos de mimosina) y sobre producción de semilla, niveles de mimosina y número de cromosomas. La obtención de suficiente cantidad de semilla para seleccionar grandes poblaciones por su tolerancia a la acidez, en un sistema de cultivo en arena, es un objetivo que se persigue. Se espera que algunas de las plantas vigorosas de las selecciones preliminares obtenidas en el suelo de Carimagua presenten una combinación de alta producción de forraje apto para el consumo y alta tolerancia a los suelos ácidos. Las líneas seleccionadas de este material se cultivarán en CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia.

Desmodium ovalifolium

Para que haya formación de semilla en *Desmodium ovalifolium* las flores deben liberar repentinamente el estigma, lo cual ocurre simultáneamente con las anteras y por lo tanto, es posible que sus poblaciones de plantas varíen en alguna medida. En el sistema de cultivo en arena se está adelantando una selección preliminar de una gran población de *D. ovalifolium* por su tolerancia a la acidez.

Se ha obtenido una serie de introducciones de *D. heterocarpon* para hacer estudios sobre cruzamientos. Puede ser posible incorporar una mayor resistencia a la sequía y una mejor producción de semilla en la accesión CIAT 350 de *D. ovalifolium*, la cual se asocia muy bien con *Brachiaria decumbens*. Mediante el mejoramiento genético se podría aumentar considerablemente el rango de adaptabilidad de esta valiosa leguminosa, cuya adaptación al Cerrado de Brasil sería de mucha importancia.

Panicum maximum

En CIAT-Palmira se sembraron plantas sexuales propagadas de una selección hecha por el Dr. Wayne Hanna, Coastal Plain Research Station, Tifton, Georgia, Estados Unidos. Además, se dispone de varias poblaciones de plantas derivadas de semilla cruzada, proveniente de la misma estación. En el mismo bloque, se han establecido también plantas de cada una de las introducciones de *P. maximum* que hay disponibles en el CIAT.

Se están haciendo varios cruces, utilizando como donadores de pólen las introducciones de *P. maximum* que presentan una mejor apomixis (por ejemplo, Mukueni) y al material sexual, como hembras. Se está produciendo suficiente semilla cruzada y pronto se intentará la germinación de algunas de ellas. La semilla de *P. maximum* presenta

un período de latencia de varios meses pero es posible romperla mediante la germinación en platos de Petri con 0.2 por ciento de KNO_3. Se cultivarán poblaciones de plantas obtenidas de estos cruzamientos para luego: 1) seleccionar por tolerancia a las condiciones de acidez (bajo pH, alto Al, bajo Ca, bajo P) en el sistema de cultivo en arena; 2) seleccionar por tolerancia a la sequía y por su crecimiento durante la estación seca; y 3) seleccionar por resistencia a las enfermedades. Una vez que se identifique una planta apomíctica superior, esta característica quedará "fija" debido a la naturaleza de la apomixis. Después, se podrá multiplicar y evaluar sin que haya retrasos.

En Carimagua y en colaboración con la Sección de Agronomía de Gramíneas se está evaluando una serie de selecciones de las poblaciones obtenidas de la semilla cruzada proveniente de la Coastal Plain Station, por su resistencia a la sequía y con otras características ventajosas. Se está investigando un método citológico para identificar rápidamente plantas sexuales y apomícticas, en poblaciones híbridas. Este método evitará la necesidad de hacer pruebas de progenie, las cuales requieren mucho tiempo.

AGRONOMIA DE LEGUMINOSAS

En 1978 se continuaron las actividades de evaluación de ecotipos de germoplasma de leguminosas promisorias en Carimagua y en CIAT-Quilichao, y se iniciaron en Brasilia con el arribo de los Agrónomos de Forrajes al Centro del Cerrado.

Como resultado de la evaluación sistemática de accesiones en parcelas de introducción, durante 1976-77, en Carimagua, se seleccionaron 32 líneas para observar su comportamiento bajo condiciones de pastoreo (Cuadro 7). Las accesiones que habían presentado un comportamiento sobresaliente fueron cultivadas en extensiones mayores. Se estableció un total de 12 ha con las líneas seleccionadas, en asociaciones con dos gramíneas *(Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus);* el pastoreo se inició en diciembre de 1977 utilizando un sistema flexible de carga animal, con un promedio de 3.5 animales/ha.

Los datos tomados durante 9 meses en esta área de pastoreo, como también en los experimentos de corte llevados a cabo paralelamente, confirman que *Zornia latifolia* (CIAT 728), *Desmodium ovalifolium* (CIAT 350) y varias accesiones de *Stylosanthes capitata* (CIAT 1019, 1078, 1097, 1315 y 1405) son leguminosas muy promisorias para las condiciones de los Llanos Orientales de Colombia y regiones similares.

Zornia latifolia

Entre cinco accesiones de *Zornia* spp., el ecotipo de floración tardía CIAT 728 *(Z. latifolia)* fue el más productivo en términos de producción de materia seca y de contenido de proteína (Cuadro 8). La superioridad de esta accesión no sólo fue evidente durante la fase del establecimiento sino también durante y después del pastoreo (Cuadro 9). El crecimiento activo, durante la estación seca, con una producción abundante de hojas nutricionalmente valiosas, es una de sus características más importantes (Figura 9). Ocasionalmente, los ataques causados por insectos y enfermedades ocasionan una defoliación severa pero las plantas se recuperan completamente en pocos días.

Cuadro 7.

Evaluación de accesiones de leguminosas en parcelas de introducción, en Carimagua.[1] (Resumen de líneas seleccionadas).

Especies	CIAT No.	Origen	Adaptación a factores edáficos adversos	Comportamiento durante la estación seca	Autopropagación	Tolerancia a enfermedades	Tolerancia a plagas	Producción de semilla	Productividad	Evaluación general[2]
Stylosantes										
humilis	1222	Maranhão, Bras.	2	3	4	1	3	4	2	b
	1303	Maranhão, Bras.	2	1	4	1	3	4	2	b
humata	147	Guárico, Ven.	2	2	3	1	1	2	2	b
	1040	Magdalena, Col	2	3	4	3	3	2	4	b
capitata	1007	CPI, Bras.	2	3	3	4	4	2	3	b
	1019	Minas Gerais, Bras.	4	3	4	4	4	4	2	a
	1078	Bahía, Bras.	4	4	2	2	3	2	2	a
	1097	Bahía, Bras.	2	4	2	2	3	2	2	a
	1315	Maranhão, Bras.	2	3	4	2	2	4	2	a
	1318	Maranhão, Bras.	2	3	4	2	2	4	2	a
	1323	Maranhão, Bras.	2	3	4	4	2	4	2	a
	1325	Maranhão, Bras.	2	3	2	2	3	2	2	b
	1328	Maranhão, Bras.	2	3	4	2	2	2	2	a
	1338	Piauí, Bras.	2	3	4	2	2	4	2	a
	1339	Piauí, Bras.	2	3	4	4	2	4	2	a
	1342	Piauí, Bras.	2	2	4	2	2	4	2	a
	1405	Mato Grosso, Bras.	2	3	2	2	2	2	3	b
bracteata	1281	Dist. Fed., Bras.	2	3	2	2	2	4	3	b
sp.	1093	Bahía, Bras.	2	4	3	2	2	3	1	b
Desmodium										
barbatum	3040	Maranhão, Bras.	4	2	1	2	2	2	2	b
	3063	Cauca, Col.	4	2	1	2	2	2	2	b
canum	367	Desconocido	3	3	3	2	4	2	3	b
	388	Bahía, Bras.	3	2	3	2	4	2	3	b
	3005	Guyana Fran.	3	2	1	4	4	2	3	b
	3033	Maranhão, Bras.	2	2	3	2	2	2	3	b
	3042	Monagas, Ven.	3	2	4	2	4	3	1	b
ovalifolium	350	Malasia	2	2	4	4	4	1	4	a
Zornia										
latifolia	728	Meta, Col.	4	4	4	3	3	2	2	a
sp.	802	Brasil	4	1	4	2	4	2	3	b
	883	Goiás, Bras.	4	3	4	2	2	2	2	b
	897	Mato Grosso, Bras.	4	3	4	2	2	2	2	b
Macroptilium sp.	535	Barinas, Ven.	3	4	3	3	2	4	4	b

1 Escala de evaluación: 4 = muy positivo al factor; 3 = positivo; 2 = intermedio; 1 = negativo.
2 Evaluación global: a = muy promisoria; b = promisoria.

Cuadro 8.

Rendimientos de materia seca, contenido de proteína (% de N x 6.25) y rendimientos de proteína de cinco accesiones de *Zornia*, en Carimagua 6 meses después de la siembra).

CIAT No.	MS (kg/ha)	Proteína (%)	Proteína (kg/ha)
728	4917	16.3	801.5
883	3564	10.9	388.5
897	3389	11.4	386.3
802[1]	1883	9.2	173.2
814[1]	617	9.8	60.5

1 Ecotipos anuales.

Desmodium ovalifolium

Después de un crecimiento inicial más bien lento, *D. ovalifolium* 350 tiene un gran potencial para producir materia seca durante la estación de lluvias y el inicio de la estación seca, superando en rendimiento a otras especies promisorias, como *S. capitata*. Sin embargo, más adelante en la estación seca, la producción de *D. ovalifolium* decae drásticamente debido a la defoliación (Figura 10). Esta falta de resistencia a la sequía muy severa limita su potencial a las áreas que tienen una estación seca no mayor de 3 a 4 meses. Sin embargo, el rebrote y la producción de materia seca nutritiva se inician inmediatamente después del comienzo de la estación lluviosa y el rebrote es más rápido que en el caso de *S. capitata* (Figura 11).

Debido a su hábito de crecimiento estolonífero, *D. ovalifolium* es lo suficientemente agresivo para su establecimiento en asociación con gramíneas postradas estoloníferas, como *Brachiaria decumbens*, cuya capacidad para desplazar leguminosas es bien conocida. La Figura 12 muestra que, bajo corte, es posible mantener mezclas estables de gramíneas/leguminosas con *B. decumbens* y *D. ovalifolium*. En mezclas con una gramínea que crece formando un copete ("copetudas"), como es el caso de *A. gayanus*, la persistencia de *D. ovalifolium* indica una buena tolerancia al sombrío. Sin embargo, bajo pastoreo y como consecuencia de una aparente mayor apetecibilidad de *A. gayanus* durante la estación de lluvias, *D. ovalifolium* tiende a dominar a la gramínea. Sin embargo, bajo condiciones de pastoreo se logró mantener una mezcla estable de gramíneas/leguminosas con *B. decumbens* (Cuadro 10).

Entre seis accesiones de *Desmodium* evaluadas en mezclas con *B. decumbens*, *B. humidicola*, *A. gayanus* y *Panicum maximum*, bajo las condiciones de CIAT-Quilichao, *D. ovalifolium* 350 fue la

Cuadro 9.

Disponibilidad de forraje de cinco accesiones de *Zornia*, bajo pastoreo, en Carimagua.

CIAT No.	Dic. 1977 (antes del primer pastoreo)	Set. 1978 (después del último pastoreo)	Oct. 1978 (después de un período de descanso de 4 semanas)
	Materia seca (kg/ha)		
728	4917	848	1990
883	3564	203	516
897	3388	425	723
802[1]	1883	493	1493
814[1]	617	-	-

1 Ecotipos anuales.

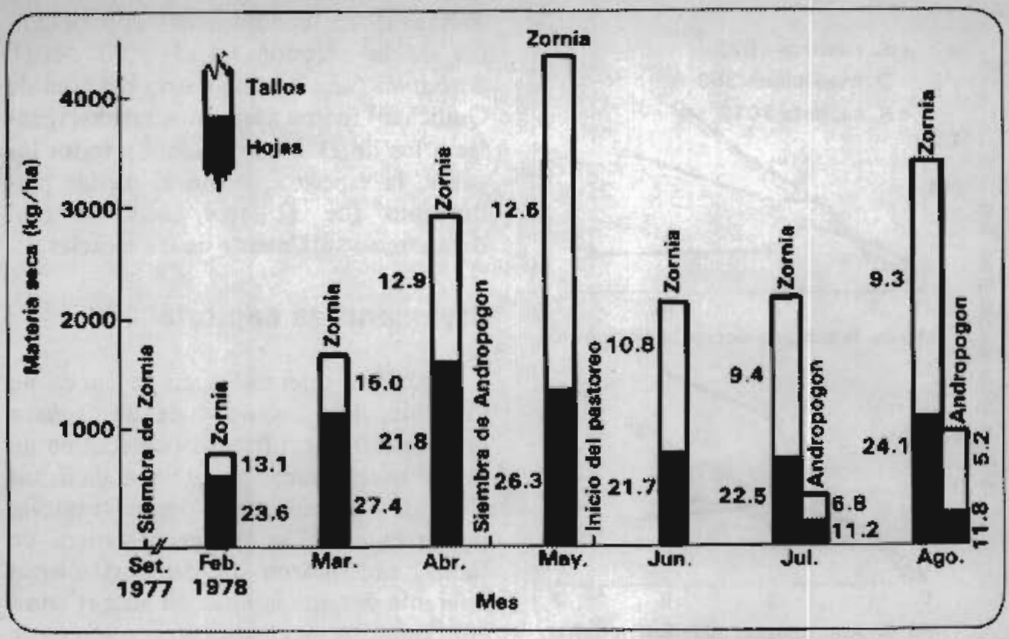


Figura 9. Rendimiento de materia seca de hojas y tallos de *Zornia latifolia* CIAT 728 en asociación con *Andropogon gayanus*, durante su establecimiento en Carimagua. (Las cifras junto a las barras representan los porcentajes de proteína.)

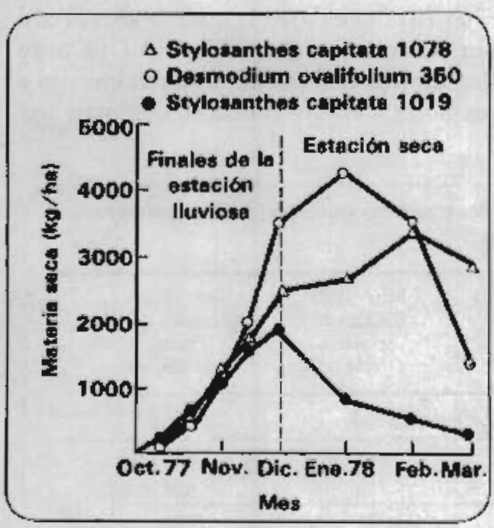


Figura 10. Producción de materia seca de tres accesiones de leguminosas seleccionadas, en siembras puras, durante ocho períodos de crecimiento secuenciales, después de un corte para estandarizar la población, al final de la estación lluviosa, en Carimagua.

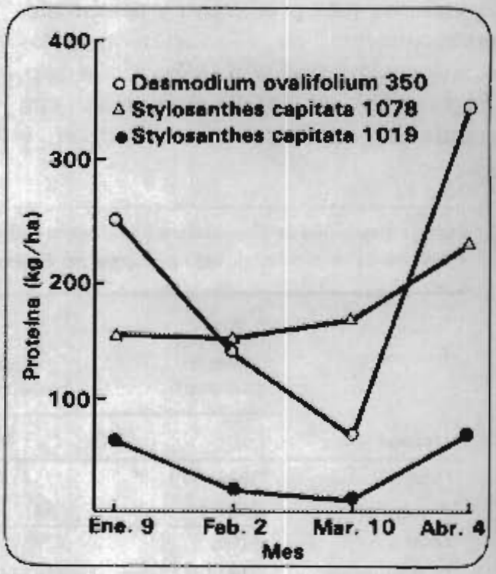


Figura 11. Cambios en el rendimiento de proteína, en inflorescencias/fructificaciones y hojas, de tres leguminosas seleccionadas, en siembras puras, durante la estación seca (enero-marzo) y al comienzo de la estación de lluvias (abril), en Carimagua.

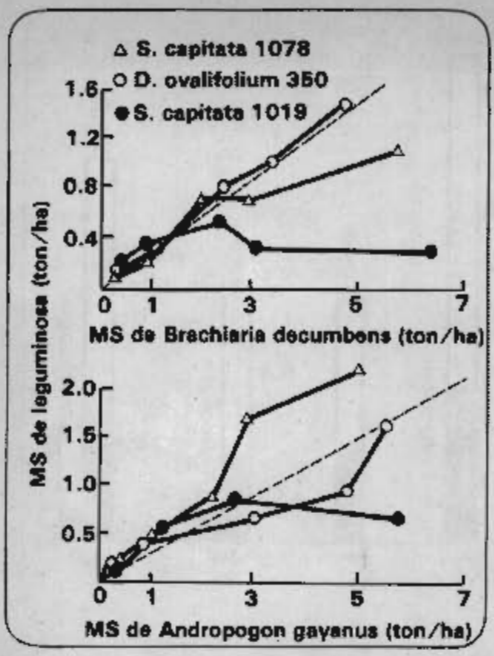


Figura 12. Relación entre tres accesiones de leguminosas seleccionadas y dos gramíneas *(Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus),* en siembras mixtas, en Carimagua.

leguminosa más productiva y persistente, principalmente en asociación con las accesiones postradas de *Brachiaria* spp. (Figuras 13 y 14). En mezclas con gramíneas copetudas *(Andropogon* y *Panicum),* los rendimientos y la persistencia de la accesión CIAT 3063 de *D. barbatum* (una especie nativa del área de Quilichao) fueron aproximadamente iguales a los de *D. ovalifolium.* En todos los casos, la especie que dio el menor rendimiento fue *D. scorpiurus,* la cual desapareció totalmente de las mezclas.

Stylosanthes capitata

Según las diferencias en la época de floración, los dos tipos de *S. capitata* previamente identificados (un ecotipo de floración temprana, proveniente de Brasil Central, y un ecotipo de floración tardía, proveniente de la región costanera de Bahía) presentaron un comportamiento diferente durante la estación seca (Figura 10). También, se identificaron ecotipos de floración intermedia.

El ecotipo de floración temprana CIAT 1019 deja de crecer al inicio de la estación seca y sus inflorescencias caen (las cuales, al final de la estación lluviosa, representan el 60-70 por ciento de la materia seca total); por el contrario, el ecotipo CIAT 1078, de floración tardía, continúa su crecimiento y sus hojas e inflorescencia representan una

Cuadro 10.

Forraje disponible de *Desmodium ovalifolium* 350 y de dos gramíneas asociadas (*Andropogon gayanus* y *Brachiaria decumbens*), bajo pastoreo, en Carimagua.

Especies	Dic. 1977 (antes del primer pastoreo)	Ene. 1978 (después del primer pastoreo)	Mar. 1978 (finales de estación seca)	Set. 1978 (después del último pastoreo)
	Materia seca (kg/ha)			
D. ovalifolium	3639 (59)[1]	1854 (77)	680 (68)	2660 (74)
A. gayanus	2527	541	318	929
Total	6166	2395	998	3589
D. ovalifolium	2147 (28)	1107 (45)	853 (41)	2390 (56)
B. decumbens	5429	1332	1196	1845
Total	7576	2439	2049	4235

1 Los números entre paréntesis corresponden al porcentaje de materia seca de las leguminosas en la vegetación forrajera establecida.

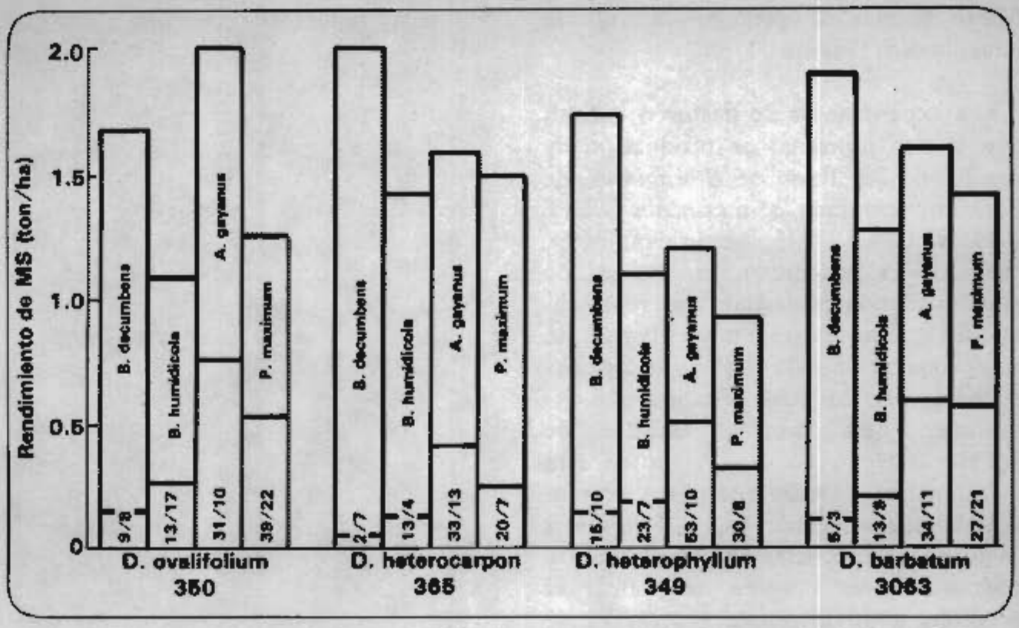


Figura 13. Rendimientos de materia seca (medias de cuatro cortes), de cuatro especies de *Desmodium*, en siembras mixtas con cuatro gramíneas, bajo un régimen de corte de 6 semanas, en CIAT-Quilichao. (Las cifras en la base de las barras corresponden al porcentaje de leguminosas en el primero y último cortes).

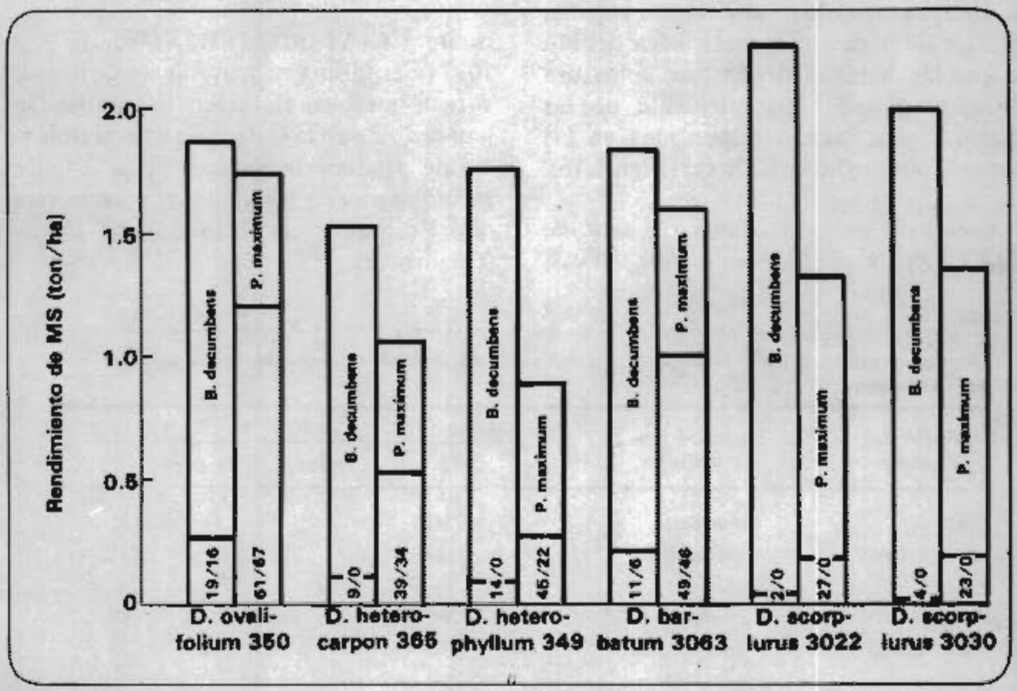


Figura 14. Rendimientos de materia seca (media de cuatro cortes) de seis accesiones de *Desmodium*, en siembras mixtas con *Brachiaria decumbens* y *Panicum maximum*, bajo un régimen de corte de 6 semanas, en CIAT-Quilichao. (Las cifras en la base de las barras corresponden al porcentaje de leguminosas en el primer y último cortes).

fuente valiosa de proteína durante la estación seca (Figura 11).

Los experimentos de pastoreo indican que el alto potencial de producción de semilla de los tipos de *S. capitata*, de floración temprana e intermedia (CIAT 1019 y CIAT 1315, respectivamente), mediante la generación espontánea de grandes cantidades de plántulas, representa un importante mecanismo de autopropagación de estas accesiones (Cuadro 11), lo cual contribuye a establecer una mezcla estable de gramíneas/leguminosas. Aunque esta característica pareciera también presentarse en una asociación con *B. decumbens* (Figura 15), las conclusiones finales sólo se podrán obtener después de evaluar la persistencia de la nueva generación de plantas. Hasta la fecha, las observaciones indican que es factible mantener una mezcla estable con *A. gayanus*. Además de su alto potencial de producción de semilla, *S. capitata* tiene otra característica: debido a que las semillas tienen una cobertura dura, el ganado aparentemente no las puede digerir siendo dispersadas en los campos por medio de las heces (Figura 16).

Con base en estos datos, *Z. latifolia* CIAT 728, *D. ovalifolium* CIAT 350 y *S. capitata* CIAT 1019, 1315, 1405, 1078 y 1097 (esta última es proveniente de Brasil, y tiene también floración temprana), se han incluido en la Categoría 4 (experimentos de producción animal) de la lista de germoplasma de leguminosas promisorias del Programa de Ganado de Carne (Cuadro 12).

Figura 15. Autopropagación de *Stylosanthes capitata* por medio de plántulas, en una siembra mixta con *Brachiaria decumbens*, bajo pastoreo, en Carimagua.

Cuadro 11.

Autopropagación de tres ecotipos de *Stylosanthes capitata* asociados con dos gramíneas, bajo pastoreo, en Carimagua.

Accesión de *S. capitata*	En asociación con	Marzo 1978	Junio 1978	Set. 1978
		(plántulas/m²)		
1019	*Brachiaria*	2341	165	135
(temprana)	*Andropogon*	1188	187	141
1315	*Brachiaria*	266	116	68
(intermedia)	*Andropogon*	140	56	35
1078	*Brachiaria*	0	0	5
(tardía)	*Andropogon*	0	0	8

Figura 16. Autopropagación de *Stylosanthes* por medio de las heces de los bovinos, en Carimagua.

Se iniciaron evaluaciones de nuevo germoplasma (material colectado o introducido en 1977), mediante el establecimiento de parcelas de introducción sembradas a baja densidad, con un total de 350 accesiones nuevas. Después de hacer observaciones iniciales sobre su adaptación al ambiente de Carimagua, estas accesiones se someterán posteriormente a la presión del pastoreo.

Stylosanthes guianensis

Se continuaron los experimentos de evaluación de accesiones de *S. guianensis* en praderas mixtas, bajo corte y pastoreo, en CIAT-Quilichao y en El Limonar (cerca a Quilichao), con germoplasma que previamente se había identificado como potencialmente promisorio para las condiciones de Quilichao.

El ensayo de pastoreo con dos accesiones de *S. guianensis* (CIAT 136 y 184) en mezclas con *B. decumbens, A. gayanus, Hyparrhenia rufa* y *P. maximum*, entró en su tercer año (segundo año bajo pastoreo) de evaluación. Como los primeros 2 años fueron extremadamente secos, la antracnosis no había sido problema. Sin embargo, en 1978, se presentó un brote severo de esta enfermedad. Además, a medida que las plantas de *S. guianensis* envejecieron, las infestaciones del barrenador del tallo aumentaron considerablemente. Como consecuencia de estos factores adversos, las plantas de ambas accesiones tendieron a desaparecer. Esta tendencia fue más marcada para CIAT 136 que para CIAT 184 y más acentuada en mezclas con *B. decumbens* y *A. gayanus* que con las otras dos gramíneas menos vigorosas (Figura 17). En consecuencia, se han descontinuado las evaluaciones de estas accesiones en sitios en donde la antracnosis y el barrenador del tallo son importantes. Conviene anotar que se requieren 2 años de pastoreo para determinar la persistencia de estas leguminosas.

Lógicamente, estos resultados produjeron la baja de *S. guianensis* en la lista de categorías promisorias del Programa pero tal descenso no significa que se haya descartado totalmente esta especie. Los trabajos futuros con esta leguminosa forrajera se concentrarán en los ecotipos de floración tardía y tallo delgado, los cuales han mostrado tener una buena tolerancia a la antracnosis y a la sequía (Informe Anual del CIAT, 1977, p. A-24). Según las evaluaciones preliminares, estos ecotipos de *S. guianensis* están mostrando también un comportamiento promisorio en el Centro del Cerrado.

El Híbrido 438 de Centrosema

El experimento sobre pastoreo con *Centrosema*, el cual incluye cinco accesiones, entró en su segundo año bajo pastoreo en mezclas con *A. gayanus* en El Limonar. Con la excepción de la accesión

Cuadro 12.

Accesiones de leguminosas forrajeras del CIAT clasificadas como promisorias en las Categorías 4 y 3 (materiales para ensayos de producción animal y presión de pastoreo, respectivamente), hasta noviembre 1, 1978.

Categoría	Especies	CIAT No.	Criterios de selección (los espacios en blanco significan comportamiento desconocido)													
			Adaptación a Carimagua	Adaptación a Quilichao	Autopropagación	Tolerancia a enfermedades	Tolerancia a insectos	Potencial de fijación de N	Potencial de producción de semilla	Tolerancia a la escases de agua	Tolerancia al Al y bajo P	Calidad nutricional	Facilidad de manejo	Producción animal	Persistencia bajo pastoreo
4	*Zornia latifolia*	728	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
	Desmodium ovalifolium	350	+	+	+	+	+	+	-	+	+				
	Stylosanthes capitata	1019	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
	Stylosanthes capitata	1078	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
	Stylosanthes capitata	1097	+	+	+	+	+		+	+	+				
	Stylosanthes capitata	1315	+	+	+	+	+		+	+	+				
	Stylosanthes capitata	1405	+	+	+	+	+		+	+	+				
	Pueraria phaseoloides	9900	(+)[1]	+	-	+	+	+		+	+				
3	*Centrosema* híbrido 17-33	438	-	+		+	+	+	+	+	+	+			
	Desmodium heterophyllum	349	(+)	+	+	+	+	+	+	-		+			
	D. (= Codarocalyx) gyroides	3001	(+)	+		+	+		+	+					
	Stylosanthes hamata	147	(+)	+	+	-	-		+	+	+				
	Stylosanthes capitata	1318	+	+	+	+	+		+	+	+				
	Stylosanthes capitata	1323	+	+	+	+	+		+	+					
	Stylosanthes capitata	1325	+	+	+	+	+		+	+					
	Stylosanthes capitata	1342	+	+	+	+	+		+	+					

1 Adaptada a un nivel de fertilidad más alto.

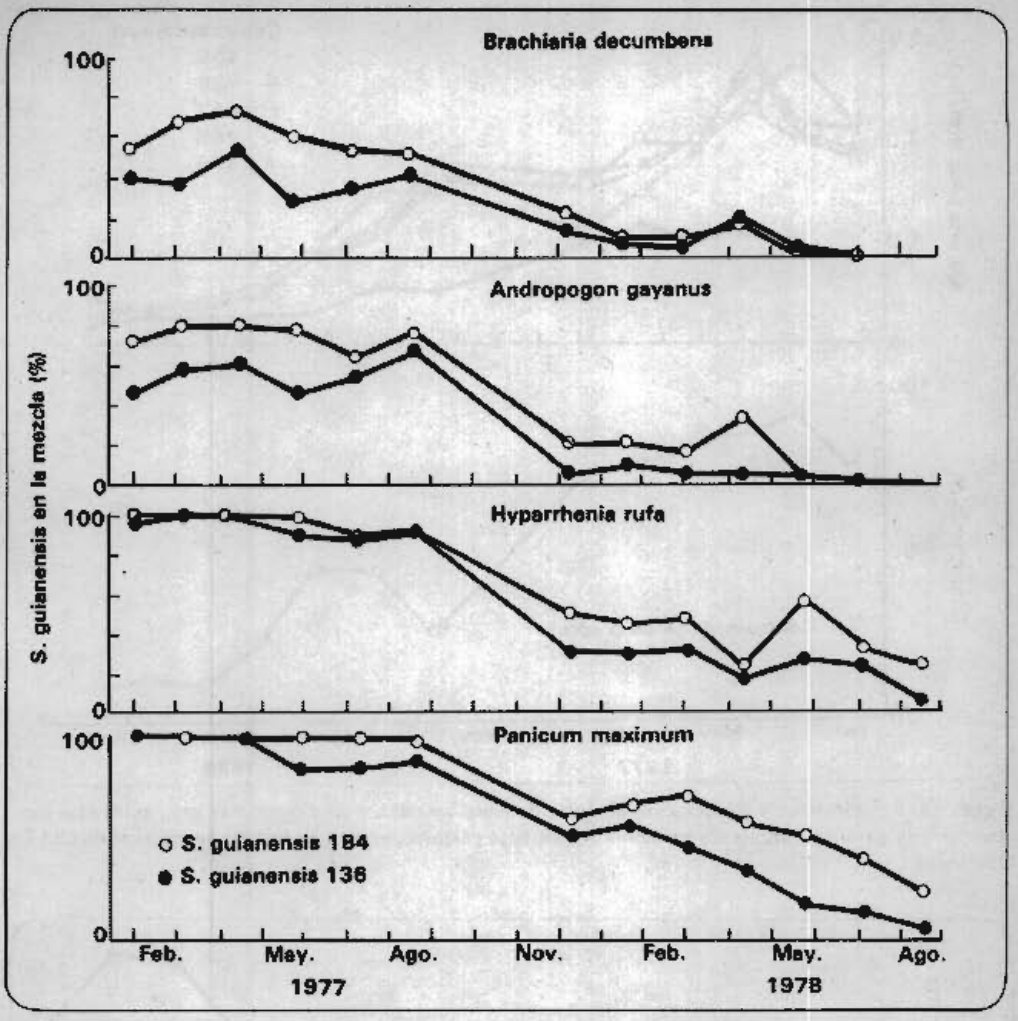


Figura 17. Composición botánica de dos accesiones de *Stylosanthes guianensis* spp., en asociación con cuatro gramíneas, durante los primeros 2 años bajo pastoreo, en El Limonar (en la cercanía de CIAT-Quilichao).

local CIAT 456, de bajo rendimiento, no se observaron diferencias entre las líneas evaluadas. Aunque el porcentaje de *Centrosema* disminuyó considerablemente durante el segundo año de pastoreo, las mezclas tendieron a estabilizarse a un nivel bajo del 10 por ciento en su composición botánica (Figura 18).

Un hallazgo interesante fue que *A. gayanus*, en asociación con *Centrosema*, presenta mayores contenidos de proteína que en asociación con *S. guianensis* (Figura 19). También, se observó una tendencia similar en un experimento de corte en el cual *Centrosema* presentó un contenido de proteína considerablemente mayor que *Z. latifolia* y *D. ovalifolium* (Cuadro 13).

En otro experimento de corte, en el cual se compararon las productividades de tres líneas de *Centrosema* en asociación con *A. gayanus* y *P. maximum*, una mezcla de los híbridos 438 y 442 superó en rendimiento a las otras dos accesiones en cualquier asociación (Cuadro 14).

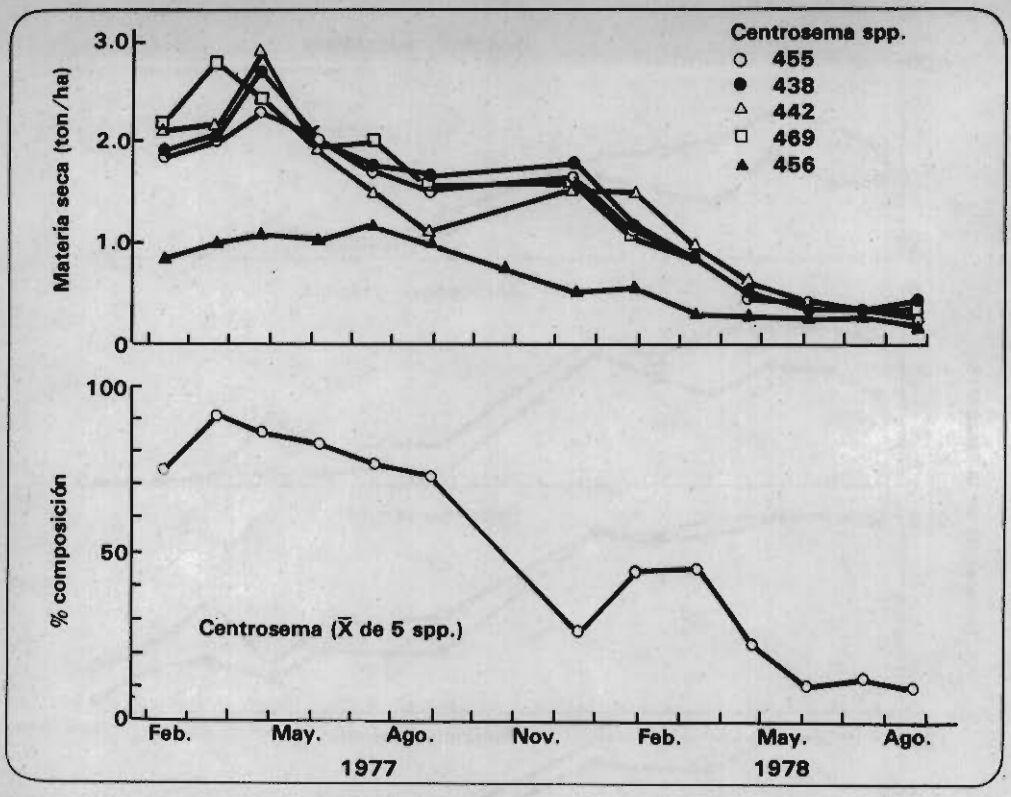


Figura 18. Rendimientos y composición botánica de cinco accesiones de *Centrosema* spp., cultivadas con *Andropogon gayanus* durante los primeros 2 años bajo pastoreo, en El Limonar (en la cercanía de CIAT-Quilichao).

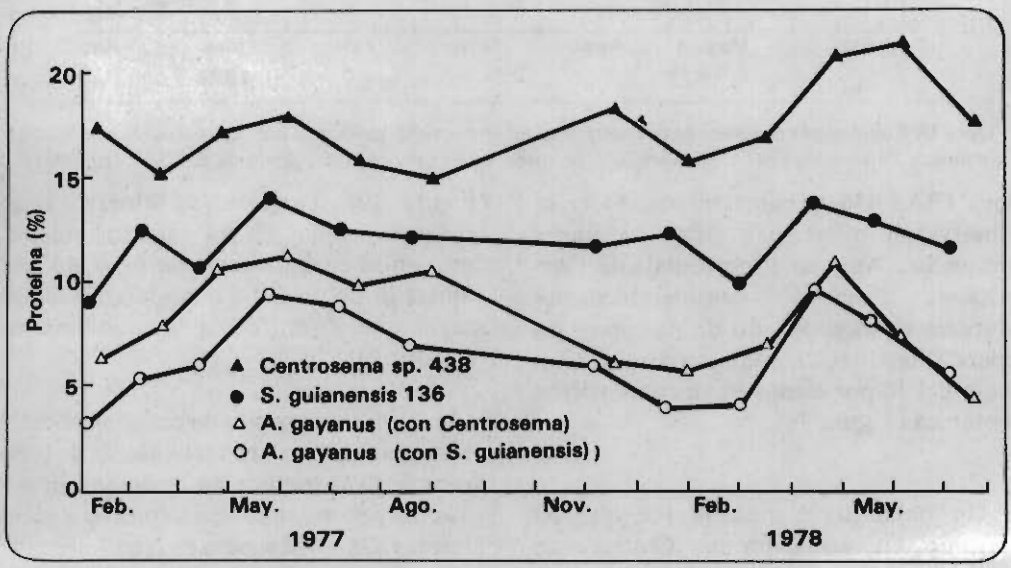


Figura 19. Contenido de proteína de *Centrosema* spp., *Stylosanthes guianensis* y *Andropogon gayanus* bajo pastoreo, en El Limonar (en la cercanía de CIAT-Quilichao).

Cuadro 13.

Contenido de proteína (% N x 6.25), en tres leguminosas en asociación con *Andropogon gayanus*, en CIAT-Quilichao. (Medias de seis cortes.)

Accesión	% de proteína del rebrote después de		
	4 semanas	6 semanas	8 semanas
Desmodium ovalifolium 350	13.0	11.8	12.1
Zornia latifolia 728	13.0	15.5	18.8
Centrosema sp. 845	20.5	21.6	22.1
Andropogon gayanus 621			
en asociación con:			
D. ovalifolium	11.3	9.2	8.1
Z. latifolia	11.5	9.4	8.1
Centrosema sp.	12.5	9.6	10.5

Leguminosas para Pastoreo

Las especies con hábito de crecimiento erecto, tales como *Desmodium (= Codarocalix) gyroides* 3001 y *Desmodium* sp. 3019 presentan un considerable potencial como plantas para el pastoreo. En un experimento de corte, establecido en CIAT-Quilichao, no se observaron efectos mayores del corte a diferentes alturas e intervalos de tiempo. En comparación con *Desmodium* sp. 3019, *D. gyroides* 3001 dio un rendimiento considerablemente mayor de materia seca pero con un contenido de proteína sólo un poco mayor. Durante un período de 40 semanas, ambas especies produjeron niveles muy altos (1000-1500 kg) de proteína/ha (Figura 20).

La leguminosa arbustiva *Leucaena* tiene la capacidad potencial de producir altos rendimientos de materia seca y de proteína cruda, en forma muy superior a las mejores especies herbáceas. Sin embargo, las experiencias anteriores con esta planta han mostrado que, en suelos ácidos, presenta una productividad deficiente. En consecuencia, se requiere aplicar grandes

Cuadro 14.

Producción de materia seca de tres líneas de *Centrosema* en mezcla con *Andropogon gayanus* y *Panicum maximum*, en CIAT-Quilichao.(Medias de cinco cortes).

Mezcla	Rendimiento de materia seca (kg/ha)			
	Gramínea	Leguminosa	Total	% de leguminosa
A. gayanus + CIAT 438/442	1244	258	1502	17
A. gayanus + CIAT 845	1188	148	1336	11
A. gayanus + CIAT 413	1463	110	1573	7
P. maximum + CIAT 438/442	775	357	1132	31
P. maximum + CIAT 845	714	189	903	21
P. maximum + CIAT 413	813	212	1025	21

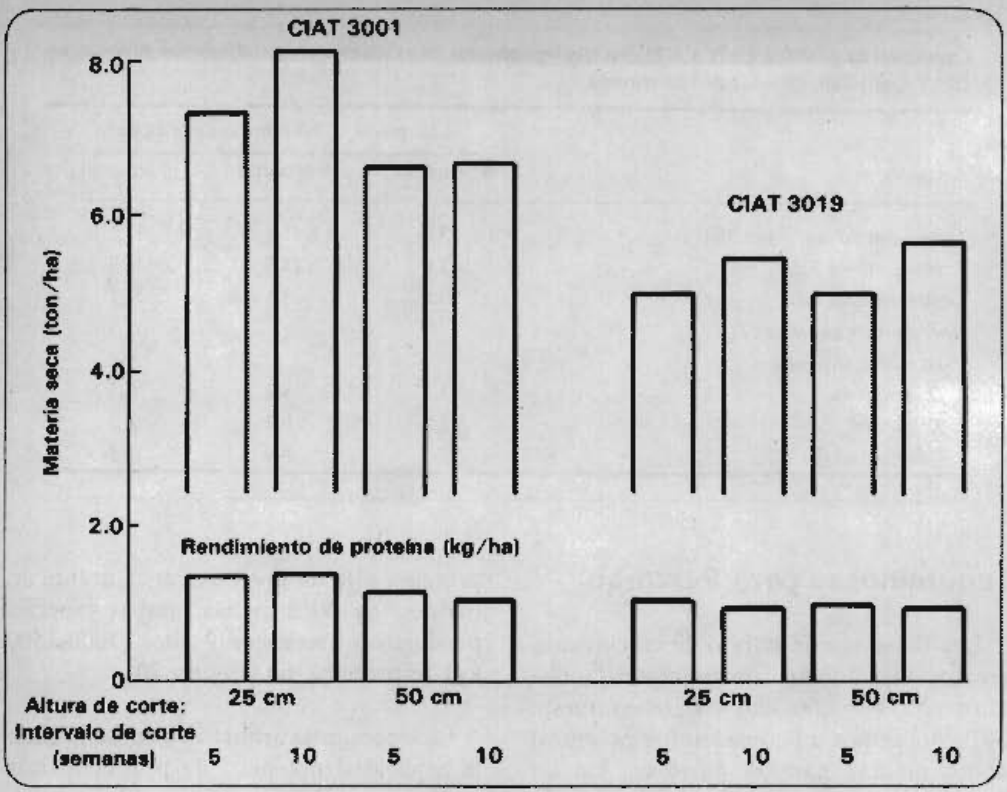


Figura 20. Rendimientos totales de materia seca y de proteína de dos especies de *Desmodium* para pastoreo, bajo diferentes regímenes de corte, durante un período de 40 semanas, en CIAT-Quilichao.

cantidades de cal para su establecimiento y mantenimiento. Tan pronto haya disponibilidad de semilla de poblaciones de *Leucaena leucocephala* x *L. pulverulenta* producida por la Sección de Fitomejoramiento de Forrajes, el Agrónomo del CIAT asignado al Centro del Cerrado, iniciará investigaciones para seleccionar líneas tolerantes a la acidez, que sean vigorosas y que tengan bajos niveles de mimosina. Seguramente, este nuevo material estará disponible para su evaluación en el Cerrado durante la estación de lluvias de 1979-80. Mientras tanto, se hará un intento por mejorar la productividad de los cultivares existentes utilizando una combinación de las técnicas de inoculación/revestimiento. Se inocularán tres cultivares importantes de *Leucaena* (Perú, Cunningham y Giant Hawaii) con nuevas cepas de *Rhizobium* colectadas en suelos ácidos y recubiertas con roca fosfatada o cal. Las actuales cepas comerciales de *Rhizobium* NGR 8 y CB 81 se utilizarán como testigos. Los tratamientos más promisorios se utilizarán como testigos contra los cuales se evaluarán nuevas líneas de *Leucaena*.

En el futuro se ampliarán los estudios de bacteriología de leguminosas para incluir la evaluación de campo de nuevas cepas de *Rhizobium* en luguminosas herbáceas. Sin embargo, primero será necesario identificar las especies promisorias antes de intentar el aumento de la productividad, mediante técnicas de inoculación y revestimiento.

Nuevas Actividades

A finales de 1978 se inició, en el Centro del Cerrado (proyecto colaborativo CIAT/CPAC-EMBRAPA), una evaluación sistemática de germoplasma en las Categorías 2, 3 y 4. En ensayos con tres repeticiones, se sembró un total de 352 accesiones de material de la Categoría 2 de *Stylosanthes, Aeschynomene, Calopogonium, Macroptilium, Centrosema, Galactia, Zornia, Pueraria, Desmodium, Teramnus, Vigna, Soemmeringia* y *Leucaena*. Se establecerán dos repeticiones (una bajo pastoreo) en mezcla con *A. gayanus* en un Latosol Rojo Oscuro (Oxisol) y una repetición en un Latosol Rojo Amarillo (también, un Oxisol). Estos dos tipos de suelo representan el 58 por ciento de los suelos del Cerrado. Durante la estación de lluvias, en 1979-80, se iniciará un programa similar con gramíneas, cuando el CIAT haya ampliado su colección de ecotipos de *Panicum* y *Andropogon*.

Se evaluaron bajo condiciones de pastoreo 14 leguminosas altamente promisorias las cuales han presentado buen comportamiento como materiales en la Categoría 3. Estas incluyen una línea de *S. guianensis* resistente a la antracnosis, cuatro líneas de *S. capitata* y *S. bracteata*, dos líneas de *Centrosema, D. ovalifolium* y *Z. latifolia*. En donde sea posible, se utilizarán como testigos variedades comerciales brasileras. Estas actividades marcan la iniciación de la tercera localidad básica de investigación del Programa de Ganado de Carne en la evaluación del germoplasma en el Centro del Cerrado.

Los nuevos experimentos, establecidos durante 1978 en CIAT-Quilichao, incluyen un proyecto de evaluación de *Macroptilium atropurpureum*, seleccionado para la tolerancia a los suelos ácidos en Australia y sembrado con *A. gayanus*.

Clasificación del Germoplasma

El esquema de clasificación del germoplasma, desarrollado por el Comité de Germoplasma del Programa de Ganado de Carne, siguió, en esencia, los criterios de selección establecidos en 1977 (Informe Anual del CIAT, 1977, p. A-16), con dos modificaciones: 1) la eliminación del criterio de selección "Adaptación a Suelos de Fertilidad Media" y "Adaptación a Suelos de Fertilidad Alta" y 2) la adición de un nuevo criterio, "Autopropagación" (AP). Con base en las experiencias obtenidas de la evaluación de germoplasma bajo pastoreo, se consideró que esta característica de la planta es importante para valorar la capacidad de las leguminosas forrajeras para sobrevivir y/o extenderse, bajo condiciones de pastoreo, en mezclas con gramíneas. La autopropagación puede ocurrir mediante el crecimiento estolonífero agresivo o el hábito de producir semilla libremente, junto con la germinación rápida de las semillas que caen al suelo o de las semillas que pasan por el tracto digestivo de los animales.

Con los datos esperados de las pruebas regionales del Programa y de los trabajos realizados en Brasilia, será necesario hacer cambios significativos en el esquema de clasificación para tener en cuenta las diferencias ambientales entre las diferentes localidades. Los planes para 1979 incluyen la cuantificación y subdivisión de varios criterios.

En el Cuadro 12 se presenta el estado actual del germoplasma promisorio incluido en las dos categorías más avanzadas (Categoría 3 — ensayos de presión de pastoreo — y Categoría 4 — ensayos de producción animal). Los espacios en blanco en los criterios de selección para el germoplasma de la Categoría 4 (en la cual se incluye a *Pueraria phaseoloides* como

un testigo comercial) se refieren principalmente a "Calidad Nutricional" y "Potencial de Fijación de Nitrógeno", los cuales se deben cuantificar. Sin embargo, las ganancias de peso vivo significativas, durante los diversos experimentos de pastoreo y en observaciones de campo sobre nodulación, indican que estos factores no son limitantes. Si el germoplasma de la Categoría 4 continúa mostrando buena persistencia, durante los actuales experimentos de pastoreo descritos en la Sección de Utilización de Pastos, en un futuro próximo se considerará su inclusión en el germoplasma de la Categoría 5 — cultivares de prelanzamiento.

En este momento no es posible predecir cuáles accesiones de las tres especies más promisorias — *Z. latifolia, D. ovalifolium* y *S. capitata* — serán las mejores bajo condiciones ambientales específicas. Se espera que el trabajo planeado para 1979, en las tres principales localidades de investigación y por toda el Area de Actuación en las pruebas regionales, proporcionen buena parte de la información requerida antes de iniciar el proceso de transferencia de tecnología.

AGRONOMIA DE GRAMINEAS

Las principales actividades de investigación de la Sección de Agronomía de Gramíneas, durante 1978, fueron: 1) determinar la tolerancia a la sequía, la respuesta a la defoliación, la respuesta a la fertilidad y la calidad nutricional de accesiones promisorias seleccionadas; 2) clasificar las accesiones de gramíneas, según su nivel relativo de consideración como promisorias; y 3) desarrollar técnicas para facilitar las futuras actividades de investigación. Los criterios para la clasificación de las accesiones de gramíneas se presentan en el Cuadro 17 (ver página B-45). El Cuadro 18 (ver página B-46) muestra las clasificaciones actuales con base en los resultados de 1978 reportados en esta sección.

Tolerancia a la Sequía

En CIAT-Quilichao se estudió la tolerancia a la sequía de 17 accesiones en las Categorías 3 y 4. La Figura 21 muestra la producción de materia seca de las 12 accesiones más importantes, cuyos datos corresponden al promedio de ocho tratamientos de fertilidad tomados al final de la estación lluviosa de abril-junio, y al principio y al final de la estación seca de junio-setiembre. Generalmente, las especies erectas fueron más productivas que las especies postradas a principios de la estación seca, probablemente debido a la menor utilización de agua como consecuencia de sus índices promedios de área foliar (IAF) más bajos. Los IAF promedio fueron más bajos puesto que el corte más drástico de las hojas redujo los IAF de las especies erectas (ver la Figura 27).

La Figura 22 muestra que, aunque el suelo se encontraba a capacidad de campo (CC), después de fuertes lluvias (mayo 11) a finales del primer período de crecimiento (junio 15) *Brachiaria decumbens* 606 había reducido el contenido de agua de los 2 m superiores del perfil del suelo en 62 mm y *Andropogon gayanus* 621, en 44 mm. Para finales del segundo período de crecimiento (agosto 2), *B. decumbens* había disminuido el contenido de agua del perfil en un total de 141 mm y *A. gayanus* en un total de 101 mm. Para setiembre 7, la diferencia en el contenido de agua del perfil del suelo se calculó en 33 mm, 187 mm por debajo de la CC para *B. decumbens* y 154 mm por debajo de la CC para *A. gayanus*.

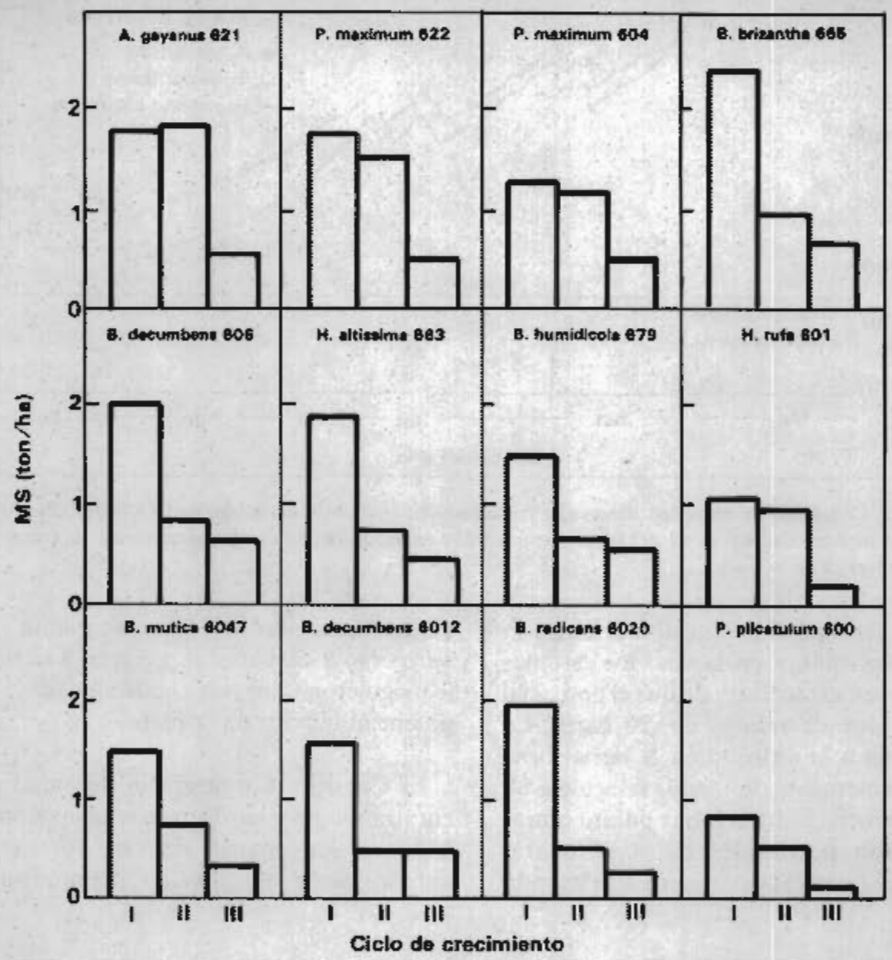


Figura 21. Rendimiento promedio de materia seca (MS) de 12 accesiones de gramíneas, en ocho tratamientos de fertilidad y corte, a intervalos de 6 semanas en tres ciclos de crecimiento: a finales de la estación de lluvias de abril-junio de 1978 (I); a principios (II) y finales (III) de la estación seca de junio-setiembre, 1978, en CIAT-Quilichao.

El Cuadro 15 presenta valores típicos de potencial hídrico de la planta y resistencia a la difusión de las hojas en la superficie abaxial en *A. gayanus* 621, *B. decumbens* 606, *Panicum maximum* 604 e *Hyparrhenia rufa* 601 durante la estación seca, de junio-agosto, en CIAT-Quilichao. Aunque las diferencias no fueron siempre significativas, tanto en CIAT-Quilichao como en Carimagua, *A. gayanus* y *P. maximum* normalmente mantuvieron un mayor potencial hídrico de la planta en comparación con *H. rufa* y *B. decumbens*. En contraste, *A. gayanus* y *B. decumbens* tendieron a mantener bajos valores de resistencia a la difusión, en relación con las otras dos especies.

Estos datos sugieren que las cuatro especies no cierran sus estomas al mismo nivel del potencial hídrico de la planta. Este fenómeno se muestra con más detalle en la Figura 23. La resistencia a la difusión de la superficie abaxial de las hojas parece

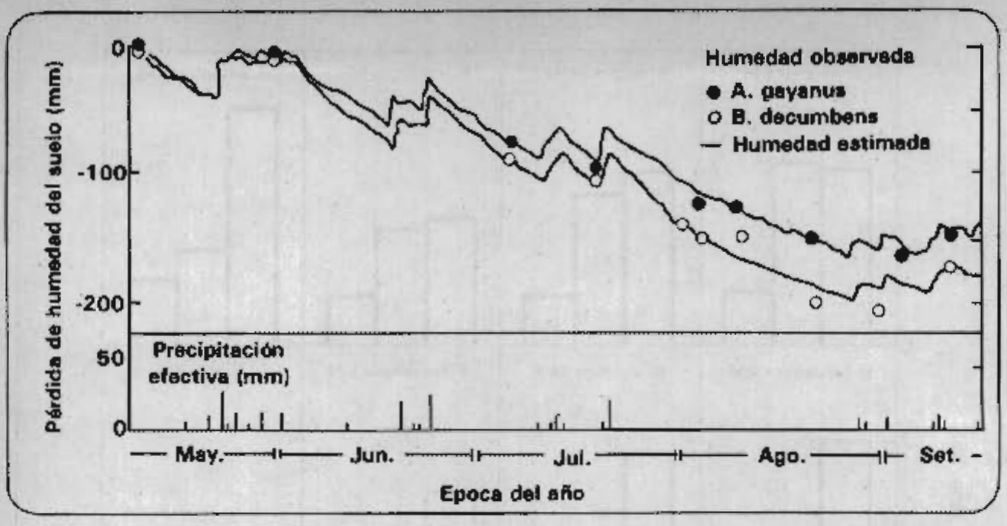


Figura 22. Contenido de humedad observado y estimado para el perfil del suelo, en CIAT-Quilichao. (El contenido de humedad del perfil del suelo se encontraba en capacidad de campo, al momento de tomar la primera muestra en mayo.)

ser más sensible al potencial hídrico en *P. maximum*, planta en la cual los estomas siempre se cierran antes de que el potencial hídrico alcance valores de -20 bares. La resistencia a la difusión en *B. decumbens* es, aparentemente, la menos sensible a un bajo potencial hídrico foliar puesto que se observaron potenciales hídricos foliares abaxiales relativamente bajos aún cuando el potencial hídrico de la planta se aproximó a -30 bares. *A. gayanus* y *H. rufa* le siguieron en sus sensibilidades al potencial hídrico de la planta.

El Cuadro 16 muestra la densidad de enraizamiento y también su relación con el IAF en las cuatro especies forrajeras anteriormente mencionadas. Aunque no se

Cuadro 15.

Potencial hídrico de la planta y resistencia a la difusión foliar, en cuatro especies de gramíneas, en dos fechas, durante la estación seca de junio-setiembre, 1978, en CIAT-Quilichao.

Ecotipo		Ago. 3, 1978[1]		Ago. 10, 1978[2]	
		Potencial hídrico (bares)	Resistencia a la difusión (seg/cm)	Potencial hídrido (bares)	Resistencia a la difusión (seg/cm)
Panicum maximum	604	-13.42 a[3]	26.41 b	-10.38 ab	15.84 a
Andropogon gayanus	621	-15.50 a	13.45 a	- 9.51 a	12.36 a
Hyparrhenia rufa	601	-18.96 b	36.72 c	-13.13 b	37.45 b
Brachiaria decumbens	606	-19.08 b	16.34 a	-12.43 ab	14.06 a

1 Experimento 1, 6 semanas de rebrote y IAF >1.5
2 Experimento 2, 3 semanas de rebrote, IAF<1.0 excepto en *B. decumbens* (IAF>3).
3 Los promedios dentro de las columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de P=0.05.

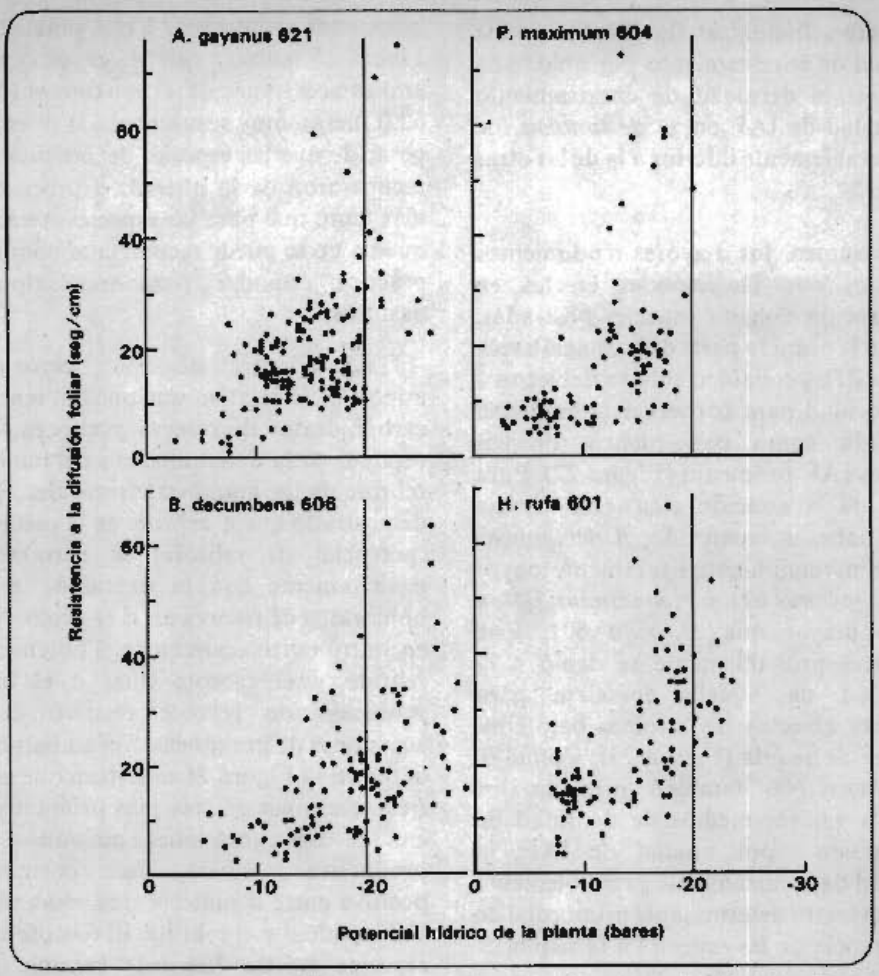


Figura 23. Relaciones entre el potencial hídrico de la planta y la resistencia a la difusión foliar de la superficie foliar abaxial, en cuatro especies de gramíneas, en CIAT-Quilichao. (Bares: medida de presión atmosférica.)

Cuadro 16.

Indice de área foliar (IAF) y densidad de raíces, a profundidades del suelo de 40-80 y 80-120 cm, para cuatro especies de gramíneas cultivadas en CIAT-Quilichao.

Ecotipo		IAF	Raíces (cm/cm³) 40-80	Raíces (cm/cm³) 80-120	Raíces/IAF (cm/cm³ / IAF) 40-80	Raíces/IAF (cm/cm³ / IAF) 80-120
Panicum maximum	604	1.2	1.5 a[1]	0.7 a	1.3 ab	0.61 a
Andropogon gayanus	621	1.3	2.2 a	0.3 a	2.5 a	0.36 ab
Hyparrhenia rufa	601	1.0	2.3 a	0.5 a	2.4 a	0.51 a
Brachiaria decumbens	606	2.0	1.2 a	0.4 a	0.4 b	0.11 b

1 Los valores dentro de la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de P= 0.05.

observaron diferencias significativas en la densidad de enraizamiento por unidad de superficie, la densidad de enraizamiento por unidad de IAF en *B. decumbens* fue considerablemente inferior a la de las otras especies.

En resumen, los mayores rendimientos obtenidos con las especies erectas en comparación con las especies postradas, durante la primera parte de la estación seca (Figura 21), probablemente se debieron a su capacidad para conservar la humedad del suelo como consecuencia de sus menores IAF promedio (Figura 22). Para finales de la estación seca, esta ventaja parece haber desaparecido; *B. decumbens* 606 dio un rendimiento ligeramente mayor que *A. gayanus* 621 y *P. maximum* 604, y mucho mayor que *H. rufa* 601. Este fenómeno probablemente se debió a la capacidad de aquella forrajera para mantener abiertos los estomas bajo condiciones de sequía (Figura 23). Como *B. decumbens* 606 también presentó los menores valores medios de densidad de enraizamiento por unidad de IAF, la densidad de enraizamiento probablemente no es un factor determinante primordial de la tolerancia de las especies a la sequía.

Respuesta a la Defoliación

Se evaluaron 12 accesiones para determinar el efecto de la altura de corte sobre el rebrote. La Figura 24 muestra sus respuestas a un sólo corte a 0, 5, 10 y 15 cm. Entre las especies postradas, *Brachiaria radicans* 6020, *Brachiaria mutica* 6047 y *Hemarthria altissima* 663 fueron las más susceptibles al corte a nivel del suelo o a 5 cm. Entre las especies erectas, *A. gayanus* 621 y *P. maximum* 604 fueron las más susceptibles.

Como la defoliación debido a la quema es común en las sabanas tropicales, es importante conocer la respuesta de las accesiones promisorias a esta práctica. La Figura 25 muestra que *A. gayanus* 621 y ambas accesiones de *P. maximum* (604 y 622) fueron muy resistentes a la quema. A pesar de que las especies de *Brachiaria* se recuperaron de la quema, el proceso fue más lento que para las especies erectas; la quema no se puede recomendar como una práctica estandar para todo tipo de pasturas.

Ha habido gran discusión acerca de la importancia relativa que puedan tener los carbohidratos de reserva y el área foliar residual en la determinación del índice de rebrote de las gramíneas tropicales. Se ha demostrado que el rebrote en la oscuridad (potencial de rebrote) se correlaciona positivamente con la cantidad de carbohidratos de reserva en el rastrojo. No se encontró correlación entre el potencial de rebrote y el rebrote total o el índice promedio de rebrote relativo de 11 accesiones de gramíneas. Sin embargo, los datos en la Figura 26 muestran que en las tres accesiones erectas más productivas y en las tres accesiones postradas más productivas existía una correlación positiva entre la materia seca residual o el IAF residual y el rebrote. El rebrote en las especies erectas fue más sensible a la cantidad de material residual que el rebrote de las especies postradas. Se observaron relaciones negativas entre la materia seca residual o el área foliar residual y la tasa media de rebrote relativo. Estos datos ilustran la importancia de mantener suficiente materia seca residual y área foliar residual después del pastoreo, especialmente, en las gramíneas erectas. La Figura 27 muestra que después de una defoliación severa (corte a los 10 cm), dos accesiones erectas y dos postradas presentaron tasas relativas de crecimiento similares, pero, debido a que las accesiones erectas quedaron con una cantidad de materia seca residual mucho menor, sus tasas reales de rebrote fueron inferiores durante las primeras pocas semanas.

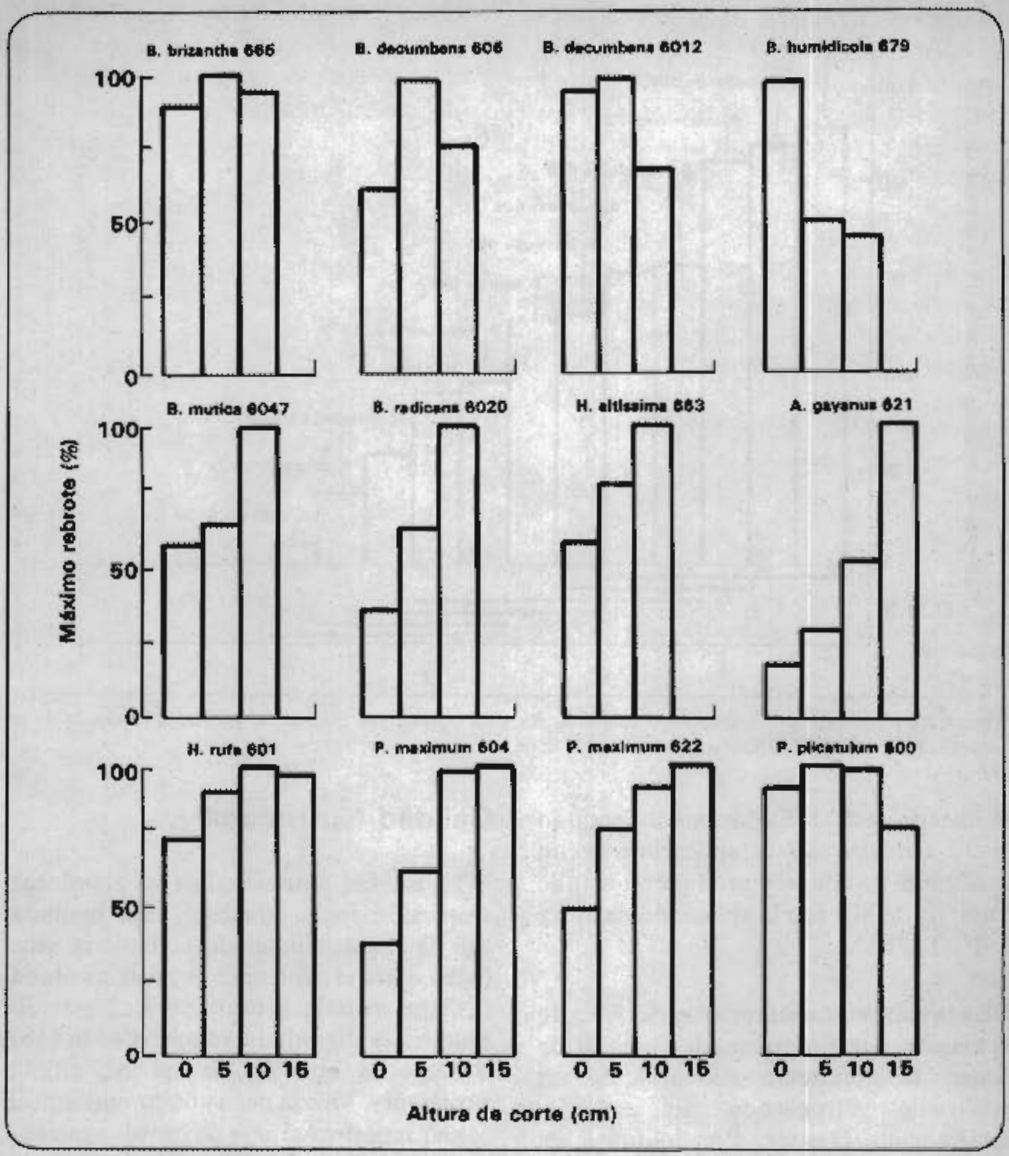


Figura 24. Respuesta de 12 accesiones de gramíneas a la altura de corte, en CIAT-Quilichao.

Respuesta a la Fertilidad

El conocimiento de la respuesta a la fertilidad de accesiones de gramíneas es importante para determinar los mínimos niveles de fertilidad requeridos para producir un crecimiento adecuado. Las Figuras 28 y 29 muestran las curvas de respuesta en crecimiento durante la estación de lluvias del primer año en accesiones seleccionadas *versus* diversos niveles de fertilidad de N y P en Carimagua. Las accesiones se han presentado en orden decreciente por su respuesta a la fertilidad. Con altas dosis de N, *Brachiaria brizantha* 665, *B. decumbens* 606, *Brachiaria humidicola* 679 y *A. gayanus* 621 produjeron más de 2.5 ton/ha

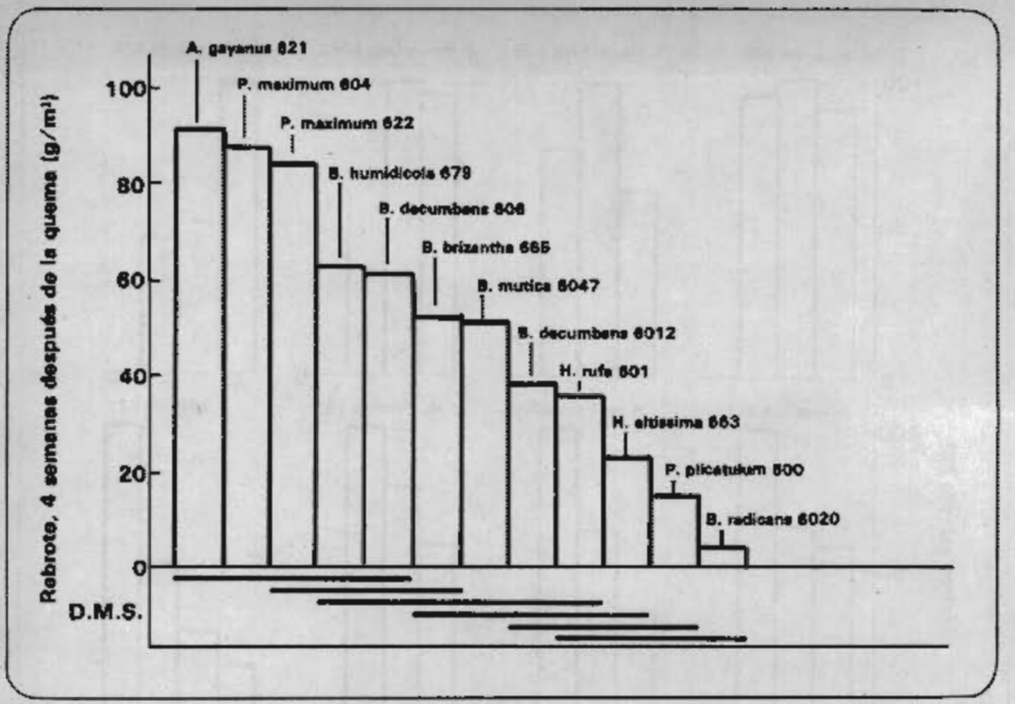


Figura 25. Respuesta de 12 accesiones de gramíneas a un tratamiento normal de quema, al comienzo de la estación seca, en CIAT-Quilichao.

de materia seca (MS) durante un período de 18 semanas sin la aplicación de un fertilizante fosfatado y produjeron más de 5 ton/ha de MS con la aplicación de 50 kg de P_2O_5 /ha.

En la mayoría de las regiones del Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne, la aplicación rutinaria de un fertilizante nitrogenado no es económicamente factible. Por lo tanto, es importante identificar accesiones que presenten tasas de crecimiento adecuadas con el mínimo posible de N. La Figura 28 muestra que *B. brizantha* 665, *B. decumbens* 606, *A. gayanus* 621, *H. rufa* 601 y *P. maximum* 604 dieron un rendimiento de por lo menos 4 ton/ha de MS sin N, pero con un nivel de P adecuado. *A. gayanus* 621, *B. decumbens* 606 y *B. brizantha* 665 mostraron un mejor comportamiento bajo condiciones de baja fertilidad de N y P.

Calidad Nutricional

La calidad nutricional de las gramíneas tropicales, frecuentemente, está limitada por la digestibilidad de la materia seca (MS) o por el contenido de proteína cruda (PC) del material consumido. La Figura 30 muestra la digestibilidad media de la MS, durante la estación de lluvias, en 12 accesiones. Vale la pena anotar que, aún al tomar muestras al azar de forraje agarrando puñados del mismo con propósito de eliminar el error asociado con la toma de muestras de plantas enteras, *A. gayanus* 621 y *B. humidicola* 679 presentan la digestibilidad de MS más baja.

Frecuentemente el contenido de N o de PC de las gramíneas que crecen en suelos con bajos niveles de N limita el crecimiento de los animales en el trópico. La Figura 31 muestra el contenido promedio de N en muestras tomadas al azar en un puñado de

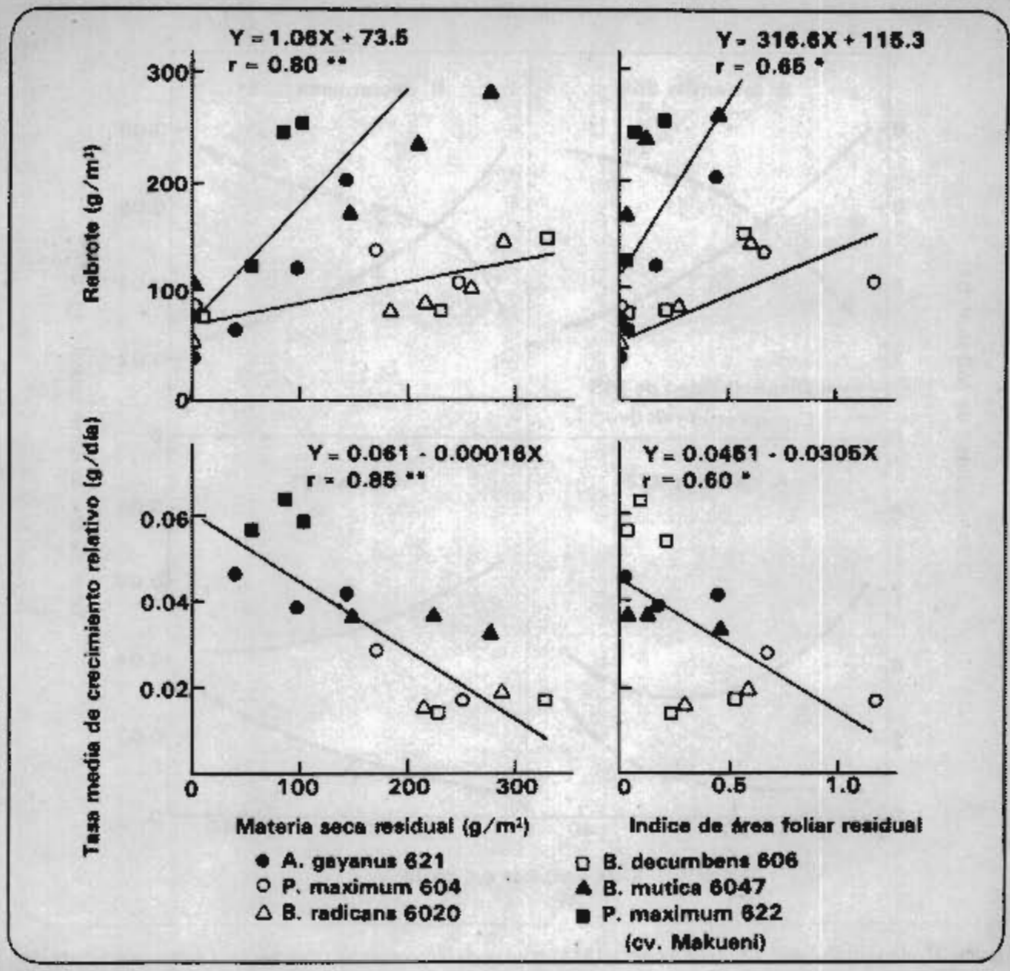


Figura 26. Efectos de la materia seca residual y del índice de área foliar residual en el rebrote y en la tasa media de crecimiento relativo, de seis accesiones de gramíneas.

rebrotes de 6 semanas, en forraje de 12 accesiones sembradas con bajos niveles de N. Aunque la digestibilidad de la MS de *A. gayanus* 621 es relativamente baja, presenta niveles relativamente altos de N. Aunque la digestibilidad de la MS de *H. altissima* 663 es la más alta, su contenido de N es bajo. *B. humidicola* presenta una baja digestibilidad en la MS y un bajo contenido de N.

Mejoramiento en la Metodología

Otras actividades llevadas a cabo en 1978 incluyeron la adaptación de la prensa hidráulica Campbell-Brewster (Figura 32) para estimar el potencial hídrico de las hojas en gramíneas tropicales. Este método es, aproximadamente, dos veces más rápido que la cámara de presión de Scholander y permite la medición simultánea hasta de cuatro tratamientos. Su facilidad de construcción y de manejo en el campo son algunas ventajas adicionales. El coeficiente de correlación entre las mediciones con la prensa hidráulica y la cámara de presión fue de 0.90.

La longitud de las raíces por unidad de volumen del suelo (densidad de enrai-

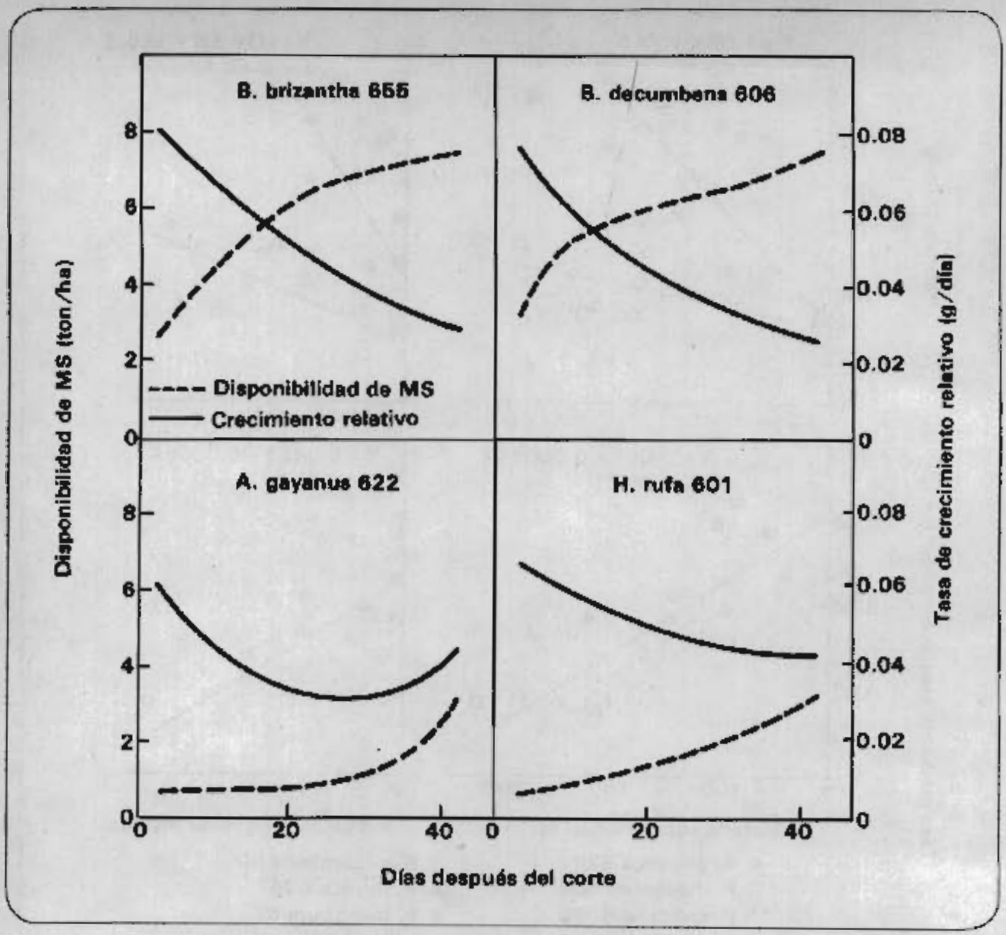


Figura 27. Disponibilidad de materia seca (MS) y tasa de crecimiento relativo, en cuatro accesiones de gramíneas, después de una defoliación severa, en CIAT-Quilichao.

zamiento) es una medida ampliamente aceptada de la "actividad" del sistema radical. Uno de los pasos que requiere más tiempo para medir la densidad de enraizamiento, es la medición de la longitud de las raíces de las muestras tomadas. Se desarrolló una técnica mediante la cual se hace pasar las muestras de raíces por la unidad sensora de un medidor automático del área foliar y así, el "área" medida de la raíz de la muestra se correlaciona con la longitud de las raíces, la cual es estimada por medios convencionales. El coeficiente de regresión entre el método convencional y la nueva técnica del área medida de la raíz fue de 0.85. Esta última técnica requiere aproximadamente la décima parte del tiempo que se necesita con los métodos convencionales de medición.

En cooperación con la Unidad de Climatología se adaptó, para su utilización en el trópico, un modelo computadorizado del balance hídrico del suelo en el cual se utilizan datos edáficos y vegetales, e información climatológica, el cual fue desarrollado para utilizarlo en ambientes húmedos subtropicales. En CIAT-Quilichao, el modelo estimó el contenido de agua de los perfiles de suelo bajo mantos vegetales de *B. decumbens* y *A. gayanus*

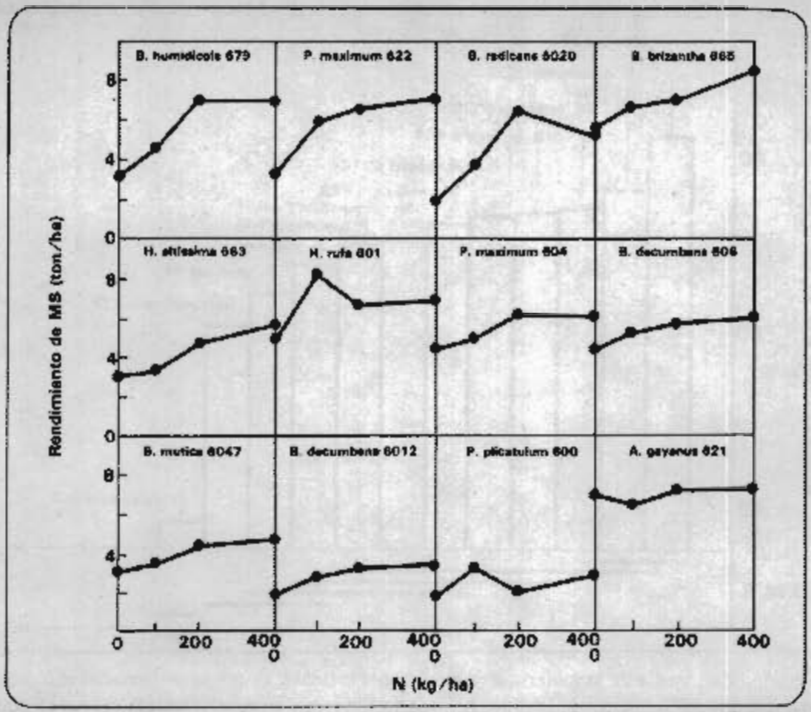


Figura 28. Respuesta de 12 accesiones de gramíneas a la fertilización con N, en Carimagua. (Suma de tres cortes en la estación lluviosa; todos los tratamientos recibieron 200 kg de P_2O_5/ha/año).

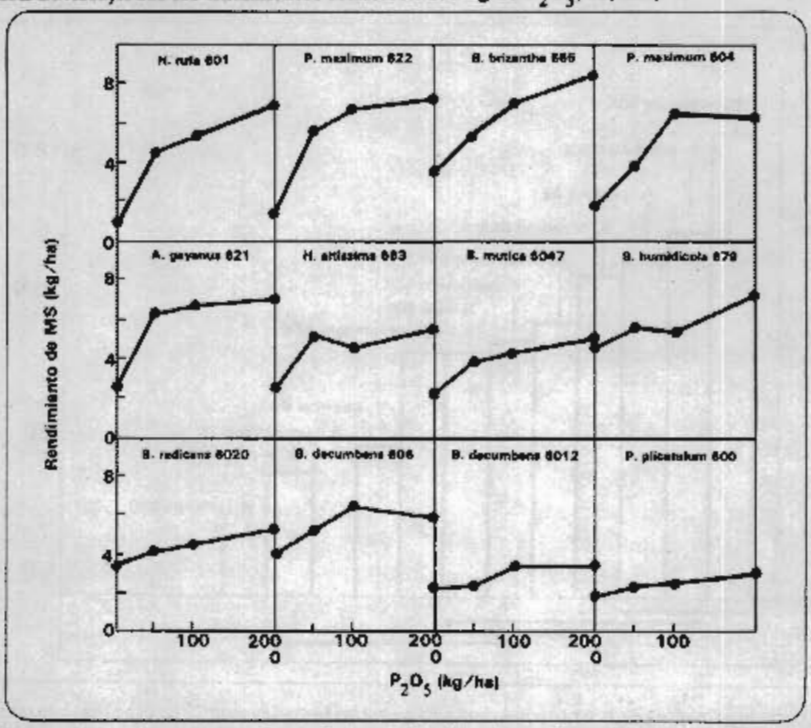


Figura 29. Respuesta de 12 accesiones de gramíneas a la fertilización con P en Carimagua. (Suma de tres cortes en la estación lluviosa; todos los tratamientos recibieron 400 kg de N/ha/año.)

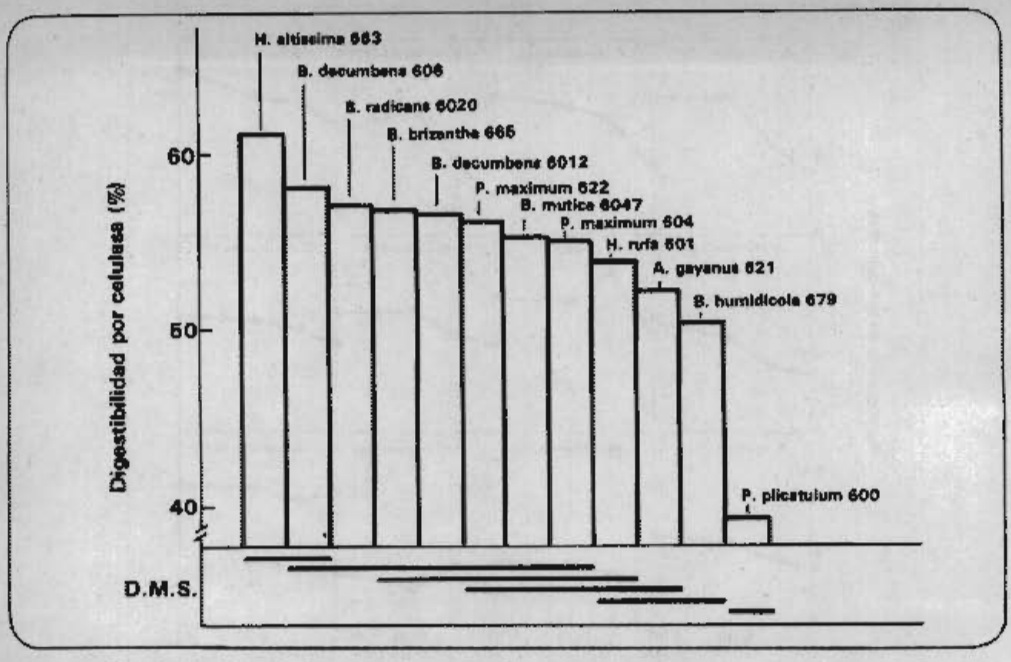


Figura 30. Digestibilidad media de la materia seca medida por celulasa, de muestras tomadas manualmente al azar de rebrotes que tenían 6 semanas de edad, en la estación lluviosa y bajo ocho tratamientos de fertilidad, en Carimagua.

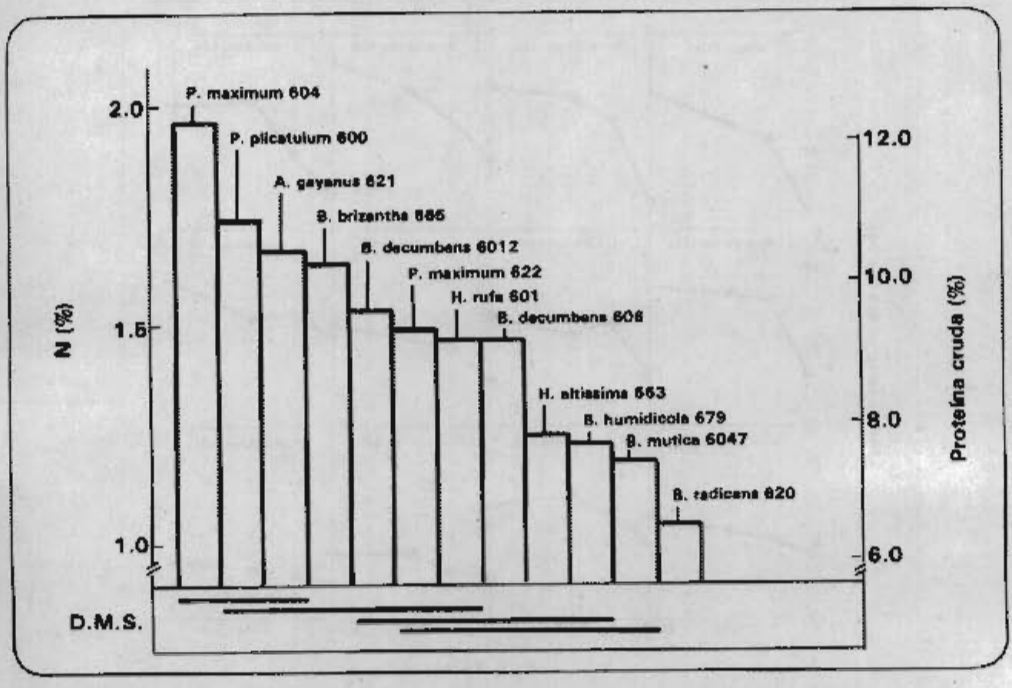


Figura 31. Contenidos medios de N y proteína cruda en muestras tomadas manualmente al azar de rebrotes que tenían 6 semanas de edad, en la estación lluviosa, en Carimagua y CIAT-Quilichao, en tratamientos que recibieron 0 ó 50 kg de N/ha/año.

Figura 32. Prensa hidráulica Cambell-Brewster adaptada.

con un error de ± 15 mm durante el período comprendido entre mayo y setiembre (ver la Figura 22).

El modelo del balance hídrico del suelo se utilizó para estimar la transpiración de un experimento de frecuencia de corte, realizado por la Sección de Agronomía de Leguminosas. Al hacer una regresión entre la transpiración calculada por el modelo y el rendimiento de materia seca, se encontró que existe una alta correlación (0.95). Aunque la relación entre la transpiración y la producción de MS debe ser determinada en cada localidad específica, la técnica puede ser muy valiosa para la simulación del crecimiento estacional o del crecimiento durante un período de años, con diferentes totales de precipitación.

Clasificación de las Accesiones de Gramíneas

Las accesiones se clasificaron con base en el conocimiento que tenemos sobre el comportamiento agronómico y del criterio que se tenga en cuanto a si la accesión es promisoria o no dentro del Programa. El Cuadro 17 presenta un resumen de los criterios que rigen las evaluaciones para cada categoría. El Cuadro 18 presenta un resumen de las evaluaciones que se están

Cuadro 17.

Categorías de materiales promisorios y sus implicaciones para la evaluación del germoplasma de gramíneas.

Categoría	Tipo de evaluación
1	1. Caracterización botánica 2. Adaptación a los suelos y clima de CIAT-Quilichao 3. Resistencia a enfermedades e insectos
2.	1. Respuesta a dos niveles de fertilidad en Carimagua 2. Persistencia bajo pastoreo normal y compatibilidad con leguminosas 3. Resistencia a la sequía 4. Resistencia a enfermedades e insectos 5. Valor nutricional
3.	1. Pruebas regionales 2. Requerimientos de fertilidad
4.	1. Sistemas de establecimiento 2. Sistemas de producción de semilla 3. Sistemas de utilización y manejo (ensayos de producción animal)
5.	1. Multiplicación de semilla básica 2. Terminación de la investigación antes del lanzamiento

adelantando actualmente para las accesiones en las Categorías 3, 4 y 5, según los criterios de selección establecidos en 1977. Aproximadamente, 40 accesiones están actualmente en la Categoría 2, las cuales se están evaluando bajo pastoreo y en asociación con la misma leguminosa (para tener una base común de criterio). Estas evaluaciones se hacen en Carimagua y en CIAT-Quilichao.

Andropogon gayanus 621

En 1973, el Dr. Bert Grof, del Programa de Ganado de Carne del CIAT, introdujo de Shika, Nigeria, la gramínea forrajera *Andropogon gayanus*. Esta planta ha sido

Cuadro 18.

Resumen de las evaluaciones de accesiones de gramíneas promisorias, incluídas en las Categorías 3, 4 y 5 (Los espacios en blanco indican que se desconoce la reacción al factor bajo consideración).

Especies y CIAT No.	Tolerancia a los suelos ácidos	Vigor en CIAT-Quilichao	Vigor en Carimagua	Resistencia a la sequía	Resistencia a enfermedades	Resistencia a insectos	Calidad nutricional	Tolerancia a la quema	Producción de semilla	Facilidad de manejo	Compatibilidad con leguminosas	Productividad animal	Tolerancia a la inundación	Categoría en 1978	Recomendación para 1979
Andropogon gayanus 621	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	4	5
Brachiaria brizantha 665	+	+	+	+	+	-	+	+	+				-	3	3
Brachiaria decumbens 606	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	4	4
Brachiaria decumbens 664	+	-	-	-	+	-	+	-					-	3	S[1]
Brachiaria decumbens 6012	+	-	-	-	+	-	+	-					-	3	S
Brachiaria humidicola 679	+	+	+	+	+	+	-	-	-				+	3	4
Brachiaria humidicola 6013	+	+	+	+	+	+	-	-	-					3	S
Brachiaria mutica -	+	+	-	-	+	+	+	-	-				+	3	3
Brachiaria radicans 6020	+	+	-	-	+	+	-	-					+	3	3
Brachiaria ruziziensis 6019	+	-	-	-	+	+	+	-	-					3	S
Eriochloa polystachya 6017	+								+				+	3	3
Hemarthria altissima 663	+	+	-	-	+	+	+	-	-				+	3	3
Hyparrhenia rufa 601	+	-	+	-	+	+	-	-	+		+		-	3	S
Melinis minutiflora 608	+		-	-				-	+	+			-	3	S
Panicum maximum 604	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	3	4
Panicum maximum 622	+	+	+	-	+	+	+	+	+		+		-	3	4
Paspalum plicatulum 600	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+			+	3	S

1 S = suspendida de evaluaciones adicionales.

evaluada extensivamente en CIAT-Palmira, Carimagua, El Limonar y CIAT-Quilichao. Ha sido incluida en las pruebas regionales establecidas por el Programa de Ganado de Carne; como resultado de su buen comportamiento en suelos ácidos e infértiles del Area de Actuación, en 1978 se promovió a la Categoría 5 (Cuadros 17 y 18).

Los datos preliminares sobre las ganancias de peso animal obtenidas durante la estación de lluvias, son promisorios; sin embargo, aún no se tiene información concluyente para la estación seca. A pesar de ello, se considera que *A. gayanus* 621 es una planta forrajera suficientemente promisoria, de tal manera que la producción de semilla básica se iniciará en 1979 y a finales de este mismo año, se tomará la decisión definitiva en relación con el lanzamiento de la accesión conjuntamente con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

PRODUCCION DE SEMILLA

Esta Sección continuó sus actividades para cumplir dos objetivos básicos: 1) la producción de semilla para propósitos experimentales y la producción de semilla-fundación de nuevos cultivares y 2) el desarrollo de tecnología para la producción comercial de semilla de forrajes.

En 1978 se hizo énfasis en la multiplicación de semilla de líneas experimentales con semillas que ya se estaban utilizando por el Programa de Ganado de Carne. Sin embargo, al aumentar el énfasis en ciertas especies, se puso en evidencia la necesidad de expandir los esfuerzos investigativos, se identificaron colaboradores para lograr una producción masiva de semilla y se iniciaron proyectos cooperativos tanto en Colombia como en localidades situadas en latitudes más altas.

Multiplicación de Semillas

La multiplicación de semilla está limitada a aquellas accesiones que están incluidas en la lista de materiales promisorios aprobados por el Comité de Germoplasma del Programa de Ganado de Carne. Los objetivos iniciales de la producción de semilla están acordes con la definición de las cinco categorías establecidas en relación con las nuevas accesiones. En 1978, se produjo semilla de 35 accesiones, en tres localidades de Colombia.

Gran parte del esfuerzo de multiplicación de semilla se lleva a cabo mediante la propagación de plantas. Las parcelas de producción de semilla se establecen ya sea mediante la propagación vegetativa, mediante el transplante de plantas individuales o bien, mediante la siembra directa en el campo. En total, se establecieron 12 nuevas ha; el área total promedio para multiplicación de semilla, durante 1978, fue de 15 ha. En CIAT-Quilichao ya se dispone de una extensión de 10 ha de terreno, en tanto que en CIAT-Palmira se mantuvieron 3 ha; en Carimagua, se establecieron 5 ha de parcelas nuevas dedicadas a este propósito. En CIAT-Quilichao, la transición que generalmente se presenta entre la estación de lluvias y la estación seca se prolongó en el año 1977; esta circunstancia causó efectos adversos en la sincronización de la floración, especialmente en *Centrosema, Pueraria* y *Stylosanthes capitata*. Con pocas excepciones, la cosecha de semilla de estas tres plantas se hizo manualmente para evitar la contaminación y para recuperar una mayor cantidad de semilla en áreas que, en realidad, eran bastante reducidas. En CIAT-Quilichao y en CIAT-

Palmira, la cosecha se hizo en enero-febrero y nuevamente, en julio-agosto. En Carimagua, la cosecha se hizo en noviembre. La producción total sumó 2468 kg de semilla clasificada (Cuadro 19), con énfasis en *Andropogon gayanus* y en varias accesiones de *S. capitata*.

Todas las localidades de producción que actualmente se utilizan para producción de semilla comparten una restricción: muy poca variación en cuanto a la duración de la estación seca, debido a su baja latitud geográfica. CIAT-Palmira y CIAT-Quilichao presentan patrones de precipitación bimodales y el período de crecimiento natural está limitado a 3 meses, siendo insuficiente para todas las especies, en lo que respecta al establecimiento de las plantas. Por lo tanto, el período de crecimiento más prolongado que se registra en Carimagua es una ventaja para el establecimiento de las plantas pero, básicamente, es una desventaja en los años siguientes debido a deficiencias en la sincronización de la floración. En razón de esta circunstancia, se hicieron planes para iniciar la multiplicación de semilla en Brasilia (17°S de latitud, lo cual es más apropiado para la obtención de semilla). Además de que en Brasilia se podía aprovechar la mayor latitud, también la producción abundante

Cuadro 19.

Resumen de la semilla de forraje producida durante el período octubre 1977-octubre 1978.

Especie	No. de accesiones	Producción total de semilla (kg)
Centrosema sp.	3	31
Desmodium spp.	8	83
Glycine wightii	2	117
Leucaena leucocephala	2	10
Macroptilium sp.	1	111
Pueraria phaseoloides	1	35
Stylosanthes capitata	5	404
Stylosanthes guianensis	3	20
Stylosanthes hamata	2	72
Stylosanthes sympodialis	2	62
Stylosanthes humilis	1	9
Stylosanthes scabra	1	32
Teramnus uncinatus	1	16
Zornia sp.	1	10
Total de leguminosas[1]	33	1012
Andropogon gayanus	1	1400
Brachiaria decumbens	1	56
Total de gramíneas[2]	2	1456

1 Leguminosas, semilla seleccionada o semilla en vaina, > 95% de pureza.
2 Gramíneas, semilla seleccionada, > 40% de pureza.

de semilla en esta localidad ayudará a llenar los requerimientos de este importante componente de la producción forrajera, tanto para fines experimentales como de expansión ganadera en el Cerrado brasileño.

Tecnología de la Producción de Semilla

Patrones de Madurez y Metodología de la Cosecha de Semilla

Brachiaria decumbens. En un campo productor de semilla se tomaron muestras, durante un período de 1 mes, desde la madurez temprana de la simiente hasta el desgrane total de la semilla dentro de la vaina (Figura 33). El objetivo de este ensayo era el de determinar el rendimiento y la calidad de la semilla cosechada manualmente, así como también identificar el período óptimo de cosecha de la misma.

Estas plántulas, establecidas a una densidad de población relativamente baja, florecieron durante un período prolongado —el cual tuvo su inicio a principios de julio. Como resultado, la madurez de la semilla alcanzó un nivel máximo que se mantuvo por bastante tiempo, siendo posible cosechar más de 50 kg de semilla pura/ha durante un período de 2 semanas; el 75 por ciento del rendimiento máximo de semilla pura era recuperable durante más de 7 días. Después de que el nivel de inflorescencias alcanzó una "meseta" en la curva de población el 2 de agosto, se constató un rendimiento máximo de 89 kg/ha el 9 de agosto. Este nivel coincidió con cambios marcados que se registraron en la proporción relativa de inflorescencias "inmaduras", "maduras" y "desgranadas". En el nivel máximo de rendimiento de semilla pura, el porcentaje de inflorescencias maduras disminuyó marcadamente a partir de un máximo de aproximadamente 70 por ciento, en tanto que el porcentaje de inflorescencias desgranadas aumentó marcadamente sobre el 10 por ciento que se registró cuando las inflorescencias maduras habían alcanzado un máximo del 70 por ciento. El peso unitario de la semilla pura fue de aproximadamente 400 mg/100 semillas al alcanzar el máximo nivel de rendimiento de semilla pura, pero el peso unitario continuó aumentando durante 8 días adicionales (agosto 17) hasta llegar a un máximo de 450 mg/100 semillas. Es necesario obtener más datos acerca de la germinación de la semilla para tener resultados concluyentes en este estudio; sin embargo, los datos de peso unitario ya comprobados indican que, a pesar de la engañosa atracción de obtener cantidades significativas de semilla madura en la planta y sobre el suelo, podría ser desventajoso cosechar antes de alcanzar el nivel máximo en la curva de rendimiento de semilla pura. En consecuencia, se requiere obtener índices fácilmente identificables que señalen este período crítico. En ensayos posteriores se probará la utilidad de determinar las proporciones de inflorescencias maduras y desgranadas para identificar tal período crítico.

Se estimaron los rendimientos de semilla pura, en tres lotes comerciales, mediante la cosecha directa con combinada y la cosecha manual, la exudación del material durante 3 días y luego, la trillada manual (Cuadro 20). Los índices relativos de recuperación fueron considerablemente consistentes a través del amplio espectro de rendimientos encontrados; con la combinada, se recuperó un promedio del 59 por ciento de la semilla pura obtenida con el método manual. Sin embargo, los pesos unitarios de la semilla pura fueron marcadamente diferentes; con la combinada, se recuperó consistentemente una fracción de semillas más pesadas (457 *vs.* 588

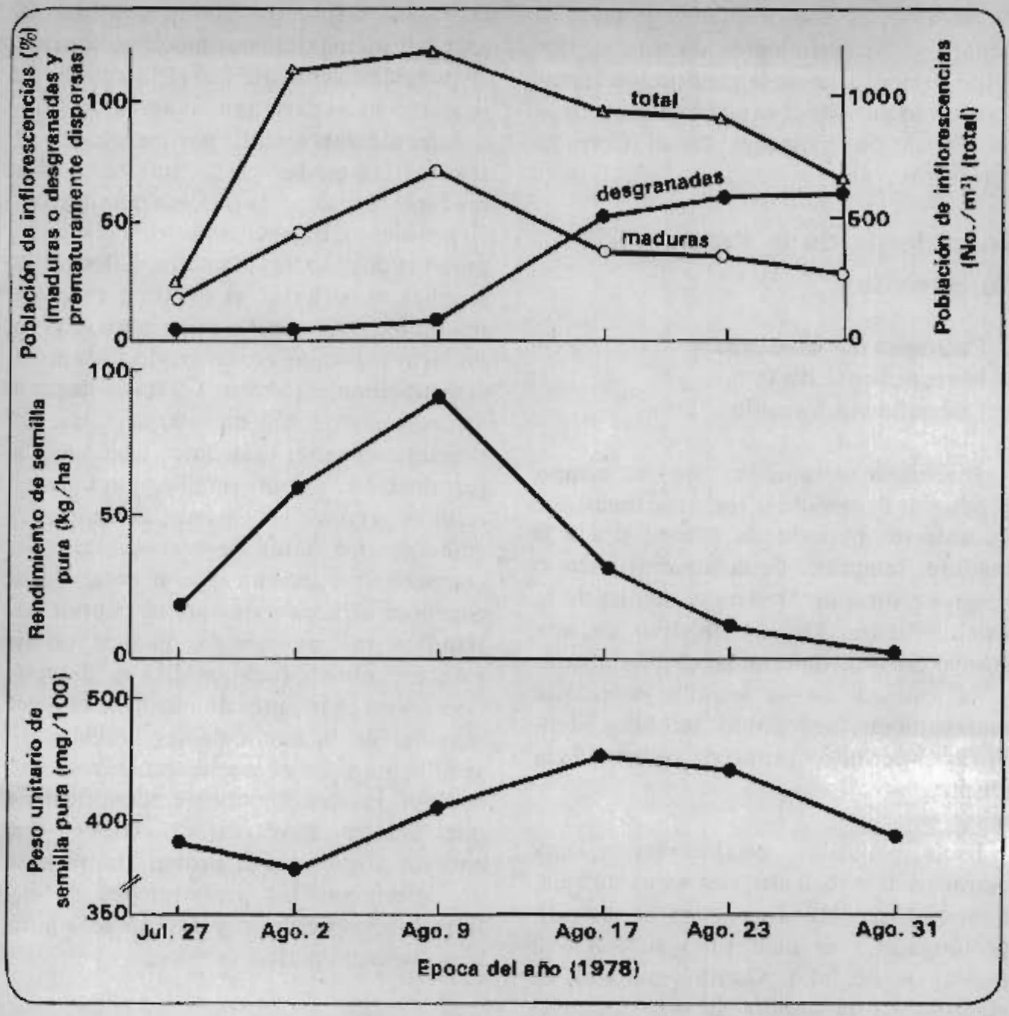


Figura 33. Secuencia del desarrollo de inflorescencias y semillas, en una siembra de plántulas de *Brachiaria decumbens*, en El Limonar (en las cercanías de CIAT-Quilichao).

mg/100 semillas). Esto, probablemente, refleja el hecho de que, después de 3 días de exudación, la trillada manual remueve mucha más cantidad de semilla pura pero más pequeña y parcialmente inmadura, en comparación con la trillada con combinada, inmediatamente después del corte. En consecuencia, la diferencia del 41 por ciento en la recuperación de semilla pura, por los dos métodos, no es indicativa de ineficiencia de la combinada. La comparación final de la eficiencia relativa de cosecha se basará en los rendimientos relativos de semilla pura viva.

Andropogon gayanus. Durante la cosecha de las áreas de multiplicación de semilla, en enero y julio, se hicieron investigaciones exploratorias de la eficiencia relativa de métodos alternativos de cosecha. Los objetivos fueron determinar: 1) si la práctica tradicional (corte manual, exudación de campo y trilla manual) era la más eficiente; 2) si pudieran haber otras

Cuadro 20.

Comparación de los sistemas de cosecha manual y con combinada, en tres lotes comerciales de *Brachiaria decumbens*.

Comparación	Cosecha con combinada	Cosecha manual
Rendimiento de semilla pura (kg/ha)	35	59
Porcentaje de recuperación (semilla pura)	59	100
Peso unitario de la semilla pura (mg/100)	457	388

estrategias promisorias de cosecha; y 3) el papel que juega la mecanización. Se compararon cinco metodologías básicas, en dos experimentos, sin repeticiones, en diferentes campos. El Cuadro 21 presenta los estimativos de semilla pura viva para semilla de diferentes edades; las comparaciones sólo son válidas dentro de cada experimento.

En enero, se iniciaron todas las investigaciones, correspondientes a los diferentes métodos de cosecha de semilla con base en lo que se consideraba como una madurez óptima de las plantas para efectuar la cosecha. Por lo tanto, el método de recuperación de semilla del suelo obviamente no estaba en su potencial máximo. El método manual tradicional dio los rendimientos más altos de semilla pura viva (34 kg/ha). Si se efectúa un paso de la trilladora en el campo ya recolectado manualmente, con esta operación adicional se obtuvo un 10 por ciento más de semilla pura viva, pero ésta presentó una baja capacidad de germinación (25%) y probablemente, una corta vida bajo almacenamiento; en consecuencia, no se recomienda la retrilla. La recolección del suelo fue el siguiente método más eficiente; así, se recuperaron 24 kg/ha de semilla pura viva. El método resultó eficiente debido a que la semilla recogida mostró tener alta germinación (74%). La recolección con combinada *versus* la corta de plantas con una trilladora de forraje (windrower) y luego alzada de las hileras con la combinada, 4 días después del corte, recuperaron 13 y 17 kg/ha de semilla pura viva, respectivamente, lo cual indica que la combinada recuperó, en el mejor de los casos, el 50 por ciento de los rendimientos obtenidos mediante el método tradicional manual. La comparación del método tradicional *versus* la recolección de las hileras por la combinada indica que la combinada puede ocasionar pérdidas hasta del 50 por ciento sólo durante la trilla, aún después de la exudación de la semilla.

Los rendimientos en la cosecha de julio fueron mayores que en la cosecha de enero. El método manual se inició en julio 7, pero, un problema mecánico retrasó los tratamientos con la combinada hasta julio 11. Durante este período, hubo un aumento significativo en la recuperación de semilla del suelo (más de 100 kg/ha), lo cual indica que hubo desgrane de la semilla en un alto grado. En consecuencia, al comparar el método manual con los métodos que incluyen el uso de la combinada (3 y 4 del Cuadro 21), incluyendo otros sistemas de recolección y época de cosecha, es posible que se reduzca en cierto grado la interpretación que se haga de los resultados obtenidos. El potencial de recuperación de semilla del suelo fue más evidente al continuar la recolección por 12 días después de haber alcanzado el punto óptimo de cosecha de las plantas y haber colectado un máximo de 100 kg/ha de semilla pura viva en julio 19. Nuevamente, se registró una germinación muy alta con este tipo de semilla —43 por ciento en comparación con un promedio de 20 por ciento para los otros métodos. No es válido comparar los métodos 3 y 4 (en los cuales está involucrada la combinada) con el

Cuadro 21.

Resultados de la evaluación hecha sobre la metodología de cosecha de semilla para *Andropogon gayanus*.

Método de cosecha	Fecha 1978	Experimento 1, enero, 1978			Experimento 2, julio, 1978		
		Semilla pura		Semilla pura viva	Semilla pura		Semilla pura viva
		Rendimiento (kg/ha)	Germinación (7 meses) (%)	Rendimiento (7 meses) (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Germinación (3 meses) (%)	Rendimiento (3 meses) (kg/ha)
1. Corte tradicional manual, apilado de haces en el campo y trilla	Ene. 23	69	50	34	-	-	-
	Jul. 7	-	-	-	262	18	47
1a. Igual que 1, más retrilla	Ene. 23	11	25	3	-	-	-
2. Recuperación del suelo	Ene. 23	32	74	24	-	-	-
	Jul. 7	-	-	-	104	27	28
	Jul. 12	-	-	-	208	35	73
	Jul. 19	-	-	-	232	43	100
3. Combinada directamente	Ene. 23	32	41	13	-	-	-
	Jul. 11	-	-	-	47	25	12
4. Corte manual, apilado en hileras *in situ* y recolección con combinada	Ene. 23	33	50	17	-	-	-
	Jul. 12	-	-	-	64	22	14
5. Corte manual y apilado en el campo y trilla con combinada	Ene. 23	32	52	17	-	-	-
	Jul. 7	-	-	-	233	14	33

método tradicional de cosecha manual. La comparación de los métodos 1 y 5 sugiere que ocurre un 30 por ciento de pérdidas como consecuencia del trillado con la combinada después de la exudación de la semilla. Una vez más, se observó una ligera ventaja en la cosecha de hileras alzadas del campo con la combinada sobre el método de la cosecha directa con la combinada.

En términos globales, el método de cosecha menos costoso y eficiente para *A. gayanus* es el método manual tradicional.

En las regiones en donde la madurez del cultivo coincide con una estación seca (lo cual reduce el riesgo de los daños causados por lluvias fuera de estación), la recuperación de la semilla desgranada y dispersa en el suelo parece muy factible y se facilitará mediante el espaciamiento de los surcos a distancias de aproximadamente 1.5 m. Obviamente, en campos de producción de semilla muy extensos, la cosecha con combinada resultará factible a pesar de que la eficiencia de la recuperación sea más baja. Estas investigaciones se continuarán en los próximos años.

El método tradicional de la cosecha manual utilizado con muchas gramíneas tropicales, entre ellas *A. gayanus*, incluye una fase de exudación de la semilla en el campo, en la cual se cortan los tallos con inflorescencias fértiles y luego se reunen formando haces; éstos permanecen en el campo por 3 ó 4 días permitiendo el exudado de la semilla. Con frecuencia se ha indicado que las condiciones pueden afectar adversamente la germinación de la semilla. Para determinar cuál podría ser este efecto se hicieron pruebas con semilla cosechada a mano, la cual recibió tratamientos de exudación en poscosecha de 0, 3, 6 y 9 días; estos tratamientos resultaron en una germinación del 83, 78, 63 y 44 por ciento, respectivamente, a los 10 meses de cosechada la semilla. Estos resultados indican que, si la exudación se realiza en haces bien conformados, por períodos de 3 días, no habrá efectos adversos pero que periódos más largos, pueden reducir la germinación.

Potenciales de la Producción de Semilla a Nivel Regional

Si se desea establecer un programa económicamente factible de producción comercial de semilla, la identificación de regiones geográficas apropiadas es un elemento de importancia fundamental. Lo es también para llevar adelante cualquier esfuerzo investigativo orientado hacía el desarrollo de tal programa. Las regiones geográficas en las cuales la producción de semilla (no de forraje) es óptima, presentan una combinación favorable de factores climatológicos, edáficos, agronómicos y económicos, los cuales, consistentemente, conduzcan a la obtención de altos rendimientos de semilla de buena calidad, más una alta tasa de recuperación al momento de la cosecha. En este particular, generalmente, las plantas leguminosas forrajeras son más exigentes que la mayoría de las gramíneas. El CIAT, como institución internacional, que es, tiene la capacidad para coordinar un proyecto orientado hacia la producción de semilla de alta calidad, la cual es requerida para el logro de los objetivos experimentales del Programa de Ganado de Carne. Con este propósito, se esbozó una propuesta de proyecto la cual fue enviada para su análisis a los colaboradores potenciales, en diversas localidades ubicadas en sitios estratégicos con diferentes latitudes, precipitaciones anuales y regímenes de temperatura estacionales. Básicamente, se puso énfasis en que las regiones escogidas tuvieran una distribución de la precipitación bien marcada por estaciones y una baja o nula incidencia de heladas. En terrenos de la sede del CIAT se iniciaron, en noviembre de 1978, las siembras, en parcelas de observación, de algunas leguminosas y gramíneas que habían sido sugeridas por los colaboradores. El objetivo del establecimiento de tales parcelas era el de definir la fenología, los rendimientos de semilla, la incidencia de plagas y enfermedades y otros parámetros relacionados con los potenciales de producción a nivel comercial. Para finales de 1978, se ha confirmado la colaboración de las siguientes instituciones de América del Sur: el Centro de Pesquisa Agropecuaria de Cerrados (CPAC), en Brasilia, 17°S; la Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais

(EPAMIG), en Sete Lagoas, 18°S, y Felixlandia, 17°S, todas ellas en Brasil; el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), en Santa Cruz, 17°S, y en el Valle de Sajta, 17°S, en un programa que tiene la Cooperación Técnica del Gobierno Suizo (COTESU), ambas en Bolivia; y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Valledupar, Departamento del Cesar, en Colombia.

Un experimento preliminar, establecido en colaboración con el Agrónomo de Forrajes del Programa de Ganado de Carne en el CPAC, Brasilia, durante 1978, indicó la severidad potencial de problemas ocasionados por malezas en el establecimiento de leguminosas (especialmente, *Pennisetum setosum, Cenchrus* sp. y *Acanthosperum australe)* y la presencia del barrenador del tallo, *Stegasta bosqueella,* en todas las especies de *Stylosanthes*. Para el primer año se obtuvieron altos rendimientos de semilla pura (290 kg/ha) de *A. gayanus* cosechada a mano; 96 kg/ha de *B. decumbens*;160 kg/ha de *Brachiaria ruziziensis;* y 900 kg/ha de *Calopogonium muconoides.*

Andropogon gayanus. Respuesta al nitrógeno: una siembra establecida en El Limonar (cerca de CIAT-Quilichao) proporcionó suficiente área experimental para investigar los efectos de las dosis y métodos de aplicación de N sobre el rendimiento de semilla pura de *A. gayanus.* Este campo fue quemado en agosto 25; después de setiembre 14 recibió suficiente lluvia; comenzaron a florecer a mediados de octubre y maduraron a mediados de diciembre. El Cuadro 22 presenta las dosis de N que fueron aplicadas y las cantidades de semilla pura cosechada. Hubo dificultades para determinar la fecha óptima de cosecha. Una de las repeticiones se cosechó en diciembre 19 y el resto, en diciembre 27. No se observaron diferencias entre los promedios de los tratamientos, con base en los datos obtenidos para todas las cuatro repeticiones. Sin embargo, se observó una diferencia significativa entre repeticiones, relacionada con la fecha de cosecha, lo cual indica que la cosecha de diciembre 27 fue hecha demasiado tarde y que, para esa fecha, no se pudo registrar posibles diferencias entre tratamientos. Por lo tanto, los datos no replicados de la cosecha de diciembre 19 merecen un comentario independiente y no conjunto. Estos datos indican que el rendimiento de semilla pura tiende a aumentar al incrementar los niveles de N. Se registró un rendimiento de semilla pura de más de 200 kg/ha, tanto de 200 como de 300 kg de N/ha con dos aplicaciones divididas. Estas investigaciones continuarán.

Remoción de la arista: Como la espiguilla de *A. gayanus* es muy pilosa y presenta una arista larga, las masas de semilla tienden a amontonarse y no fluyen con facilidad. Para superar esta dificultad, la cual complica el procesamiento de la semilla, se desarrolló un removedor de la arista.

Básicamente, este implemento incluye un cilindro de metal de 71 x 30 cms con dedos de caucho que sobresalen, una concavidad superior con una superficie de caucho acanalada y una concavidad inferior, semicilíndrica y curva hecha de tamices, con aperturas variables. Es posible graduar la velocidad del cilindro, desde 250 hasta 750 rpm, para lo cual se dispone de tres poleas; la luz entre los dedos del tambor y el tamiz de la concavidad curva es ajustable entre 1 y 5 cm. El implemento, que tiene una capacidad aproximada de 50 kg/ha, se alimenta con la semilla manualmente, desde una tolva pequeña hacia el cilindro central rotatorio; una broca basal controla el flujo de semilla.

Cuadro 22.

Efecto de las aplicaciones de N sobre el rendimiento de semilla pura de *Andropogon gayanus* en El Limonar.

Aplicación de nitrógeno (kg/ha)			Rendimiento de semilla pura (kg/ha)	
Set. 20	Oct. 14	Total	Dic. 19	Dic. 27
0	0	0	111	68
100	0	100	134	66
200	0	200	163	60
50	150	200	206	80
50	250	300	225	80

Análisis de pureza: Las determinaciones del rendimiento en términos estandar de semilla pura y de la germinación de la fracción de semilla pura, requieren de un método estandarizado para el análisis de pureza.

Se desarrolló una prueba "rápida" (denominada también "Irish"), la cual utiliza una muestra de 10 g y define una semilla pura como una espiguilla basal más su ápice. La ventaja de esta prueba es su velocidad. Su aplicación es la siguiente: 100 menos la pureza "Irish" equivale al nivel mínimo de materia inerte, según la definición internacional de pureza. En consecuencia, la prueba de pureza "Irish" proporciona un ensayo fácil de la cantidad mínima de materia inerte presente en una muestra de semilla pero no define la naturaleza real de la fracción de semilla pura.

Con base en la Prueba de Pureza Internacional (en la cual la fracción de semilla pura corresponde al conjunto de aquellas espiguillas que contienen una cariopsis confirmada), se desarrolló un concepto en el cual se define la fracción de semilla pura como las espiguillas basales que contienen una cariopsis pero excluyen la arista, cualquier cariopsis libre o bien partes de ella, y espiguillas germinadas excluyendo la arista. El material inerte incluye las espiguillas basales sin cariopsis, todas las espiguillas superiores, todas las aristas, suelo, arena y partes vegetativas de la planta, etc. La separación de una muestra de 6 g en sus tres fracciones componentes —semilla pura, materia inerte y malezas— es muy laboriosa y requiere un tiempo de aproximadamente 4 horas.

Se hizo un intento por desarrollar una forma indirecta más rápida para estimar la Pureza Internacional, utilizando la relación que existe entre el contenido de cariopsis (expresado como un porcentaje con base en el número) y la Pureza Internacional (expresado como un porcentaje con base en el peso) de la fracción de semilla pura "Irish" de cualquier muestra. Utilizando una gran cantidad de muestras se definió una ecuación de regresión linear de $Y = 1.099\ X$, ($R^2 = 0.993$) en donde Y = Pureza Internacional de la fracción de semilla pura "Irish" y X = contenido de cariopsis de la fracción de semilla pura "Irish". Para una muestra dada de semilla, el procedimiento para calcular indirectamente la Pureza Internacional es: 1) determinar la pureza "Irish" y el contenido de cariopsis; 2) a partir de la ecuación, determinar la Pureza Internacional de la

fracción de semilla pura "Irish"; y 3) multiplicar este valor por el porcentaje de pureza "Irish". Si bien la utilización de este método permite obtener datos muy aproximados a los valores derivados de las determinaciones directas de la Pureza Internacional, su utilidad está siendo investigada.

FITOPATOLOGIA

La Sección de Fitopatología del Programa de Ganado de Carne inició sus actividades en julio de 1978. Los objetivos principales de esta sección son detectar, identificar y evaluar las enfermedades del germoplasma en estudio y desarrollar medidas de control de las enfermedades que causan daño a las especies forrajeras promisorias.

La actividad principal realizada en 1978 fue la iniciación de estudios extensivos de la microflora del germoplasma que actualmente está bajo evaluaciones de campo y de las especies nativas relacionadas, para determinar la incidencia y la severidad de los organismos patógenos.

Antracnosis

La antracnosis es la enfermedad que causa más daño a las leguminosas forrajeras tropicales en América Central, América del Sur, Australia y el estado norteamericano de Florida. Se había informado que, en América Latina, esta enfermedad era causada por un hongo, *Colletotrichum gloeosporioides* y que solamente afectaba especies de *Stylosanthes*.

Dada su importancia, se inició un estudio específico para determinar la ocurrencia y la severidad de la antracnosis en Carimagua, El Limonar (cerca de CIAT-Quilichao) y la subestación experimental de Quilichao. Se hicieron 15 aislamientos al azar de las accesiones, en las cuales se sospechaba la presencia de lesiones de antracnosis. Hasta la fecha, los resultados han demostrado que la antracnosis es una enfermedad que está muy extendida (Cuadros 23, 24 y 25). La mayoría de los géneros de leguminosas que están actualmente bajo evaluación, así como también algunos especímenes de la flora indígena, fueron hospedantes de la antracnosis en las tres localidades mencionadas. Además, hay involucradas dos especies de *Colletotrichum: C. gloeosporioides* y *C. dematium;* los síntomas causados por ambos hongos en cualquier accesión, son idénticos.

Aunque la antracnosis está muy difundida, su severidad varía considerablemente entre géneros y accesiones. En todas las localidades, la antracnosis, principalmente la ocasionada por *C. gloeosporioides*, fue severa en accesiones de *Stylosanthes guianensis*. La mayoría de las siembras de *Stylosanthes capitata* en Carimagua y CIAT-Quilichao sólo presentaron infecciones ligeras o no fueron afectadas del todo. En El Limonar, aunque las lesiones del tallo fueron numerosas en plantaciones de *S. capitata* (CIAT 1019, 1078, 1097 y 1405) de 2.5 años de edad, sus efectos fueron menores. Las selecciones de accesiones de *Stylosanthes* hechas anteriormente por resistencia a *C. gloeosporioides* (Informes Anuales del CIAT, 1976 y 1977), conjuntamente con las observaciones de campo, habían mostrado que *S. capitata* era altamente tolerante a la antracnosis. Se ha iniciado un estudio para determinar cuáles son las bases de esta tolerancia.

Cuadro 23.

Presencia o ausencia de hongos que causan la antracnosis (*Colletotrichum* spp.), en leguminosas forrajeras tropicales, en Carimagua. (Media de 15 aislamientos hechos al azar, por accesión.)

Especies	Accesiones que presentan: *C. gloeosporioides*	Accesiones que presentan: *C. dematium*
Stylosanthes capitata		
Ausencia	1342, 1497, 1504, 1520, 1533, 1535, 1642, 1728	1342, 1497, 1535, 1728
Presencia ligera	1019, 1315[1], 1499	1504, 1520, 1533, 1642
Presencia moderada	1078	1019, 1078, 1499
Presencia severa	-	1315
Stylosanthes guianensis		
Ausencia	1533, 1551, 1569	136, 1553, 1569, 1571
Presencia ligera	1486, 1578	1480, 1486, 1503, 1533, 1549, 1551, 1562, 1565, 1573, 1649
Presencia moderada	1480, 1503, 1549, 1565, 1571, 1573	1578
Presencia severa	136, 1553, 1562, 1649	-
Stylosanthes hamata		
Ausencia	-	147
Presencia severa	147	-
Stylosanthes humilis		
Ausencia	1303	-
Presencia moderada	-	1303
Stylosanthes ingrata	-	
Ausencia	-	1604
Presencia severa	1604	-

1 Producción del estado sexual del hongo

(continúa)

Cuadro 23. (continuación)

Especie	Accesiones que presentan: *C. gloeosporioides*	*C. dematium*
Stylosanthes scabra		
Ausencia	1583	1583
Aeschynomene sp.		
Ausencia	9874	-
Presencia ligera	-	9874
Cassia sp.		
Ausencia	Nativa	-
Presencia ligera	-	Nativa
Centrosema spp.		
Ausencia	5061	5061
Presencia moderada	438	-
Presencia severa	-	438
Desmodium barbatum		
Ausencia	Nativa	-
Presencia ligera	-	Nativa
Desmodium heterophyllum		
Ausencia	349	-
Presencia ligera	-	349
Desmodium heterocarpon		
Ausencia	365	365
Desmodium ovalifolium		
Ausencia	350	350

(continúa)

Cuadro 23.(continuación)

Especie	Accesiones que presentan: *C. gloeosporioides*	*C. dematium*
Galactia spp.		
Ausencia	964, 9152	9152
Presencia moderada	-	964
Indigofera sp.		
Ausencia	Nativa	-
Presencia severa	-	Nativa
Macroptilium spp.		
Ausencia	-	4049
Presencia ligera	4115	4115
Presencia moderada	4049	-
Pueraria phaseoloides		
Ausencia	-	9900
Presencia severa	9900	-
Soemmeringia spp.		
Ausencia	9471, 9844	-
Presencia ligera	Nativa	9471, 9844
Presencia moderada	-	Nativa
Zornia spp.		
Ausencia	9166, 9199, 9203, 9225, 9226, 9245, 9258, 9284, 9292, 9602, 9644, 9915	9258
Presencia ligera	728	9166, 9203, 9225, 9226, 9245 9602, 9644, 9915
Zornia spp.		
Presencia moderada	-	728, 9199, 9284
Presencia severa	-	9292

Cuadro 24.

Presencia o ausencia de hongos que causan la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en leguminosas forrajeras tropicales, en El Limonar, cerca de CIAT-Quilichao. (Media de 15 aislamientos hechos al azar, por accesión.)

Especie	Accesiones que presentan:	
	C. gloeosporioides	*C. dematium*
Stylosanthes capitata		
Ausencia	-	1078, 1097, 1342
Presencia ligera	1342	1405
Presencia moderada	-	1019
Presencia severa	1019[1], 1078[1], 1097[1], 1405[1]	
Stylosanthes guianensis		
Ausencia	1200	64-A, 151-A, 184, 191-B, 1135, 1152, 1175, 1200 1705
Presencia ligera	1152, 1175,	191-A
Presencia moderada	151-A, 1135[1]	-
Presencia severa	64-A, 184, 191-A, 191-B 1705[1]	-
Stylosanthes hamata		
Ausencia	-	118, 147
Presencia moderada	118	-
Presencia severa	147[1]	-
Stylosanthes humilis		
Presencia ligera	1304	-
Presencia moderada	-	1304
Stylosanthes sympodialis		
Ausencia	-	1043, 1044
Presencia moderada	1043, 1044	

1 Producción del estado sexual del hongo.

(continúa)

Cuadro 24. (continuación)

Especie	Accesiones que presentan: *C. gloeosporioides*	*C. dematium*
Stylosanthes viscosa		
Ausencia	-	1074-A, 1132
Presencia ligera	1132	-
Presencia severa	1074-A	-
Calopogonium muconoides		
Ausencia	-	Sp.
Presencia moderada	Sp.[1]	-
Desmodium ovalifolium		
Ausencia	350	350
Desmodium heterocarpon		
Ausencia	365	365
Desmodium canum		
Ausencia	367	367
Desmodium barbatum		
Presencia ligera	Nativa	Nativa

1 Producción del estado sexual del hongo.

Cuadro 25.

Frecuencia o ausencia de hongos que causan la antracnosis (*Colletotrichum* spp.), en leguminosas forrajeras tropicales, en CIAT-Quilichao. (Media de 15 aislamientos hechos al azar por accesión).

Especie	Accesiones que presentan:	
	C. gloeosporioides	*C. dematium*
Stylosanthes capitata		
Ausencia	1325, 1495, 1499, 1520, 1728	1315, 1325, 1342, 1405
Presencia ligera	1342[1], 1497, 1516, 1519, 1535	1019, 1078, 1097, 1497, 1535,
Presencia moderada	1019, 1097, 1315[1],	1499, 1520
Presencia severa	1078[1], 1405	1495, 1516, 1519, 1728
Stylosanthes guianensis		
Ausencia	1062, 1175, 1825, 1829, 1832, 1833, 1838, 1842, 1856, 1871, 1905	64-A, 184, 1062, 1135, 1175, 1698, 1735, 1749, 1755, 1763 1825, 1826, 1829, 1830, 1832 1833, 1838, 1842, 1846, 1856, 1863, 1867, 1871, 1902, 1905,
Presencia ligera	1135, 1698[1], 1830	136
Presencia moderada	1826	-
Presencia severa	64-A, 136, 184, 1735, 1749, 1755, 1763, 1846, 1863[1], 1867, 1902	-
Stylosanthes hamata		
Ausencia	-	118, 147
Presencia ligera	147	-
Presencia severa	118	-
Centrosema spp.		
Ausencia	4042, 5175, 5177, 5196	438, 4042, 5062, 5107, 5108, 5175, 5177, 5196
Presencia ligera	5062, 5108	-
Presencia severa	438, 5107	-

1 Producción del estado sexual del hongo.

(continúa)

Cuadro 25. (continuación)

Especie	Accesiones que presentan: *C. gloeosporioides*	*C. dematium*
Desmodium ovalifolium		
Ausencia	350	350
Desmodium barbatum		
Ausencia	-	Nativa
Presencia severa	Nativa[1]	-
Galactia striata		
Presencia ligera	-	964
Presencia severa	964	-
Macroptilium spp.		
Ausencia	4014, 4015, 4050, 4133	535, 4009, 4014, 4015, 4050 4133
Presencia ligera	535	-
Presencia moderada	4009	-
Vigna spp.		
Ausencia	4188, 9546	4120, 4139, 4188, 9546
Presencia moderada	4120[1], 4139	-
Zornia spp.		
Ausencia	9472, 9651, 9925	9166, 9292, 9472, 9651, 9771, 9925
Presencia ligera	9166	-
Presencia moderada	728, 9292, 9771	728

1 Producción del estado sexual del hongo.

En las accesiones de *Zornia*, *C. dematium* causó, en Carimagua, lesiones foliares ligera a moderadamente severas; en CIAT-Quilichao, ambas especies de *Colletotrichum* estuvieron involucradas. En Carimagua, *C. gloeosporioides* causó la muerte descendente en varios campos de *Pueraria phaseoloides*. Algunos hongos del grupo de la antracnosis ocasionaron lesiones menores en hojas y tallos de otras leguminosas. La única leguminosa forrajera promisoria que no fue afectada por la antracnosis es *Desmodium ovalifolium*.

Se están colectando aislamientos de *Colletotrichum* de las accesiones más afectadas. También, se están adelantando pruebas de selección (tamizado) para evaluar la resistencia de diferentes leguminosas promisorias a los hongos causantes de la antracnosis y a la vez, determinar cuál es la amplitud del rango de los hospedantes. Si se utilizan mezclas de leguminosas, es esencial determinar si la infección de una leguminosa puede afectar a las otras.

En Carimagua, algunas accesiones de germoplasma de *S. guianensis* procedentes de Colombia, recientemente establecidas, fueron más susceptibles a la antracnosis que el germoplasma procedente de Venezuela y Brasil (Cuadro 26). Estas observaciones indican que es necesario hacer nuevas colecciones de *S. guianensis* en Venezuela y en Brasil, en donde las presiones de la antracnosis parecen ser más selectivas que en Colombia.

Se ha dado énfasis a la importancia de evaluar germoplasma bajo una diversidad de ecosistemas.

Añublo

El añublo, causado por *Sclerotium rolfsii*, se detectó por primera vez en Carimagua en 1977; nuevamente se observó en 1978 entre agosto y octubre. El hongo ataca plantas de *S. capitata* de 2 a 3 meses de edad y cerca de la superficie del suelo, ocasionando el marchitamiento y la muerte de la planta. La accesión CIAT 1019 fue la más susceptible, en tanto que 1078, 1315 y 1328 sólo fueron afectadas ocasionalmente. Aunque, hasta el momento, la incidencia de la enfermedad es baja, el añublo es una enfermedad potencialmente importante debido a la habilidad de los esclerosios del hongo para sobrevivir en el suelo durante muchos años. Se han iniciado experimentos para seleccionar accesiones promisorias de leguminosas contra *S. rolfsii* para estudiar la variación en la susceptibilidad con base en la edad, en la accesión CIAT 1019.

El Nemátodo del Nudo Radical

Varias siembras de *D. ovalifolium* CIAT 350 establecidas en Carimagua, El Limonar y CIAT-Quilichao, fueron afectadas por el nemátodo del nudo radical, *Meloidogyne javanica*. Las plantas infectadas presentaron clorosis y enanismo; en las raíces se desarrollaron agallas grandes. Las plantas severamente infectadas murieron. Las únicas plantaciones de *D. ovalifolium* en Carimagua y CIAT-Quilichao que se observaron afectadas por el nemátodo, fueron las que se habían propagado vegetativamente. Los estudios hechos con leguminosas nativas, incluyendo especies de *Desmodium*, en Carimagua, El Limonar y Quilichao, con una excepción, no lograron detectar la presencia de los nemátodos del nudo radical. En Carimagua, se observó la infección en una especie nativa de *Desmodium*, la cual se encontraba cerca de una plantación infectada de *D. ovalifolium*. Tal parece que los factores responsables de la presencia del nemátodo del nudo radical en Carimagua y en CIAT-Quilichao fueron la introducción de material de *D. ovalifolium* infectado y/o suelo infectado (posiblemente, a través

de suelo utilizado en materas Jiffy de CIAT-Palmira, en las cuales se había cultivado yuca y *Bidens pilosa*, una planta de la familia de las compuestas; ambas plantas son hospedantes de este nemátodo). Se están haciendo selecciones (tamizado) de todas las leguminosas promisorias y de muchas accesiones de especies de *Demodium* por su resistencia a *M. javanica*.

Mancha Foliar Causada por Camptomeris

Esta enfermedad causada por *Camptomeris leucaenae* es específica de las especies de *Leucaena*. Sólo se había detectado en algunas islas del Caribe, Venezuela y en febrero de 1978, en México, en donde su incidencia fue esporádica pero su efecto severo. Algunas parcelas recién

Cuadro 26.

Evaluación de la antracnosis en *Stylosanthes guianensis*, en parcelas de introducción (para pastoreo), en Carimagua.

CIAT No.	Origen	Fecha de siembra 1978	Evaluación preliminar de la antracnosis[1] octubre 11
136	Meta, Col.	Abril 29	3
1562	Meta, Col.	Abril 29	3
1578	Meta, Col.	Abril 29	2
1571	Meta, Col.	Abril 29	3
1563	Meta, Col.	June 3	3
1549	Meta, Col.	Junio 3	3
1577	Meta, Col.	Junio 3	2
1564	Meta, Col.	Junio 3	1
1551	Meta, Col.	Junio 3	1
1552	Meta, Col.	Junio 3	3
1572	Meta, Col.	Junio 3	3
1573	Meta, Col.	Junio 3	2
1566	Meta, Col.	Junio 3	3
1557	Meta, Col.	Julio 20	2
1568	Meta, Col.	Julio 20	4
1574	Meta, Col.	Julio 20	1
1553	Meta, Col.	Julio 20	4
1560	Meta, Col.	Julio 20	1
1561	Meta, Col.	Julio 20	1
1565	Meta, Col.	Julio 20	2
1559	Meta, Col.	Julio 20	1
1480	Vichada, Col.	Junio 3	2
1483	Vichada, Col.	Junio 3	3

1 Evaluación por antracnosis: 0 = sin antracnosis; 1 = manchas pequeñas en hojas y/o tallos; 2 = manchas moderadas en hojas y/o tallos; 3 = manchas severas, defoliación; 4 = defoliación severa, muerte de las plantas.

(continúa)

Cuadro 26. (continuación)

CIAT No.	Origen	Fecha de siembra 1978	Evaluación preliminar de la antracnosis[1] octubre 11
1484	Vichada, Col.	Junio 3	0
1481	Vichada, Col.	Junio 3	3
1482	Vichada, Col.	Junio 16	0
1479	Vichada, Col.	Julio 8	3
1575	Vichada, Col.	Agosto 8	4
1478	Vichada, Col.	Agosto 8	4
1477	Cauca, Col.	Junio 3	0
1648	Cauca, Col.	Julio 20	1
1649	Cauca, Col.	Agosto 8	4
1580	Tolima, Col.	Julio 20	3
1539	Venezuela	Abril 29	1
1523	Venezuela	Junio 3	1
1503	Venezuela	Junio 3	3
1491	Venezuela	Junio 16	0
1533	Venezuela	Julio 20	1
1521	Venezuela	Julio 20	0
1531	Venezuela	Julio 20	0
1508	Venezuela	Julio 20	0
1507	Venezuela	Agosto 8	0
1500	Venezuela	Agosto 8	0
1498	Venezuela	Agosto 8	0
1335	Brasil	Junio 16	0
1678	Brasil	Julio 20	0
1633	Brasil	Julio 20	0
1741	Brasil	Julio 8	0
1604	Brasil	Agosto 8	0
1640	Brasil	Agosto 8	0
1681	Brasil	Agosto 8	0
1486	Panama	Abril 29	1
1600	Belice	Junio 3	1
1602	Belice	Julio 20	0
1609	Belice	Julio 20	1
1599	Belice	Julio 8	0
1598	Belice	Julio 8	0
1611	Belice	Julio 8	0
1585	Belice	Julio 8	0
1622	Belice	Agosto 8	0
1591	Belice	Agosto 8	0
1589	Guatemala	Julio 20	3
1948	Ecuador	Agosto 8	2

1 Evaluación por antracnosis: 0 = sin antracnosis; 1 = manchas pequeñas en hojas y/o tallos; 2 = manchas moderadas en hojas y/o tallos; 3 = manchas severas, defoliación; 4 = defoliación severa, muerte de las plantas.

establecidas de *Leucaena leucocephala* CIAT 734 fueron severamente afectadas por *C. leucaenae* en CIAT-Quilichao, en setiembre de 1978. Sobre el haz de las hojas afectadas aparecieron manchas de color marrón o parches cloróticos, en tanto que, sobre el envés de las hojas, el hongo esporuló profusamente en la forma de pústulas negras. Las hojas muy infectadas tomaron un color amarillo y hubo una defoliación considerable. Los períodos secos favorecieron la infección. Esta enfermedad que es potencialmente dañina, requerirá un estudio básico si *Leucaena* continúa siendo considerada como una planta leguminosa forrajera tropical promisoria para esta región.

Mancha Foliar Causada por Cercospora

En CIAT-Quilichao y en Carimagua, la mayoría de las plantaciones de *Panicum maximum* fueron afectadas por la mancha foliar ocasionada por *Cercospora*. Las infestaciones fueron más severas en el ambiente más húmedo de Carimagua. Las manchas marrón-rojizas se agrandaron y coalescieron en las hojas de todas las edades, produciendo áreas extensivas de tejido necrótico. Se están iniciando estudios acerca del efecto de *Cercospora* sp. sobre el rendimiento de *P. maximum* y también evaluaciones de campo para encontrar materiales con resistencia a la enfermedad.

Roya

Algunas accesiones de especies de *Macroptilium* y de *Vigna* fueron afectadas por la roya, *Uromyces appendiculatus*, en forma moderada o severa, bajo las condiciones de CIAT-Quilichao. En ambas superficies de las hojas se constató un desarrollo profuso de soros grandes, de color marrón-rojizo, los cuales contenían uredosporas. La planta forrajera *Macroptilium* sp. CIAT 4050 fue severamente afectada; muchas de sus hojas tomaron una coloración amarilla y luego cayeron. Esta enfermedad requerirá mayores investigaciones si las especies *Macroptilium* y *Vigna* continúan siendo consideradas como plantas forrajeras promisorias en el futuro.

Oidio

En CIAT-Quilichao, el oidio, causado por *Oidium* sp. fue observado en accesiones de especies de *Macroptilium* y *Vigna*. Varias plantas de *Macroptilium* sp. CIAT 4195 murieron. Sin embargo, hasta el momento, la incidencia de la enfermedad es baja.

Otros Hongos Potencialmente Importantes

Leguminosas

El hongo *Alternaria alternata* ocasionó manchas moderadamente severas en hojas y tallos de *Zornia* sp. CIAT 9203; *Cercospora* spp. las causó en accesiones de *Centrosema, Galactia, Macroptilium* y *Vigna; Cercosporidium* sp. en varias accesiones de *Aeschynomene* y *Dreschslera* sp. en varias accesiones de *Zornia*. Otros hongos que fueron aislados de manchas foliares incluyeron *Curvularia* spp., *Dreschslera* spp., *Leptosphaerulina* spp., *Pestalotia* spp., *Phoma* spp., *Phomopsis* sp. y *Stemphylium* spp.

Gramíneas

Algunos hongos potencialmente patogénicos, aislados de manchas foliares en gramíneas, incluyeron *Alternaria* spp., *Curvularia* spp. y *Colletotrichum graminicola*. Las inflorescencias de *P. maximum* fueron esporádicamente afectadas por *Fusarium* spp. y un carbón (*Ustilago* sp.). Aún no se han identificado patógenos potenciales que ataquen a la planta forrajera *Andropogon gayanus* 621.

ENTOMOLOGIA

El objetivo básico de la Sección de Entomología es desarrollar sistemas de manejo de plagas para los forrajes tropicales en el Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne. Estos sistemas están diseñados para evitar o minimizar el uso de productos químicos para el control de plagas.

Los estudios realizados durante 1978 se concentraron en la biología, ecología y dinámica de población de las plagas insectiles conjuntamente con el desarrollo de un sistema de selección de plantas que tengan resistencia genética al barrenador del tallo. Además, se identificaron y evaluaron algunos agentes de control biológico y prácticas de manejo animal y de forraje, como componentes de los sistemas de control integrado.

Estudios Sobre Ciclos de Vida

El Barrenador del Tallo

El barrenador del tallo, tentativamente identificado como *Zaratha* sp. en el Informe del CIAT de 1977, fue reclasificado este año por D.R. Davis, del Beltsville Agricultural Research Center, USDA, como *Caloptilia* sp. Este insecto ataca las especies de *Stylosanthes* en las tres principales localidades de investigación del Programa de Ganado de Carne: en los Llanos Orientales de Colombia, en el Valle del Cauca de Colombia y en el Cerrado de Brasil. La hembra oviposita en el tallo de las plantas; los huevos son de color rojo, alargados, con una longitud de aproximadamente 0.42 mm y con una superficie rugosa. El período de incubación es de aproximadamente 11 días, a 25°-30°C. Las larvas recién emergidas tienen una longitud de aproximadamente 0.6 mm; son de color blanco cremoso, con una placa anal bien diferenciada. Las larvas penetran el tallo y continúan su desarrollo hasta alcanzar una longitud aproximada de 7.5 mm. El estado larval tiene una duración promedio de 58 días. El estado de pupa ocurre dentro del tallo y el adulto emerge 18 días después. El adulto del barrenador del tallo es un microlepidóptero de color gris marrón, con una longitud de 5 mm y presenta antenas filiformes muy largas. La Figura 34 ilustra el ciclo de vida del barrenador del tallo.

El Perforador de Botones

La información obtenida sobre la biología del perforador de botones de *Stylosanthes*, *Stegasta bosqueella* Chambers, se obtuvo bajo condiciones de campo en siembras de *S. capitata* 1019. Las hembras ovipositan sus huevos en los tricomas de las bracteas externas de las inflorescencias. Los huevos son alargados, de color blanco cremoso y de superficie rugosa. El período de incubación es de aproximadamente 5 días. Al momento de la eclosión, las larvas son de color amarillo cremoso, con un protorax y mesotorax de color oscuro rojizo y con una longitud de 0.5 mm. El último estado larval tiene una longitud de 6 mm y toma una coloración rosada. El período larval tiene una duración de aproximadamente 18 días y el estado de pupa, 9 días. Bajo condiciones de campo, el perforador de botones se alimenta en las ramas terminales, antes de que la planta inicie su floración. La Figura 35 ilustra el ciclo de vida del perforador de botones.

Control Biológico

Parasitismo de las Larvas

Las poblaciones de larvas del barrenador del tallo son parasitadas por

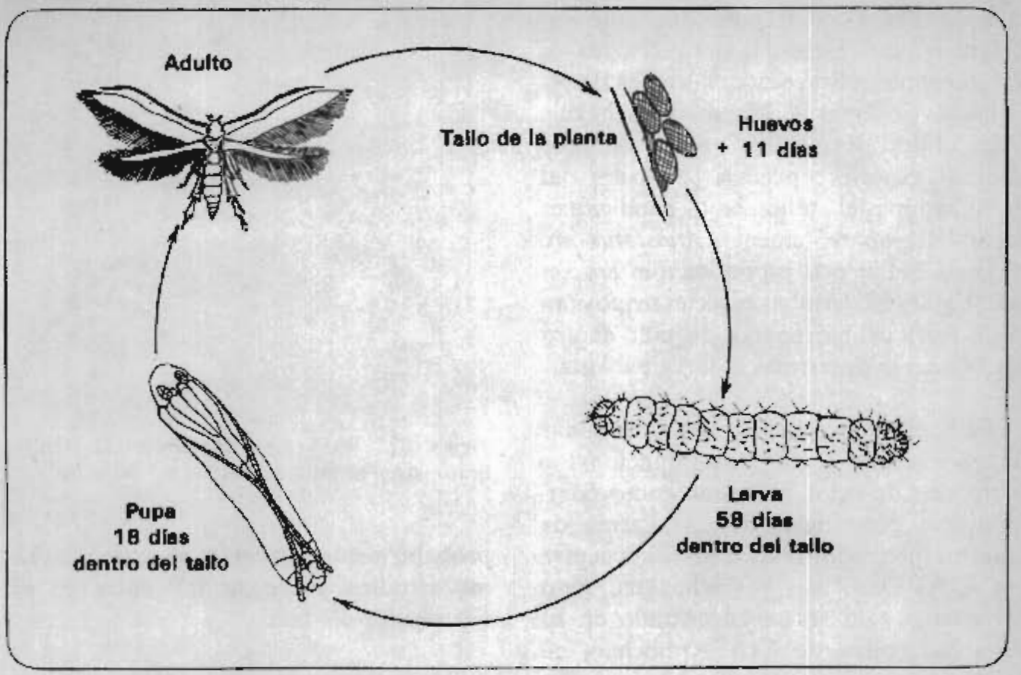


Figura 34. Ciclo de vida del barrenador del tallo *(Caloptilia* sp.) que ataca plantas de *Stylosanthes.*

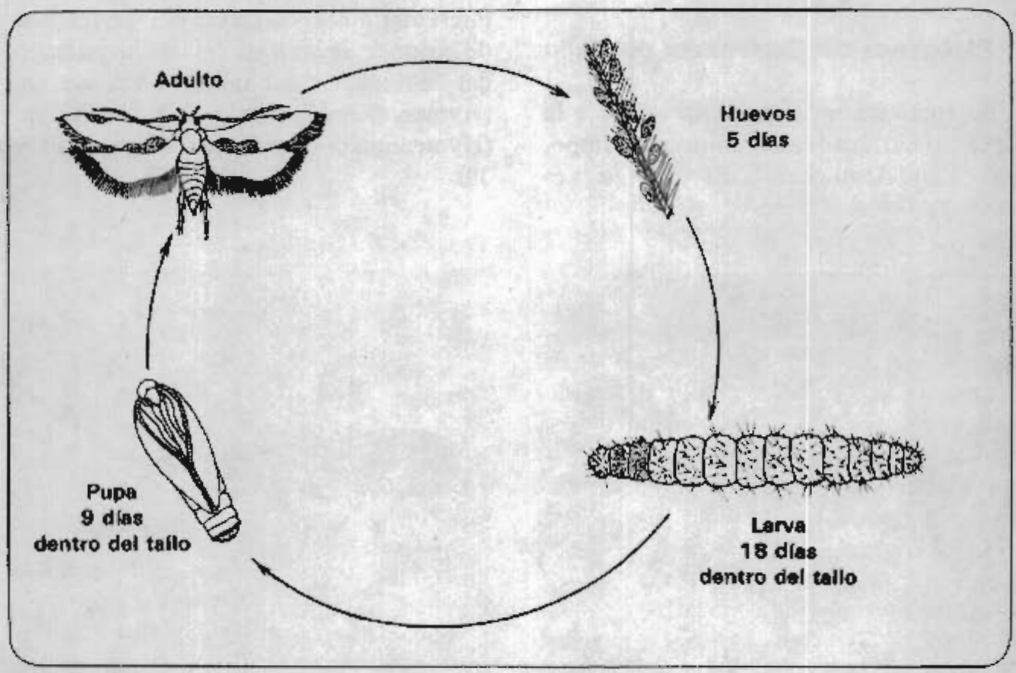


Figura 35. Ciclo de vida del perforador de botones, *Stegasta bosqueella* (Chambers), que ataca plantas de *Stylosanthes.*

avispas identificadas como *Anastatus* sp. (Hymenoptera:Eupelimidae) y *Bracon* sp. (Hymenoptera:Braconidae) (ambas determinadas por Paul M. Marsh, del Beltsville Agricultural Research Center). Aunque ambas especies pueden parasitar al barrenador del tallo bajo condiciones naturales, aparentemente *Anastatus* sp. (Figura 36) es más específica que *Bracon* sp. (Figura 37). Ambas especies ovipositan en la larva del barrenador del tallo dentro de la cual se desarrolla la larva parásita.

Se harán más estudios para determinar la eficiencia y la respuesta funcional y numérica de estos parásitos como componentes potenciales de un sistema de control integrado. *Bracon* sp. se encuentra en CIAT-Quilichao y Carimagua, pero *Anastatus* sólo se ha encontrado en El Limonar, cerca de CIAT-Quilichao, en donde hay poblaciones establecidas. En CIAT-Quilichao, la infestación del barrenador del tallo es actualmente muy baja.

Patógenos del Barrenador del Tallo

Se encontró un hongo que afecta a la larva del barrenador del tallo, en el campo, en CIAT-Quilichao. El hongo es probablemente *Spicaria;* se continuarán los estudios sobre su influencia en el barrenador del tallo.

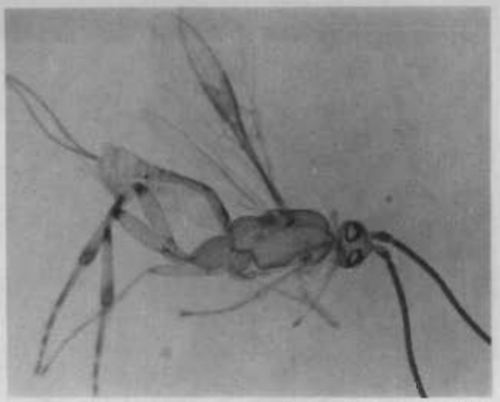


Figura 37. *Bracon* sp. (Hymenoptera; familia: Braconidae), parásito del barrenador del tallo.

Parasitismo del Perforador de Botones

Se han encontrado tres parásitos diferentes atacando larvas del perforador de botones: *Bracon* sp. (el mismo parásito del barrenador del tallo); *Chelonus* sp. (Hymenoptera:Braconidae) y *Orgilus* sp. (Hymenoptera:Braconidae) (Figuras 38 y 39).

Figura 36. *Anastatus* sp. (Hymenoptera; familia: Eupelmidae), parasito del barrenador del tallo.

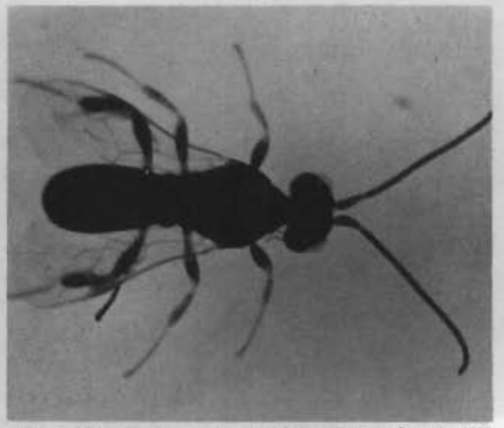


Figura 38. *Chelonus* sp., parásito del perforador de botones (Hymenoptera; familia: Braconidae).

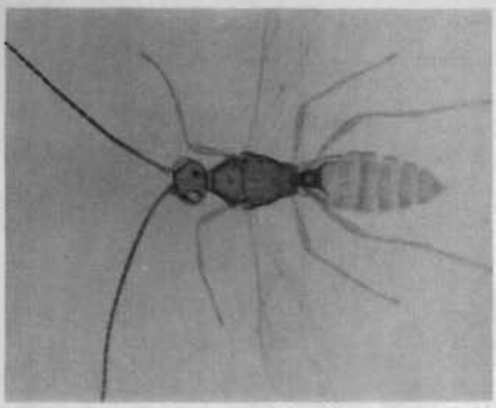


Figura 39. *Orgilus* sp., parásito del perforador de botones (Hymenoptera; familia: Braconidae).

Resistencia de la Planta Hospedante

Sistema de "Tamizado" para Selección

Como el barrenador del tallo es la plaga más importante que afecta las accesiones de *Stylosanthes,* se ha hecho énfasis en el desarrollo de un sistema de tamizado de selección para evaluar, lo más rápidamente posible, el germoplasma de forrajes del CIAT por su tolerancia o resistencia. El sistema incluye tres pasos:

1) *Tamizado en el campo:* En 1978 se hicieron evaluaciones utilizando germoplasma sembrado en CIAT-Quilichao, Carimagua y cualquier otra localidad en donde otras secciones del Programa de Ganado de Carne tengan material sembrado. Cuando ocurren brotes naturales, se obtiene información sobre la longitud de las perforaciones, tamaño y número de larvas y fenología de las plantas.

2) *Prueba de preferencia de oviposición.* Para hacer esta prueba, se diseñaron jaulas en las cuales se colocan al azar plantas de *Stylosanthes.* El material se infesta con machos y hembras de *Calop-tilia* sp. Las plantas permanecen en las jaulas durante 3 ó 4 días, tiempo después del cual se sacan y se reemplazan por otras, las cuales se vuelven a infestar con nuevos grupos de machos y hembras. Las evaluaciones de la oviposición se hacen registrando el número de huevos encontrados por ecotipo de planta en evaluación.

3) *Prueba de preferencia para la alimentación.* Se colocan tallos de varias accesiones promisorias de *Stylosanthes* en platos de Petri infestados con larvas del barrenador del tallo, dando oportunidad a las larvas para infestar y penetrar el ecotipo preferido.

Dinámica de Población

Se inició un estudio para identificar los órdenes, familias y especies de insectos que se encuentran con mayor frecuencia en los diferentes ecotipos de leguminosas y gramíneas y para enriquecer el conocimiento en lo que respecta a los flujos y preferencias de las poblaciones de insectos. Se formó una colección y se desarrolló un catálogo de los principales insectos encontrados en gramíneas y leguminosas. Se registraron altas poblaciones, durante el primer año de observaciones; hay especies de Homóptera que parecen ser plagas potenciales, tanto en CIAT-Quilichao (Figura 40), como en Carimagua. La Figura 40 muestra que los órdenes de insectos presentan una distribución más pareja en *Andropogon gayanus* que en otras especies. Muchos de estos insectos son benéficos (Hymenoptera, Diptera incluyendo insectos polinizadores, algunos Hemiptera y Coleoptera).

Caracterización de los Efectos de Ataques de Antracnosis/ Barrenador del Tallo

Con el fin de comprender y diferenciar los efectos de la antracnosis y del

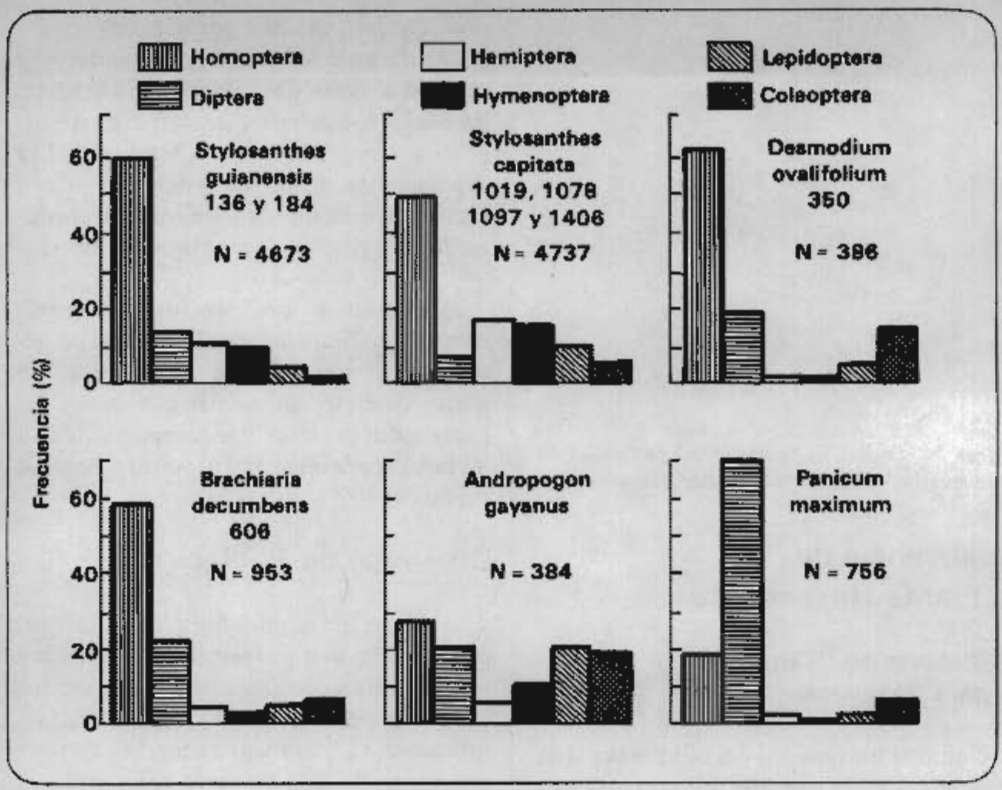


Figura 40. Frecuencia de la aparición de diferentes órdenes insectiles en algunas leguminosas y gramíneas, en muestras tomadas en CIAT-Quilichao (1978). (N = número de insectos observados.)

barrenador del tallo en siembras de *Stylosanthes guianensis* 136, se diseñó un experimento con tratamientos fungicidas (benomil), insecticidas (carbofuran) o fungicidas/insecticidas. El experimento se localizó en Carimagua, en lotes establecidos con *S. guianensis*. Los datos de 1 año de observaciones (Cuadro 27) mostraron que: 1) la menor producción de forrajes se debió a los ataques de la

Cuadro 27.

Efecto de los tratamientos con fungicida, insecticida y fungicida/insecticida sobre la incidencia de la antracnosis y las infestaciones del barrenador del tallo, y en los rendimientos de praderas de *Stylosanthes guianensis* 136, en Carimagua, durante 1978.

Parámetro	Tratamientos[1]				
	Testigo	Insecticida	Fungicida	Insecticida/ fungicida	Pastoreado
Infestación por barrenador del tallo (%)	8.0	5.25	7.75	4.50	3.25
Defoliación (%)	53.67	51.74	43.41	44.11	54.85
Materia fresca[2] (kg/ha)	2041	2100	3740	3780	-
Materia seca[2] (kg/ha)	660	667	1180	1172	-

1 Insecticida: carbofuran: fungicida: benomil
2 Para el primer corte, en agosto, 1978.

antracnosis y no a las infestaciones del barrenador del tallo; 2) la defoliación fue mayor en tratamientos que no recibieron fungicidas; 3) los tratamientos que recibieron el fungicida dieron la producción de forraje más alta. El porcentaje de infestación del barrenador del tallo, durante el año, fue baja y el nivel de infestación fue de menos de una larva por planta. Con base en estos resultados preliminares, el barrenador del tallo no se puede considerar como un factor limitante en la producción de forrajes, por lo menos, durante el año de establecimiento de las praderas. Este experimento se continuará durante 2 años más.

Evaluaciones de Campo

Durante 1978, se llevaron registros contínuos de los niveles de infestación del barrenador del tallo en Carimagua. Se evaluaron parcelas de campo de accesiones de *Stylosanthes* sembradas solas o bien, en asociación con gramíneas, con o sin pastoreo.

Comparando *S. capitata* 1019 y *S. capitata* 1078, en asociación con *Brachiaria decumbens* y *A. gayanus*, con y sin pastoreo, la accesión 1019 mostró menos infestación que 1078, en ambas situaciones (Figura 41). También, se evaluaron 11 ecotipos en asociación con gramíneas bajo pastoreo. Los resultados mostraron alguna variabilidad en la infestación entre los ecotipos. *S. capitata* 1019 presentó el porcentaje más bajo de infestación, en tanto que *S. capitata* 1078 mostró el más ancho (Figura 42). Sin embargo, los niveles de infestación (número de larvas por planta) fueron bajos

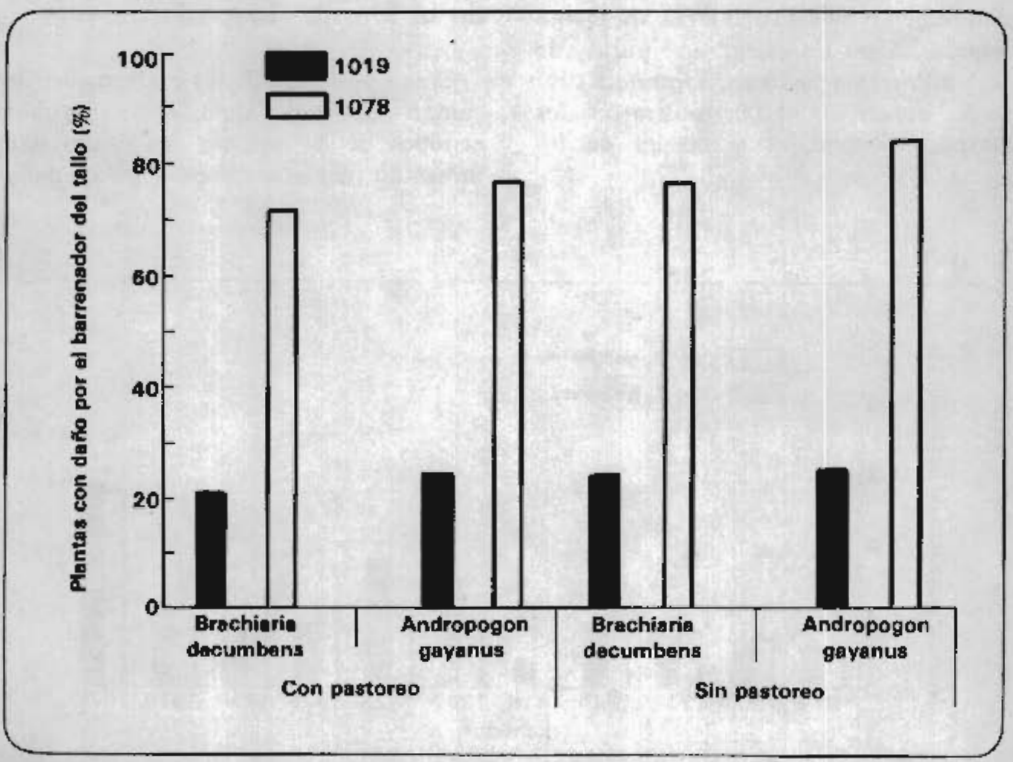


Figura 41. Porcentaje de infestación del barrenador del tallo *(Caloptilia* sp.) en dos ecotipos de *Stylosanthes capitata* en asociación con dos gramíneas, con y sin pastoreo, en Carimagua (1978).

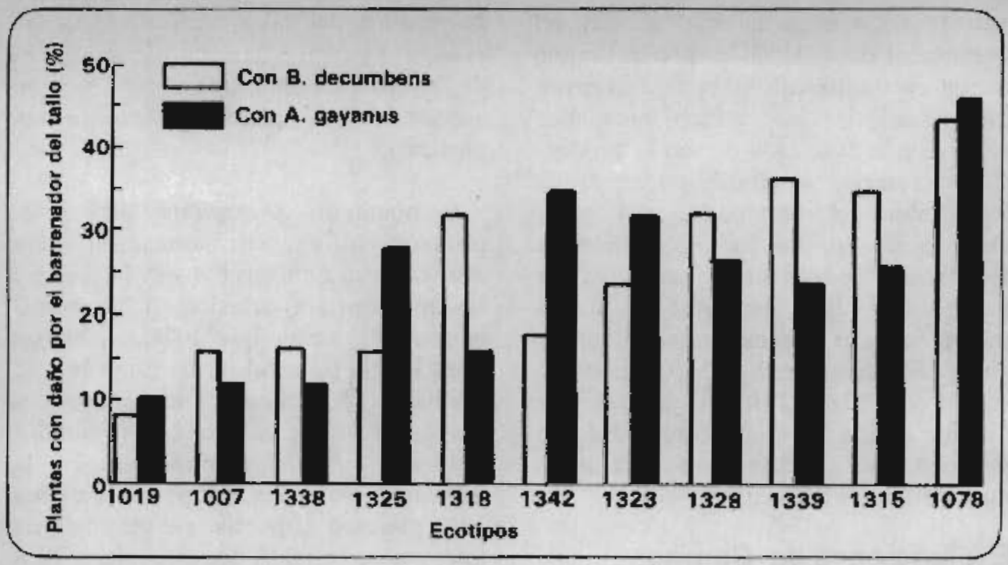


Figura 42. Porcentajes de infestación por el barrenador del tallo *(Caloptilia* sp.) encontrado en algunos ecotipos de *Stylosanthes capitata* en asociación con gramíneas bajo pastoreo, en Carimagua (1978).

en todos los casos, excepto en 1078, en el cual presentó más de una larva por planta (Figura 43). En siembras puras de *Stylosanthes* sin pastoreo, *S. capitata* 1097 y *S. guianensis* 1200 mostraron los mayores porcentajes y niveles de infestación (Figura 44).

Bases para la Resistencia de la Planta Hospedante

Como resultado de las evaluaciones de campo se han identificado algunos ecotipos de *S. capitata,* los cuales han mostrado consistentemente poco daño

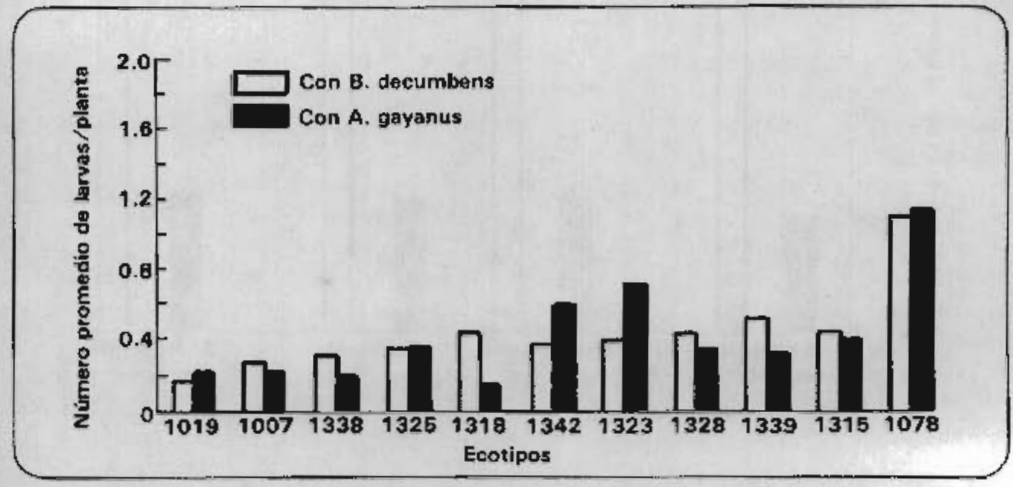


Figura 43. Número de larvas del barrenador del tallo *(Caloptilia* sp.) encontrado en algunos ecotipos de *Stylosanthes capitata* en asociación con gramíneas bajo pastoreo, en Carimagua (1978).

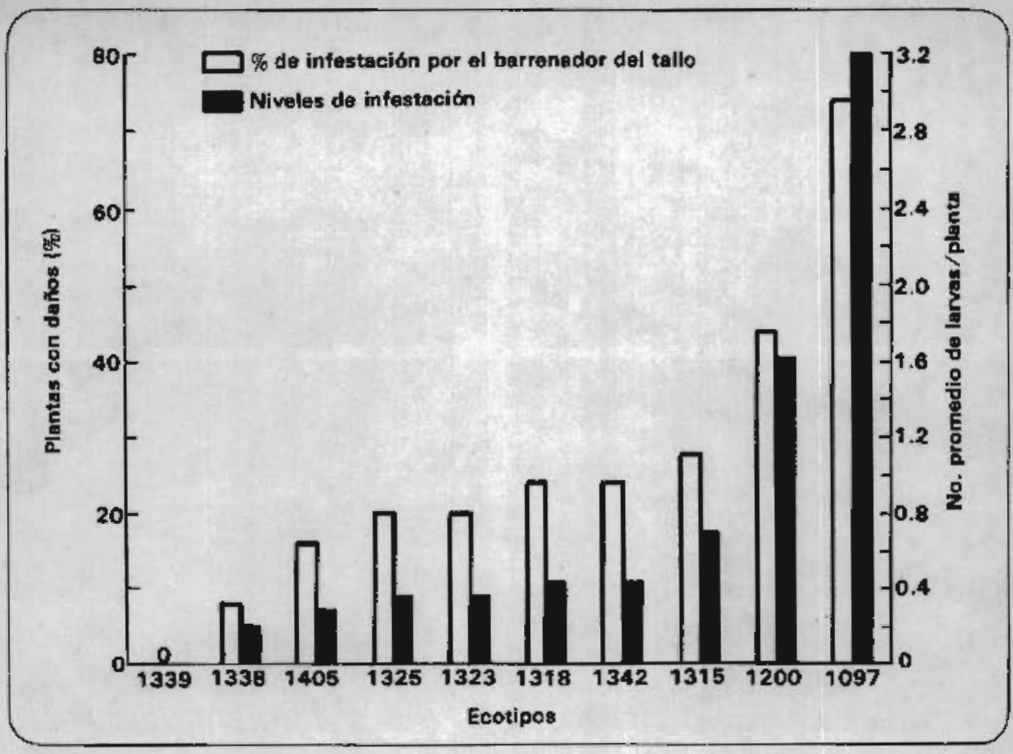


Figura 44. Porcentajes de plantas con daño y número de larvas del barrenador del tallo, en ecotipos de *Stylosanthes* en siembras puras, sin presión de pastoreo, en Carimagua (1978).

como consecuencia del barrenador del tallo; entre estos ecotipos están las accesiones 1019, 1405, 1342, 1339, 1338 y 1325.

La mayoría de los Lepidópteros, al alcanzar el estado adulto, buscan fuentes de alimento en néctares y mieles; con frecuencia, se encuentran insectos visitando plantas que proporcionan estos alimentos. Es posible que las hembras de los barrenadores del tallo sean atraídas por accesiones de *Stylosanthes* que presenten características morfológicas del tallo con tricomas glandulares que secreten estas sustancias por las puntas. Generalmente, estas secreciones contienen azúcares que actúan como atrayentes de insectos y frecuentemente, sirven como estímulo para la oviposición. Esta característica morfológica de la planta se podría utilizar como herramienta para la selección de accesiones resistentes o tolerantes al ataque del barrenador del tallo.

Mediante el cruzamiento de tipos pilosos con tipos glabros puede ser posible obtener plantas con una calidad de producción de forraje deseable, las cuales también presenten este factor morfológico de resistencia al barrenador del tallo.

En las investigaciones preliminares se ha observado que el barrenador del tallo prefiere accesiones con tricomas glandulares (*S. guianensis* 136 y *S. capitata* 1097 y 1078) en tanto que *S. guianensis* 184 y *S. capitata* 1019 y 1405, las cuales no tienen tricomas glandulares, han presentado el menor daño por el barrenador del tallo (Figura 45).

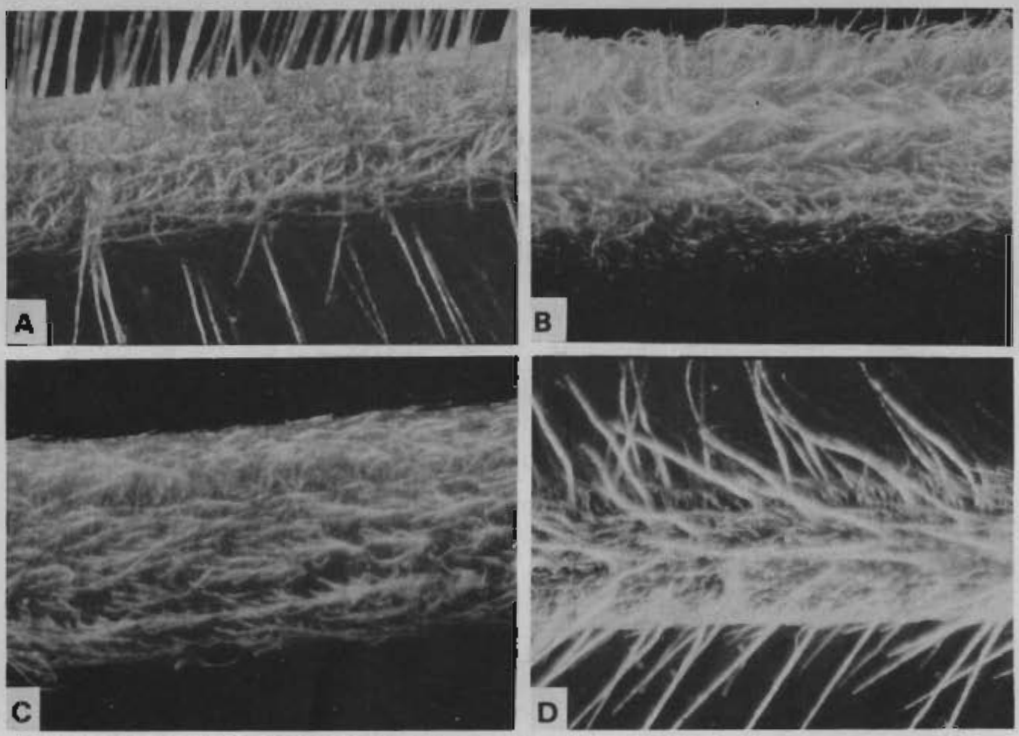


Figura 45. Cuatro ecotipos de *Stylosanthes* con diferentes estructuras de tricomas: (A) *S. guianensis* 136 con tricomas glandulares; (B) *S. guianensis* 184 con tricomas sin glándulas; (C) *S., capitata* 1019 con tricomas sin glándulas; y (D) *S. capitata* 1078 con tricomas glandulares.

Con base en estos resultados se han iniciado análisis químicos de los contenidos totales de carbohidratos y proteínas de los dos tipos de planta para identificar mejor las causas de la resistencia o tolerancia al daño por el barrenador del tallo.

MICROBIOLOGIA DE SUELOS

El objetivo de la Sección de Microbiología de Suelos es maximizar los beneficios de la fijación biológica del nitrógeno en forrajes adaptados a los suelos ácidos e infértiles del trópico de América Latina. Se ha hecho énfasis en la simbiosis leguminosa/*Rhizobium*. La estrategia de la investigación consiste en: 1) mantener y aumentar la fuente de germoplasma de *Rhizobium* del CIAT; 2) evaluar el potencial de fijación simbiótica del nitrogeno de cepas de *Rhizobium* con leguminosas adaptadas; y 3) probar el potencial simbiótico de cepas seleccionadas en diferentes localidades a nivel de campo, inicialmente en CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia y posteriormente, en pruebas regionales distribuídas por toda el Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne.

Colección de Rhizobium

En 1978, el número de cepas compatibles con forrajes tropicales en la colección de *Rhizobium* del CIAT se duplicó hasta completar un total de 2043 cepas, lo cual se logró básicamente por las donaciones

hechas por algunos colaboradores en especial, R.A. Date, del Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO, (Brisbane, Australia) y por medio de los viajes de colección al oriente de Venezuela (CSIRO/CIAT), Ecuador (CSIRO/-CIAT) y nororiente de Brasil (EMBRAPA/CSIRO/CIAT). Se publicó la segunda edición del catálogo de cepas de *Rhizobium* para leguminosas forrajeras.

Las investigaciones sobre la metodología de colección indicó que, aunque el gel sílica y el $CaCl_2$ no difieren significativamente en la tasa de desecación de nódulos en envases de almacenamiento, cuando se usa $CaCl_2$ es mayor la viabilidad de los rizobios en los nódulos almacenados y se reduce el nivel de organismos contaminantes en las placas primarias de aislamiento.

Ahora se sabe que un factor clave en fracasos pasados, al tratar de aislar *Rhizobium* de nódulos de plantas (especialmente de *Stylosanthes* spp.) que crecen en suelos ácidos, era el de que muchas cepas tienen un requerimiento ácido para su crecimiento y no pueden crecer en un medio neutro (pH 7) utilizado para el aislamiento.

Esto implica que la búsqueda de *Rhizobium* adaptado a un medio ácido, en las colecciones existentes de cepas originalmente aisladas en medios no ácidos, tal vez no sea la manera más válida y provechosa de hacerlo.

Se han ampliado las actividades de colección utilizando medios ácidos para aislar y mantener los cultivos.

Selección de Cepas

Las cepas de *Rhizobium* compatibles con leguminosas forrajeras, las cuales son nominadas como promisorias por el Comité de Germoplasma del Programa de Ganado de Carne, continúan siendo seleccionadas mediante el programa de cinco etapas descrito en el Informe Anual del CIAT, 1977. Se hizo un cambio en la metodología: el suelo que se utiliza en los materos de las pruebas de la Etapa III, no se esteriliza.

Etapa I
(Cultivos en Tubos Asépticos)

Stylosanthes capitata. Se evaluaron 43 cepas de *Rhizobium* en dos genotipos de *S. capitata* (CIAT 1019 y 1078). Estas cepas habían sido aisladas de nódulos radicales de especies de *Stylosanthes* cultivadas en varios tipos de suelos. Ninguna de las combinaciones de cepas/genotipos hospedantes nodularon en estos ensayos. Sin embargo, al acidificar el medio de enraizamiento (agar) a pH 4.9, un total de 15 cepas produjo nodulación en *S. capitata* 1019. Se concluye que *S. capitata* requiere un medio ácido para su nodulación. *S. capitata* muestra mayor especificidad en sus requerimientos de cepas de *S. guianensis* CIAT 136, *S. hamata* PI 40264A y *S. hamata* PI 38842, cada una de las cuales noduló con todas las 43 cepas.

Zornia spp. Entre 15 cepas de *Rhizobium* evaluadas con *Zornia* sp. CIAT 728, 8 formaron nódulos bajo las condiciones del ensayo.

Macroptilium sp. CIAT 535. Sólo la mitad de las cepas de *Rhizobium* evaluadas con este hospedante formaron nódulos, lo cual indica un grado mucho mayor de especificidad en sus requerimientos de cepas que *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.

Etapa II
(Cultivo en Arena con una Solución Nutritiva, de pH 7)

Desmodium ovalifolium CIAT 350. En la Figura 46 se presenta, en orden ascendente, el potencial de fijación de nitrógeno de 39 cepas de *Rhizobium*. El mejor aislamiento no hecho por el CIAT ocupó el vigésimo sexto lugar en efectividad. La variación en la efectividad de las cepas se puede atribuir principalmente a diferencias en la masa de nódulos formados (Figura 47) en vez de la tasa de actividad de los nódulos (actividad específica de nódulos).

Stylosanthes capitata CIAT 1019. El resultado de este experimento (Figura 48A) indicó que el medio utilizado rutinariamente en esta etapa no satisfacía los requerimientos para el crecimiento de la planta. CIAT 71, una cepa conocida por su efectividad con *S. capitata*, fue inefectiva. Los trabajos continúan para desarrollar una solución nutritiva adecuada para el cultivo de *S. capitata* en arena.

Macroptilium sp. CIAT 535. La cepa de amplio espectro CB 756 fue moderadamente efectiva con este hospedante (Figura 48B). Las cepas CIAT 320, 420 y 318 fueron más efectivas.

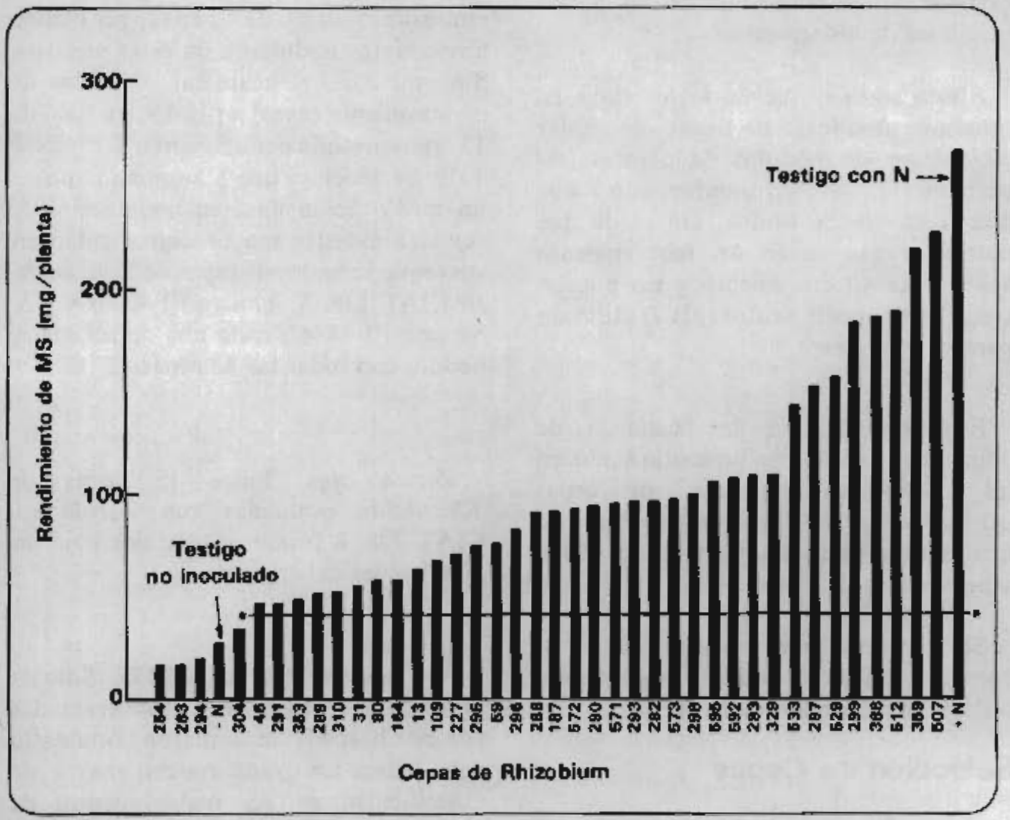


Figura 46. Selección de cepas de *Rhizobium* para *Desmodium ovalifolium* 350 (durante la Etapa II). (* = límite de confianza superior (95%) en comparación con la media del testigo no inoculado.)

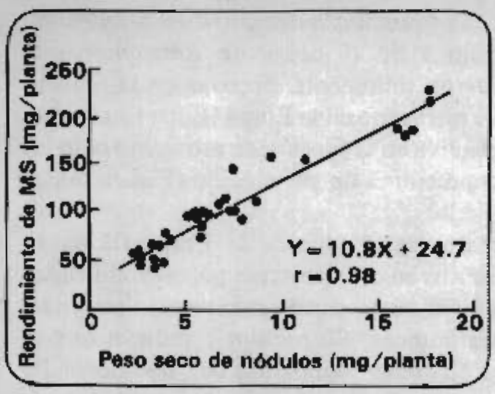


Figura 47. Correlación entre la masa de nódulos y la producción de materia seca por *Desmodium ovalifolium* 350, en asociaciones simbióticas con 35 cepas de *Rhizobium*.

Etapa III (Cultivo en Materos con Suelo de la Localidad)

Stylosanthes capitata CIAT 1019. Las plantas inoculadas con la mejor cepa en este ensayo dieron el doble de rendimiento de materia seca obtenido con las plantas testigo, sin inoculación (Figura 49A). La cepa CIAT 71, la cual hasta el momento se ha recomendado para *S. capitata* con base en su alta efectividad con *S. guianensis* y compatibilidad genética con *S. capitata*, se confirmó como un simbionte altamente efectivo en la fijación de nitrógeno para este hospedante y en consecuencia, su atractivo como cepa inoculante de amplio

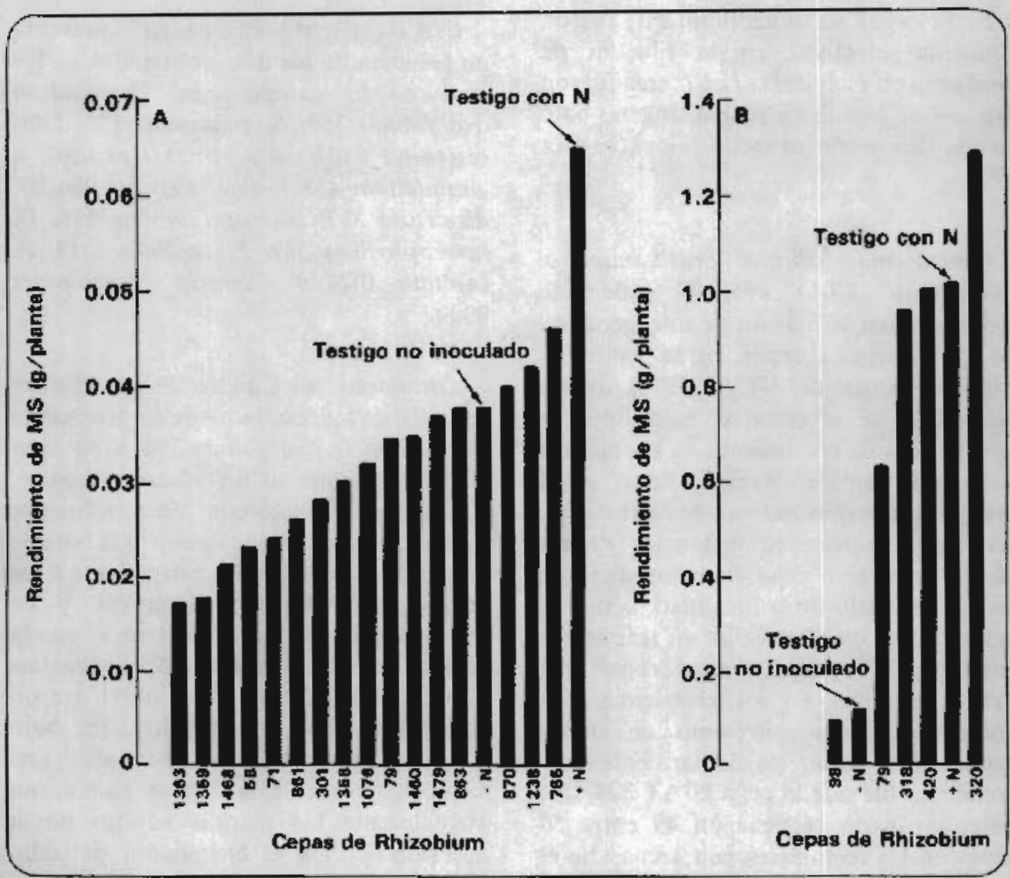


Figura 48. Selección de cepas de *Rhizobium* para (A) *Stylosanthes capitata* 1019 y (B) *Macroptilium* sp. 535, durante la Etapa II.

espectro para los suelos ácidos, ha aumentado. Se comprobó que CB 756, una cepa frecuentemente utilizada para inocular *Stylosanthes,* no es efectiva con esta accesión de *S. capitata.*

Zornia sp. CIAT 728. La cepa CIAT 71, originalmente aislada de nódulos de *Stylosanthes,* probó ser una de las cepas más efectivas en este género taxonómicamente relacionado (Figura 49B). La cepa CIAT 103, la cual se había recomendado anteriormente para *Zornia* (ya que se había aislado de *Zornia*) es sólo moderadamente efectiva con esta accesión.

Desmodium distortum CIAT 335. Sólo 3 de 12 cepas de *Rhizobium* que fueron altamente efectivas en la fijación de nitrógeno en recipientes con arena, fueron capaces de nodular y fijar nitrógeno bajo las condiciones de los suelos ácidos (Figura 49C).

Centrosema híbrido brasilianum x virginianum CIAT 438. El orden de efectividad en la fijación de nitrógeno, de las diez mejores cepas en la Etapa II (Informe Anual del CIAT, 1977), difiere del orden de efectividad bajo óptimas condiciones de crecimiento de las plantas cuando se mide en suelos ácidos, en la presencia de cepas nativas de *Rhizobium,* las cuales ejercen competencia (Figura 50A). La mejor cepa bajo condiciones ácidas, en suelo de la localidad, ocupó el octavo lugar en efectividad en recipientes con arena. También, varias cepas que fueron efectivas en los recipientes con arena no fijaron nitrógeno en suelos ácidos. Un hecho particularmente sorprendente fue que la cepa CIAT 324, que había ocupado la posición 49 entre 50 cepas en los recipientes con arena, dio el segundo rendimiento más alto en el ensayo de la Etapa III.

Desmodium heterophyllum CIAT 349. Sólo 1 de 10 cepas de *Rhizobium* que fueron totalmente efectivas en la fijación de nitrógeno en la Etapa II, fue totalmente efectiva en la fijación de nitrógeno bajo las condiciones de suelo ácido (Figura 50B).

Los resultados de la Etapa III hacen énfasis en el importante papel modificador que el suelo puede jugar en la simbiosis leguminosa/*Rhizobium* e indican que se debe tener cuidado de no depender demasiado en la prueba estandar de recipientes con arena para seleccionar cepas de *Rhizobium* para los suelos ácidos.

Etapa IV (Ensayos de Campo)

CIAT-Quilichao. El Cuadro 28 presenta un resumen de los datos obtenidos en los ensayos de campo con *Desmodium ovalifolium* 350, *S. guianensis* 136, *Centrosema* híbrido *brasilianum* x *virginianum* 438, *Galactia striata* 964, *D. distortum* 335, *Macroptilium* sp. 535, *D. heterophyllum* 349, *S. capitata* 1019, *S. capitata* 1078 y *Pueraria phaseoloides* 9900.

Carimagua. El Cuadro 29 presenta un resumen de los resultados de las pruebas de campo con *D. ovalifolium* 350, *S. capitata* 1019, *S. capitata* 1078 y *Macroptilium* sp. 535. El experimento con *Macroptilium* se ha dado por concluido debido a la falta de adaptación de la planta hospedante a las condiciones edáficas, climáticas y de insectos/enfermedades presentes en la región. En lo que respecta a *S. capitata,* las accesiones 1019 y 1078 no lograron sobrevivir para el segundo año, bajo condiciones de parcelas pequeñas con siembras puras. Los ácaros eliminaron virtualmente las plantas adultas de la accesión 1019 y el barrenador del tallo redujo la población de plantas maduras de 1078 a prácticamente cero. Estos

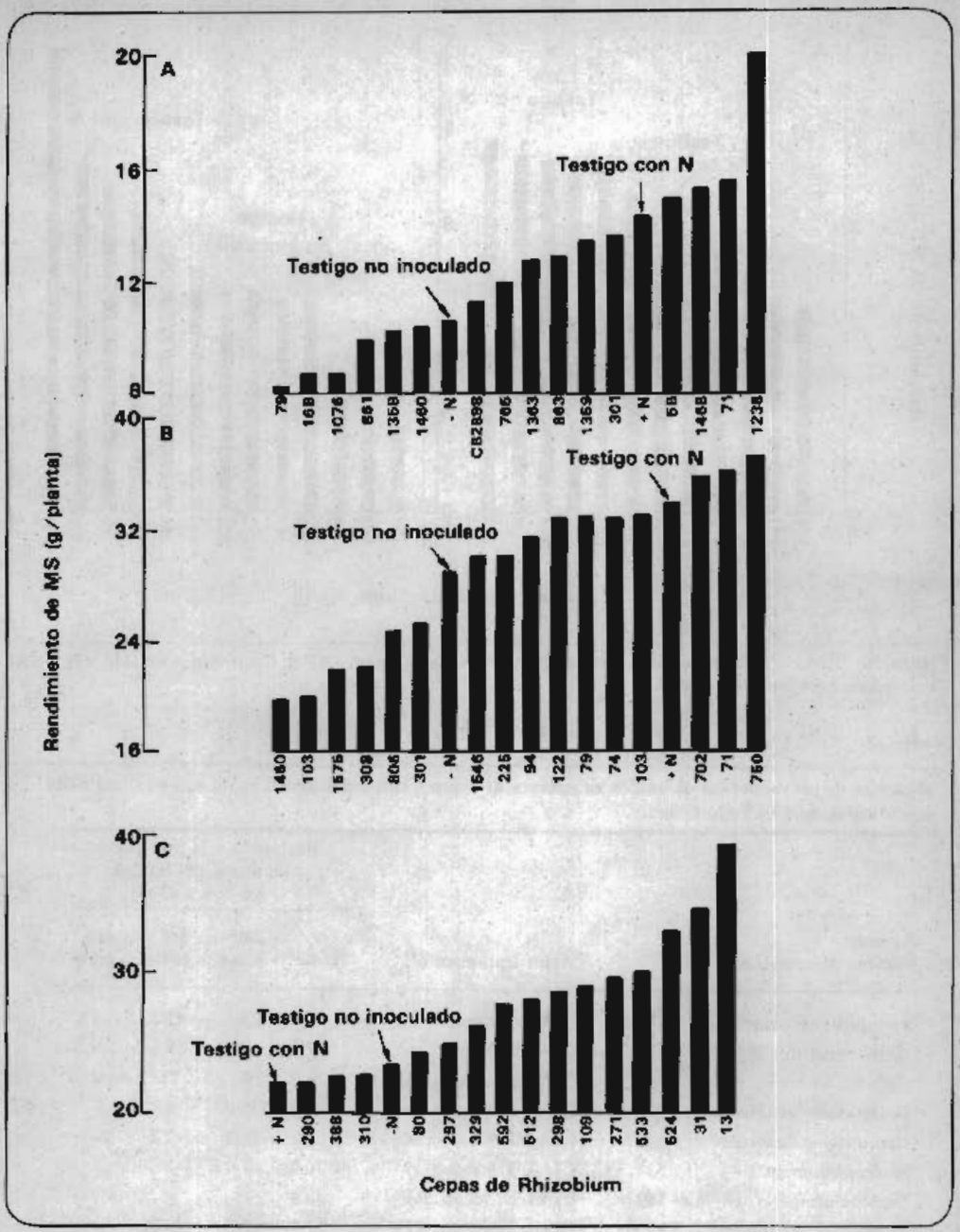


Figura 49. Selección de cepas de *Rhizobium* en la Etapa III para (A) *Stylosanthes capitata* 1019; (B) *Zornia* sp. 728; y (C) *Desmodium distortum* 335.

resultados no son consistentes con el comportamiento observado para estas accesiones en parcelas mixtas con gramíneas. Se pueden obtener datos útiles sobre la persistencia de cepas introducidas en estos suelos y su habilidad para nodular nuevas plántulas, pero no es posible estudiar la respuesta a la inoculación

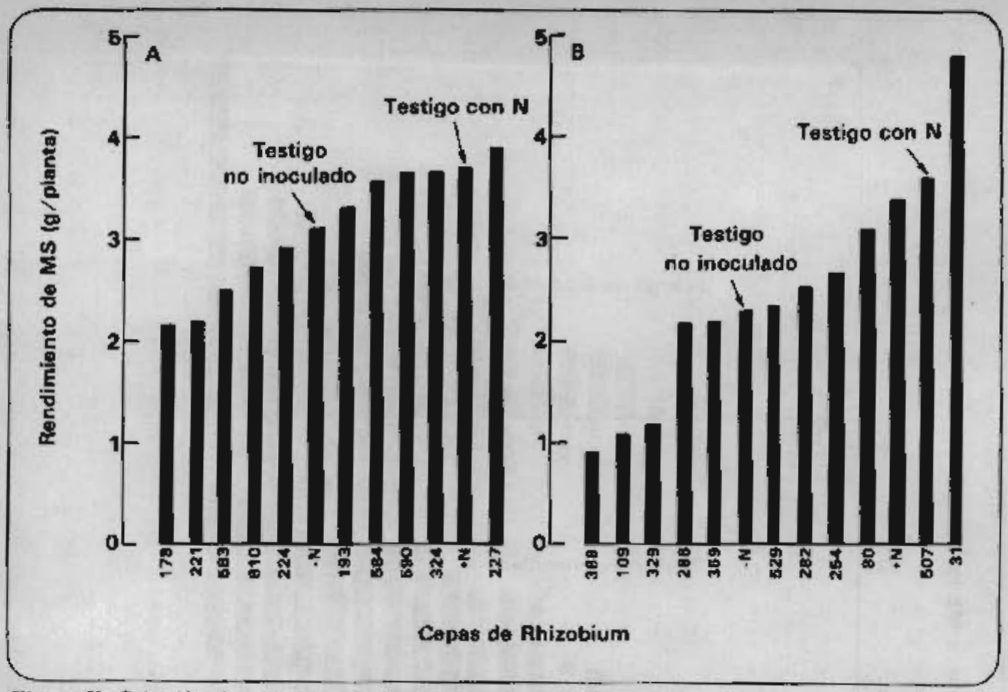


Figura 50. Selección de cepas de *Rhizobium* en la Etapa III para (A) el *Centrosema* híbrido 438 y (B) *Desmodium heterophyllum* 349.

Cuadro 28.

Resumen de los resultados obtenidos en ensayos de campo, con cepas de *Rhizobium*, y tecnologías de inoculación, en CIAT-Quilichao.

Especies y número de accesión		Mejor tratamiento[1]	Respuesta a la inoculación (como % del testigo no inoculado) 1er corte[2]	2ndo corte	3er corte	4to corte
Stylosantes guianensis	136	CIAT 79 recub. cal	52.5	28.3	43.3	14.8
Centrosema híbrido	438	CIAT 590 recub. cal	17.4	0	5.1	-[4]
Galactia striata	964	CIAT 378 recub. RF[3]	19.7	0	0	0
Desmodium ovalifolium	350	CIAT 299 recub. cal	101.0	35.6	-	-
Desmodium distortum	335	CIAT 299 sin recub.	34.1	20.3	3.2	-
Macroptilium sp.	535	CIAT 319 recub. cal	70.9	-	-	-
Desmodium heterophyllum	349	CIAT 80 recub. RF	48.8	-	-	-
Pueraria phaseoloides	9900	CIAT 79 recub. RF	61.1	3.3	-	-
Stylosanthes capitata	1019	CIAT 71 recub. RF	0	-	-	-
Stylosanthes capitata	1078	CIAT 71 recub. RF	12.5	-	-	-

1 Ensayo estandar de campo, con tres cepas seleccionadas y tres tecnologías de inoculación.
2 El intervalo de corte dependió de la producción por cada especie, pero, generalmente, fue de 3 meses.
3 Roca fosfórica.
4 Los espacios en blanco indican que los datos aún no están disponibles.

Cuadro 29.

Resumen de los resultados obtenidos en ensayos de campo, con cepas de *Rhizobium*, y tecnologías de inoculación, en Carimagua.

Especies y número de accesión	Mejor tratamiento[1]	Respuesta a la inoculación (como % del testigo no inoculado)		
		1er corte[2]	2do corte	3er corte
Desmodium ovalifolium 350	CIAT 46 recub. RF[3]	22.3	0	-
Stylosanthes capitata 1019	CIAT 71 recub. cal	39.5	-	-
Stylosanthes capitata 1078	CIAT 71 sin recub.	15.1	0	4.1
Macroptilium sp. 535	CIAT 318 recub. cal	98.3	41.3	1.6

1 Ensayo estandar de campo, con tres cepas seleccionadas y tres tecnologías de inoculación.
2 El intervalo de corte dependió de la producción por cada especie, pero, generalmente, fue de 3 meses.
3 Roca fosfórica.

durante más de un ciclo de crecimiento con este tipo de diseño experimental. En el futuro, se harán experimentos con estas accesiones en parcelas de mayor tamaño y en mezclas con gramíneas.

Tolerancia de Rhizobium a la Acidez

Los resultados obtenidos de ensayos de campo y de materos muestran que es una regla y no una excepción el que haya respuesta a la inoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium*, aunque la respuesta tiende a disminuír a medida que avanza el tiempo. Es posible que la protección de la cepa inoculante mediante su recubrimiento (peletización), al momento de la siembra, permita que la infección por la cepa introducida ocurra tempranamente y en un alto porcentaje, dando una respuesta inicial marcada. Se llega a un punto crítico cuando la población primaria de nódulos se desintegra (después de 2-3 meses) y de ahí en adelante los rizobios deberán sobrevivir en el suelo ácido como organismos saprófitos libres en el suelo. La multiplicación de los rizobios a un nivel de pH bajo, es extremadamente importante para 1) lograr la reinfección de la raíz de las leguminosas; 2) establecer una competencia ventajosa con las cepas nativas de *Rhizobium* en cuanto a encontrar sitios de nodulación en las raíces y 3) mantener la persistencia de las cepas inoculadas en la microflora del suelo. Por lo tanto, la investigación se dirigió hacia el desarrollo

Cuadro 30.

Medio líquido para seleccionar cepas de *Rhizobium* con adaptación a las condiciones ácidas.[1]

Ingrediente	Cantidades
KH_2PO_4	68 mg
K_2HPO_4	87 mg
$CaCl_2.2H_2O$	39.4 mg
$MgSO_4.7H_2O$	74 mg
Fe+++Na EDTA	36.8 mg
$MnCl_2.4H_2O$	0.49 mg
$ZnSO_4.7H_2O$	0.29 mg
$CuCl_2.2H_2O$	43 µg
$Na_2MoO_4.2H_2O$	12 µg
$CoCl_2.6H_2O$	1.2 µg
Glutamato de sodio	220 mg
Tiamina[2]	100 µg
Biotina[2]	250 µg
Arabinosa	10 g
Agua destilada	hasta un litro

1 Acidificado con HCl 0.1 *N* (antes de someter al autoclave).
2 Filtrado, esterilizado y adicionado, después de que el medio se sometió al autoclave.

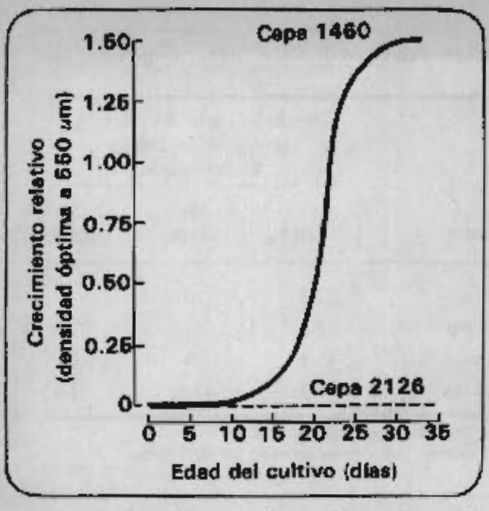


Figura 51. Crecimiento relativo de las cepas de *Rhizobium* CIAT 1460, provenientes de un suelo ácido (pH 4.5), y CB 2126, provenientes de un suelo alkalino (pH 8.5), en un medio ácido definido (pH inicial 4.2).

de un medio para evaluar las cepas según estas tres funciones.

La producción de compuestos alcalinos por los rizobios tropicales ha sido un obstáculo para evaluar cepas puesto que al producirse un aumento progresivo en el pH, desde un valor inicial de aproximadamente 4 hasta un nivel de 8, se produce una confusión en la interpretación de los resultados. Para superar esta dificultad se desarrolló un medio ácido estable el cual elimina la capacidad del *Rhizobium* para producir alcalinidad (Cuadro 30). El medio permite la selección de cepas que sean genuinamente capaces de multiplicarse a un pH bajo (Figura 51) y permitirá determinar el efecto del Al y de otros factores que producen un estrés por acidez sobre el *Rhizobium*.

La demostración de que la producción de alcalinidad por los rizobios tropicales depende del medio de cultivo, reabre la discusión sobre si estos microorganismos realmente producen álcalis en la rizosfera de su hospedante y si fue realmente acertado el haberle atribuido un papel evolutivo y ecológico al proceso. Se ha considerado que la falta de producción de álcali por el *Rhizobium* atípico para

Cuadro 31.

Recomendaciones que se imparten actualmente sobre inoculación, desarrolladas para ciertas leguminosas forrajeras promisorias.

Especies	CIAT No.	Cepa de *Rhizobium*	Tecnología
Categoría 4			
Desmodium ovalifolium	350	CIAT 299	recub. cal
Pueraria phaseoloides	9900	CIAT 71	recub. cal
Stylosanthes capitata	1019/1078	CIAT 71	recub. cal
Zornia aff *latifolia*	728	CIAT 71	recub. cal
Categoría 3			
Centrosema híbrido	438	CIAT 590	recub. cal
Desmodium heterophyllum	349	CIAT 31	recub. roca fosfórica
Categoría 2			
Stylosanthes guianensis	136/184	CIAT 71	recub. cal

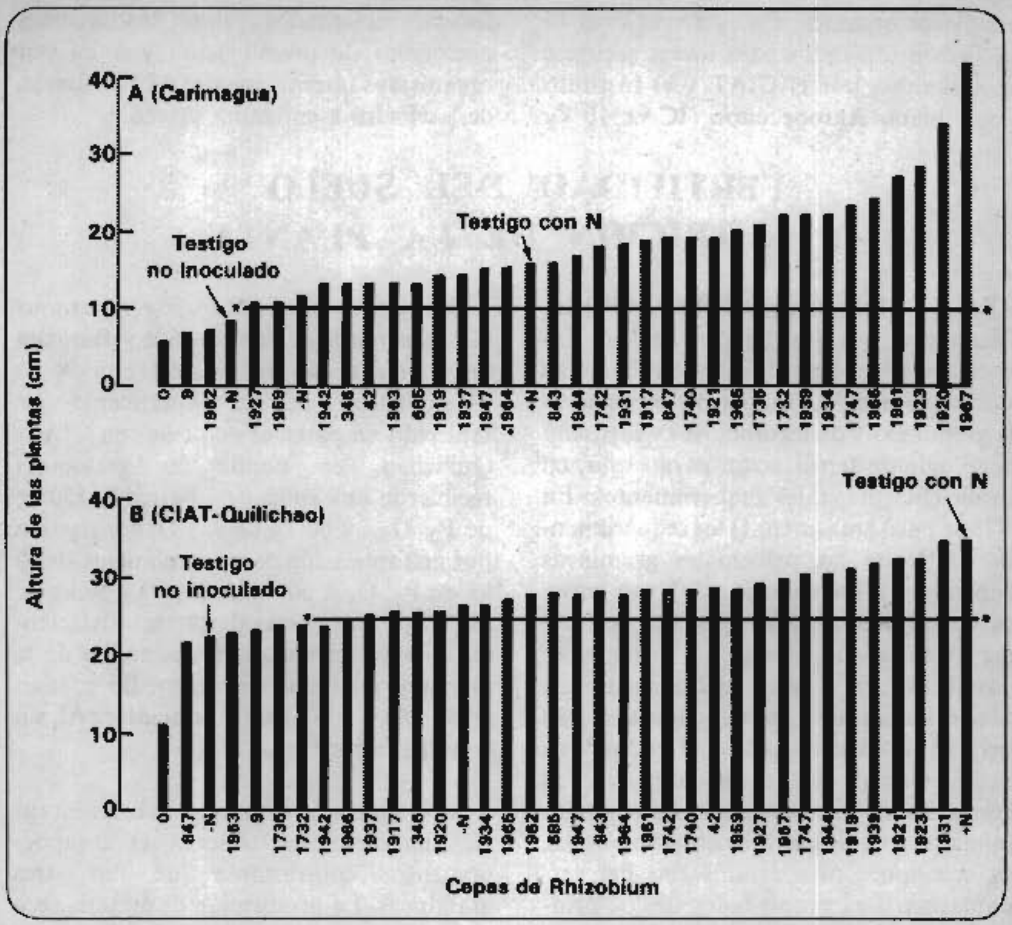


Figura 52. Respuesta de *Leucaena leucocephala* a la inoculación con cepas de *Rhizobium* en dos localidades de suelos ácidos. (* = límite de confianza superior (95%) respecto a la media del testigo no inoculado).

Leucaena leucocephala es la razón principal por la cual esta especie no presenta adaptación a los suelos ácidos. Se establecieron experimentos paralelos en CIAT-Quilichao y en Carimagua aplicando tratamientos idénticos y una colección recientemente reunida de cepas de *Rhizobium* aisladas de *Leucaena*. Estos experimentos han indicado que no existe, como se pensaba, un impedimento para la nodulación de *Leucaena* a niveles de pH inferiores a 5.0. Una gran variedad de cepas, provenientes de diferentes tipos de suelos, fueron capaces de establecer una simbiosis efectiva bajo condiciones ácidas (Figura 52). Unas pocas cepas fueron excepcionalmente efectivas y serán investigadas en el futuro, con más detalle.

Recomendaciones para la Inoculación

El Cuadro 31 presenta las recomendaciones que se han obtenido para la inoculación de accesiones de leguminosas promisorias (hasta octubre 31, 1978). En algunos casos, se ha logrado mejorar tales recomendaciones en relación con las que se habían hecho para el año anterior. Durante 1978, se produjeron 86 kg de inóculo, utilizando la turba como material

excipiente orgánico. De esta cantidad, 45 kg fueron utilizados para investigaciones en Colombia por el CIAT y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); 10 kg fueron solicitados por instituciones nacionales de investigación y 6 kg por organismos internacionales y 25 kg fueron despachados a entidades privadas.

FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION DE LA PLANTA

En CIAT-Palmira, CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia se realizó investigación sobre los requerimientos nutricionales del germoplasma promisorio de gramíneas y de leguminosas y se diseñó tecnología de fertilización para suplir, en forma eficiente, tales requerimientos. En 1978 se puso énfasis en: 1) los requerimientos de N de las principales gramíneas tropicales y la contribución de N que hacen las leguminosas asociadas; 2) los requerimientos de P de las principales gramíneas; 3) el uso más eficiente de fuentes baratas de P, principalmente rocas fosfatadas, y los productos obtenidos de su transformación en el suelo; y 4) el desarrollo de técnicas sistemáticas para estimar los requerimientos nutricionales de las accesiones más promisorias del germoplasma. Las propiedades de los principales suelos utilizados — el Ultisol de Quilichao y los Oxisoles de Carimagua y Brasilia — se describieron en detalle en el Informe Anual del CIAT de 1977 (páginas A-48 y A-49). Los datos de Brasilia se presentan en la Sección de Desarrollo de Pastos.

Requerimientos de Nitrógeno de las Gramíneas Forrajeras

Aunque la fertilización de gramíneas forrajeras con nitrógeno no se considera factible en el Area de Actuación, se requiere información básica para cuantificar sus requerimientos de N y para determinar la contribución potencial de las leguminosas en mezclas.

Las respuestas de *Andropogon gayanus* 621, *Brachiaria decumbens* 606 y *Panicum maximum* a la fertilización con N se determinaron en un experimento establecido en parcelas pequeñas en CIAT-Quilichao, en donde las gramíneas recibieron una aplicación básica de 150 kg de P_2O_5 y 60 kg de K_2O/ha, seguida por una aplicación de mantenimiento de 50 kg de P_2O_5, 50 kg de K_2O y 50 kg de $MgSO_4$ /ha 6 meses despues, satisfaciendo los requerimientos nutricionales de la planta y manteniendo un medio edáfico ácido (pH 4.5, 67% de saturación de Al, sin la aplicación de cal).

En la Figura 53 se muestra la respuesta al N; claramente se observa el comportamiento contrastante de las tres gramíneas. La producción de materia seca sin aplicación de N fue significativamente menor con *B. decumbens* y *P. maximum* en comparación con *A. gayanus* (13.6 vs. 21.3 ton/ha/año). *B. decumbens* respondió positivamente a la mayor dosis de 400 kg de N/ha, en tanto que *P. maximum* requirió 200 kg de N/ha para lograr su máximo crecimiento. En contraste, *A. gayanus* dio una respuesta significativa con sólo 50 kg de N/ha. Los rendimientos de materia seca de *A. gayanus* fueron significativamente superiores a los de *B. decumbens* en todas las dosis de N, lo cual indica que *A. gayanus* utiliza el N aprovechable del suelo mejor que *B. decumbens*.

El Cuadro 32 muestra los valores de absorción de N para los primeros cinco

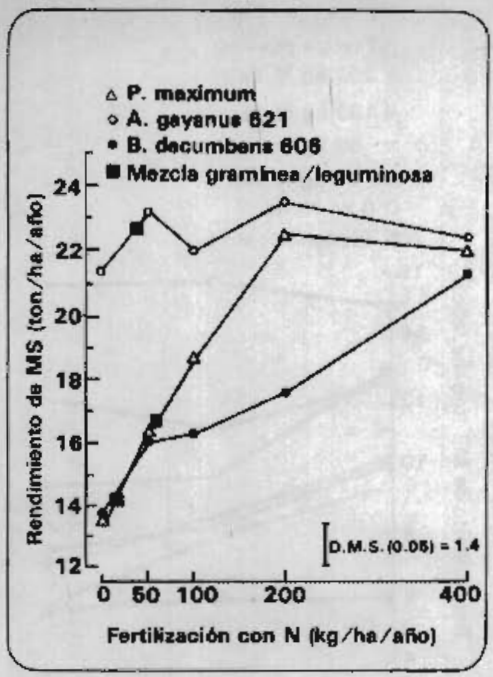


Figura 53. Respuesta de tres gramíneas forrajeras a las aplicaciones de nitrógeno, cultivadas solas o en asociación con *Stylosanthes guianensis* 184, en un Ultisol de CIAT-Quilichao. (Suma de 6 cortes por año.)

cortes en tres gramíneas forrajeras. Los altos valores de absorción de N sin fertilización ponen en evidencia el alto poder de suministro de N de este Ultisol; probablemente, se debe a su alto contenido de materia orgánica (aproximadamente, un 7%) y al hecho de que este ensayo se inició en el primer año después de efectuada la arada del suelo. La absorción del N presente en el suelo, medida en las parcelas testigo, fue de aproximadamente 200 kg de N/ha/año, sin que se presentaran diferencias significativas entre las especies de gramíneas. Por lo tanto, el comportamiento superior observado para *Andropogon* no parece ser debido a su mayor capacidad para absorber el N presente en el suelo sino a su capacidad para utilizar en forma más eficiente el N en la producción de materia seca. El Cuadro 33 presenta los contenidos de N y equivalentes de proteína de las tres gramíneas y los menores niveles de N para *A. gayanus*.

Los cuadrados negros de la Figura 53 indican las contribuciones estimadas de N hechas por *Stylosanthes guianensis* 184. Colocando el rendimiento de materia seca de la asociación sobre las curvas de respuesta al N y extrapolando los valores al eje X, se estima que la leguminosa contribuyó con las siguientes cantidades de N, expresadas como equivalentes de fertilizante inorgánico nitrogenado: 40 kg de N/ha con *A. gayanus*, 60 kg de N/ha con *P. maximum* y sólo 15 kg de N/ha con *B. decumbens* (debido a su hábito de crecimiento agresivo).

Se estableció en Carimagua otro experimento de fertilización con N en parcelas de 0.25 ha en ensayos de pastoreo

Cuadro 32.

Absorción de nitrógeno por tres gramíneas, durante los primeros 10 meses de crecimiento (5 cortes), en CIAT-Quilichao.

N aplicado (kg/ha/year)	*Andropogon gayanus* 621	*Panicum maximum*	*Brachiaria decumbens*
	(kg/N/ha)		
0	225	184	192
50	268	234	243
100	315	291	249
200	323	355	264
400	294	336	374

Cuadro 33.

Contenido de nitrógeno y equivalente de proteína, en tres gramíneas forrajeras, bajo diferentes regímenes de corte, en Quilichao. (Media de 5 dosis de N y 5 cortes, en 10 meses).

Especie	N (%)	Proteína (%)
Andropogon gayanus 621	1.58	9.9
Panicum maximum	1.75	10.7
Brachiaria decumbens 606	1.93	12.1

con *B. decumbens* de diferentes edades. Se aplicaron varias dosis de N. Todos los tratamientos recibieron una aplicación básica de 50 kg de P_2O_5, 60 kg de K_2O, 20 kg de S y 20 kg de Mg/ha, excepto un "testigo absoluto o negativo" no fertilizado y un testigo "positivo" el cual recibió 0.5 ton de cal, 700 kg de N, 100 kg de P_2O_5, 100 kg de K_2O, 20 kg de S, 20 kg de Mg, 10 kg de Zn, 5 kg de Cu, 1 kg de B y 0.2 kg de Mo/ha.

La Figura 54 muestra los resultados del primer año (4 cortes). La fuente de N utilizada fue úrea. La producción de materia seca en el testigo negativo dio un promedio de 6 ton/ha/año. Los rendimientos de las parcelas que recibieron niveles moderados de P, K, S y Mg, pero sin N, disminuyeron drásticamente al aumentar la edad de los pastos. Este resultado se correlaciona con la disminución en las ganancias de peso vivo presentadas en los Cuadros 43 y 44 y en las ganancias mostradas en los Cuadros 43, 44 y 45, de la Sección de Utilización de Pastos.

Estas diferencias en la edad de los pastos fueron gradualmente contrarrestadas por la fertilización con N, sin que se presentaran diferencias a un nivel de 267 kg N/ha/año, con una producción de materia

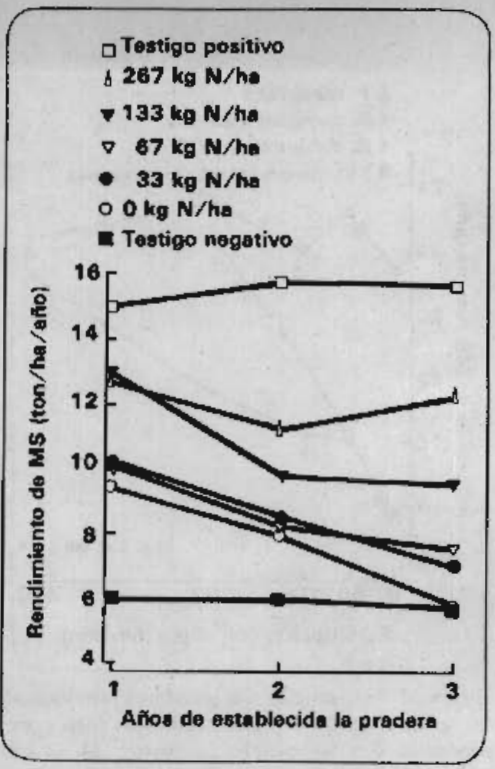


Figura 54. Efectos de la fertilización con N y de la edad de la pradera en la producción de materia seca de *Brachiaria decumbens* en lotes de pastoreo, en Carimagua. (Testigo positivo: 700 kg de N/ha, 0.5 ton de cal/ha + tratamiento de base + micronutrimentos; testigo negativo: sin fertilizantes ni cal.)

seca de 12 ton/ha, o sea, el doble de la producción obtenida en el testigo negativo. Esto indica que el N está limitando la producción de *B. decumbens* en los ensayos de pastoreo de Carimagua y que la deficiencia de N aumenta al aumentar la edad del pasto. En el testigo positivo, con mayores niveles de fertilización más cal y micronutrimentos, la producción de materia seca aumentó hasta aproximadamente 15 ton/ha/año, casi tres veces la producción obtenida en el testigo negativo. Como 1 kg de ganancia de peso vivo paga el valor de 1 kg de N en Carimagua, la fertilización con N no es económica en la actualidad. Estos resultados indican claramente la necesidad

de asociar leguminosas con gramíneas como fuente barata de N.

Requerimentos de Fósforo de las Gramíneas Forrajeras

Se establecieron dos experimentos en el Ultisol de CIAT-Quilichao y en el Oxisol de Carimagua, para determinar los niveles críticos externos (análisis de suelos) e internos (porcentaje de P en la planta), durante el año de establecimiento. Aunque ambos experimentos incluyeron diferentes fuentes de roca fosfatada, en el presente informe sólo se presentan los datos obtenidos con el superfosfato triple (SFT).

El experimento de CIAT-Quilichao incluyó dos mezclas: *A. gayanus* 621 y *P. maximum*, cada una de las cuales se asoció con *Centrosema* híbrido 438.

La Figura 55 muestra las tasas de crecimiento de las dos gramíneas para los cuatro cortes, en función de la dosis de P. La gramínea *P. maximum* mostró una rápida tasa de crecimiento inicial, con un máximo a 200-400 kg P_2O_5/ha y una disminución posterior del crecimiento, particularmente, durante las dos cosechas de la estación seca (2 y 4). *A. gayanus* inició el crecimiento muy lentamente pero gradualmente sobrepasó a *P. maximum* en términos de su tasa de crecimiento. La Figura 56 muestra el efecto global del año de establecimiento de la pradera. *P. maximum* respondió positivamente a niveles de P_2O_5 hasta de 70 kg/ha/año, en tanto que *A. gayanus* produjo su máximo rendimiento a niveles de 0 kg P_2O_5/ha.

La Figura 56 también muestra los efectos en las leguminosas asociadas. *Centrosema* produjo mucho más materia

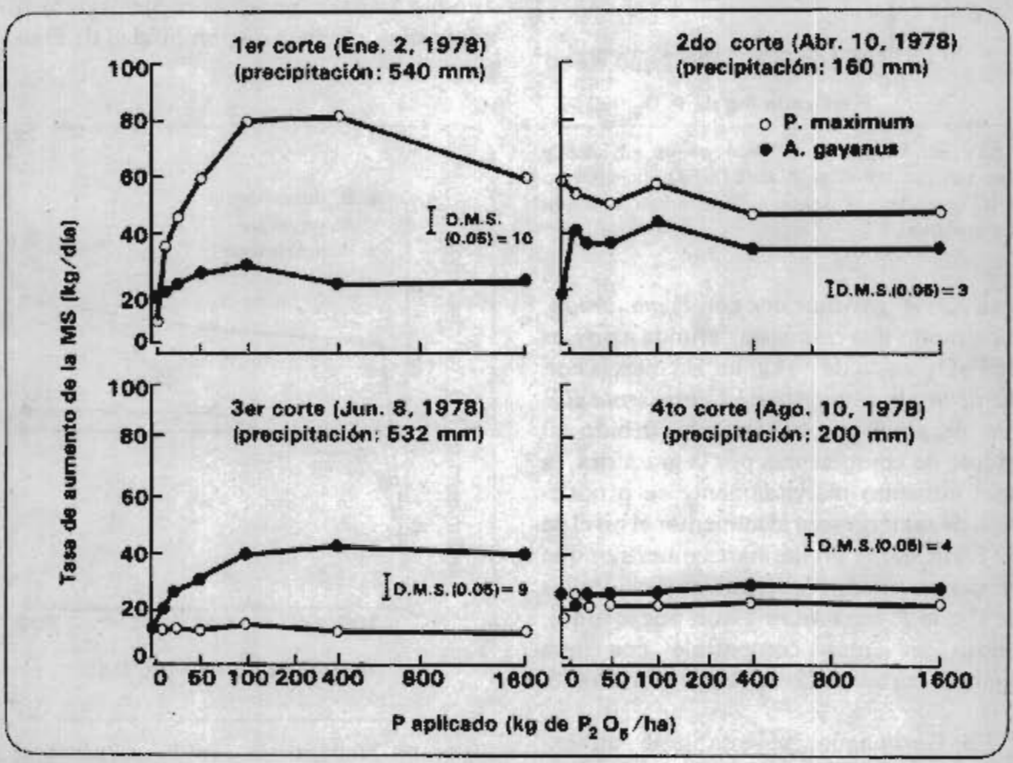


Figura 55. Efectos del P en las tasas de crecimiento de dos gramíneas asociadas con el *Centrosema* híbrido 438 durante el año de establecimiento, en CIAT-Quilichao.

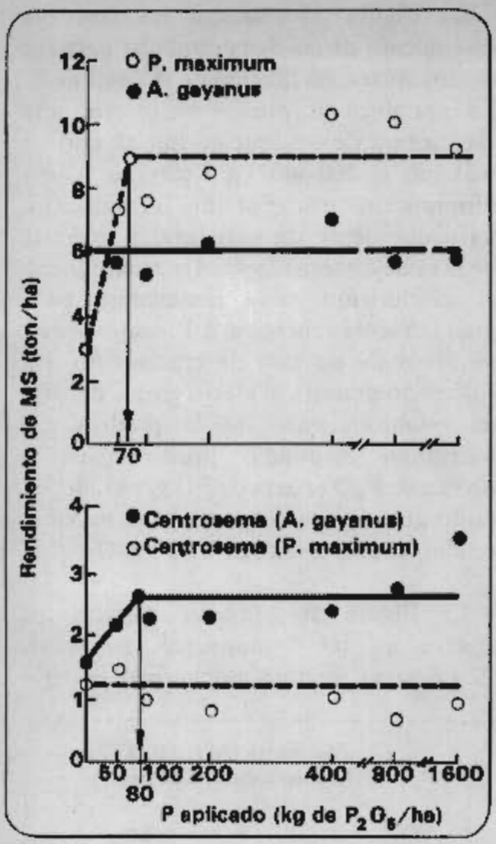


Figura 56. Respuesta de *Andropogon gayanus* y *Panicum maximum* al P en CIAT-Quilichao y su efecto contrastante sobre la leguminosa asociada *(Centrosema)*.

seca con *A. gayanus* que con *P. maximum*, mostrando una respuesta definida a niveles de P_2O_5 hasta de 80 kg/ha. En mezcla con *Panicum*, la respuesta de *Centrosema* al P fue negativa, probablemente debido al exceso de competencia por la gramínea, la cual aumentó marcadamente su producción de materia seca al aumentar el nivel de P. Estos datos preliminares muestran que *A. gayanus* tiene requerimientos más bajos de P que *P. maximum* y que, por lo tanto, puede ser más compatible con una leguminosa como *Centrosema* híbrido 438.

En Carimagua, se estableció un experimento similar en el cual se asoció *B. decumbens* con *Desmodium ovalifolium* 350. Las dosis de P fueron más bajas puesto que la fijación de P, en el Oxisol de Carimagua, es aproximadamente la mitad de la que ocurre en el Ultisol de Quilichao. La Figura 57 muestra que *B. decumbens* respondió mucho más al P que las otras dos especies. *B. decumbens* y *A. gayanus* alcanzaron sus máximos rendimientos con 50 kg de P_2O_5/ha, en tanto que *P. maximum* respondió positivamente hasta 100 kg de P_2O_5/ha.

En el Cuadro 34 se presentan los niveles críticos internos y externos de P calculados para las tres especies en el Oxisol de Carimagua. Estos datos confirman los niveles críticos similares de P para *A. gayanus* y *B. decumbens*, los cuales son menores que los de *P. maximum*. Los datos de Carimagua indican que *B. decumbens* puede utilizar el P en una forma más eficiente que *A. gayanus*, aunque ambas especies se encuentran bien adaptadas a la baja disponibilidad de P en el suelo.

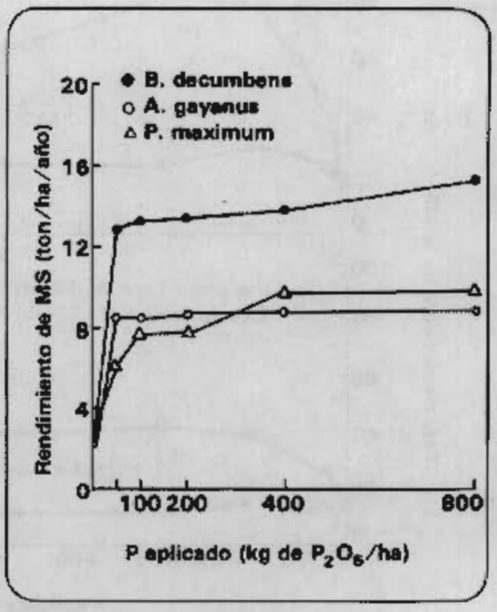


Figura 57. Efecto del P sobre la producción de materia seca de tres gramíneas tropicales cultivadas en un Oxisol, en Carimagua.

Cuadro 34.

Niveles críticos externos e internos de P, para tres especies de gramíneas, durante el año de establecimiento, bajo un régimen de corte, en un Oxisol de Carimagua.

Especie	Niveles críticos	
	P externo disponible (Bray II) (ppm)	P interno en tejido (%)
Andropogon gayanus 621	5	0.11
Brachiaria decumbens	7	0.12
Panicum maximum	6-10[1]	0.15

1 No está bien definido.

El Proyecto Fósforo

El objetivo global de este proyecto es desarrollar una estrategia de manejo del P para los principales sistemas de cultivo de los suelos ácidos del trópico de América Latina.

En el Informe Anual del CIAT de 1977 se presentó información completa sobre la alta capacidad de fijación de P y el bajo contenido total y aprovechable de P, en los suelos de América Latina tropical. Aunque el bajo nivel de P es una característica predominante en extensas áreas de América Latina tropical, la región está beneficiada con la presencia de grandes depósitos de rocas fosfóricas (Figura 58). Con el fin de caracterizar estas rocas, según su efectividad agronómica relativa, se están seleccionando y comparando muestras de la mayoría de los principales depósitos conocidos; para el efecto, se

Figura 58. Localidades en las cuales se encuentran los principales depósitos de roca fosfórica, en el trópico de Sur América.

están realizando ensayos de invernadero con *P. maximum* como cultivo indicador. Además, algunas de estas rocas fosfóricas se están alterando química y térmicamente para determinar si la efectividad agronómica de estos materiales se puede aumentar significativamente por estos medios. Los resultados preliminares indican que las rocas fosfóricas aciduladas parcialmente (20%) con H_3PO_4 y aquellas que se funden con silicato de magnesio, presentan muy buenos potenciales desde el punto de vista de sus efectos iniciales y residuales. Además, las mezclas físicas de roca fosfatada en polvo y superfosfato triple (SFT) también parecen ser bastante promisorias.

Calibración de los Análisis de Suelo

A pesar de que muchos de los suelos ácidos e infértiles del trópico de América Latina se clasifican de manera diferente, su contenido de P es relativamente el mismo. Como resultado, generalmente se ha supuesto que estos suelos reaccionarían aproximadamente de la misma manera a aplicaciones similares de fertilizantes fosfatados. Para validar este concepto, se tomaron varias muestras de suelos de campos experimentales seleccionados, con cantidades conocidas de superfosfato triple aplicadas, tanto del Ultisol de CIAT-Quilichao como del Oxisol de Carimagua, y se midió el contenido de P mediante el método Bray II. La Figura 59 ilustra el comportamiento similar de los dos suelos a todos los niveles de P aplicado. Además, se debe anotar que aún las especies forrajeras que requieren bajos niveles de P (2.5 a 6 ppm P, Bray II) probablemente requerirán aplicaciones de P que oscilan entre 50 y 100 kg P_2O_5/ha.

Experimentos con Cal/Fósforo

Se hizo un experimento de incubación con suelos de CIAT-Quilichao y

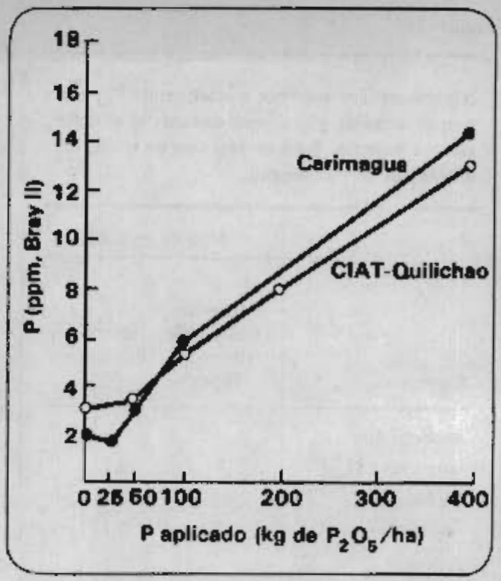


Figura 59. Efecto de las adiciones de superfosfato triple sobre los niveles de P del suelo, para dos localidades en Colombia.

Carimagua para determinar el efecto de diversos niveles de cal y P (en la forma de superfosfato simple, SFS), sobre la disponibilidad de P determinada por el método Bray II. En general, no se observó interacción excepto en la mayor dosis de P aplicado (400 kg de P_2O_5/ha) y las menores dosis de cal, cuando la disponibilidad de P aumentó marcadamente en el suelo de Carimagua (Figura 60). Sin embargo, en todos los casos, el P disponible en el suelo aumentó con cada incremento de P aplicado. Es interesante anotar la similitud con que reaccionaron los dos suelos a las diversas dosis de cal, cuando se consideró el pH del suelo y el porcentaje de saturación de Al de la capacidad efectiva del intercambio catiótico (Figura 61).

También, se hizo un experimento en el invernadero para determinar el efecto de la dosis y la fuente de P en el rendimiento de *P. maximum* cultivado en dos suelos colombianos, con cal y sin cal. La cantidad de cal aplicada fue la calculada para neutralizar el 80 por ciento de Al intercam-

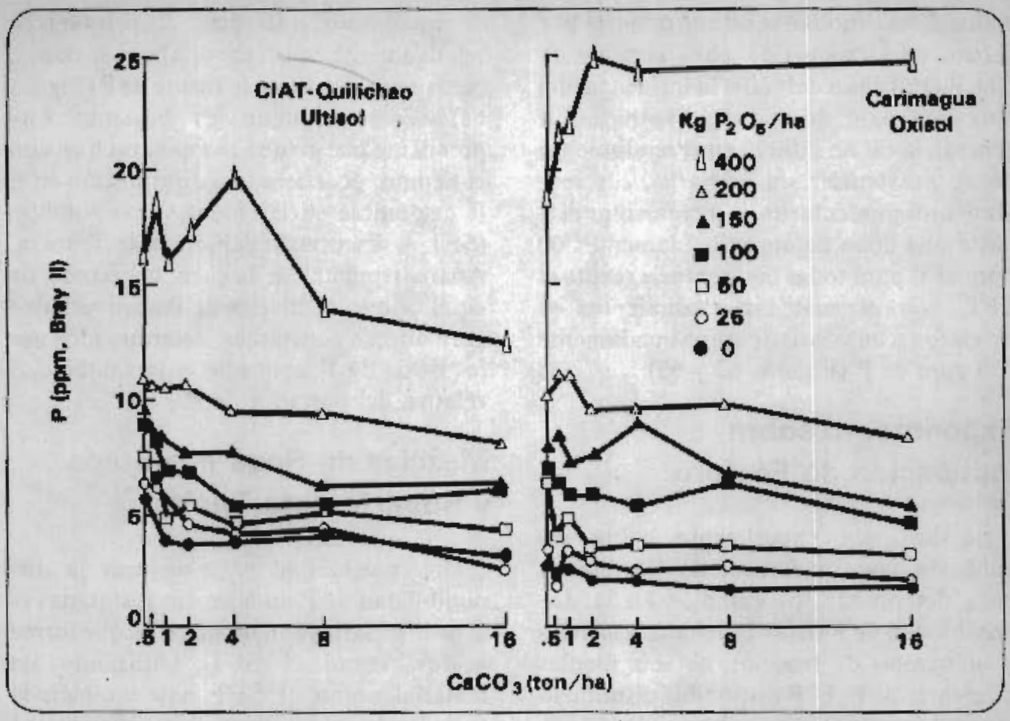


Figura 60. Efecto de diferentes niveles de aplicación de superfosfato simple y de cal sobre la disponibilidad de P en dos suelos de Colombia, después de 30 días de incubación.

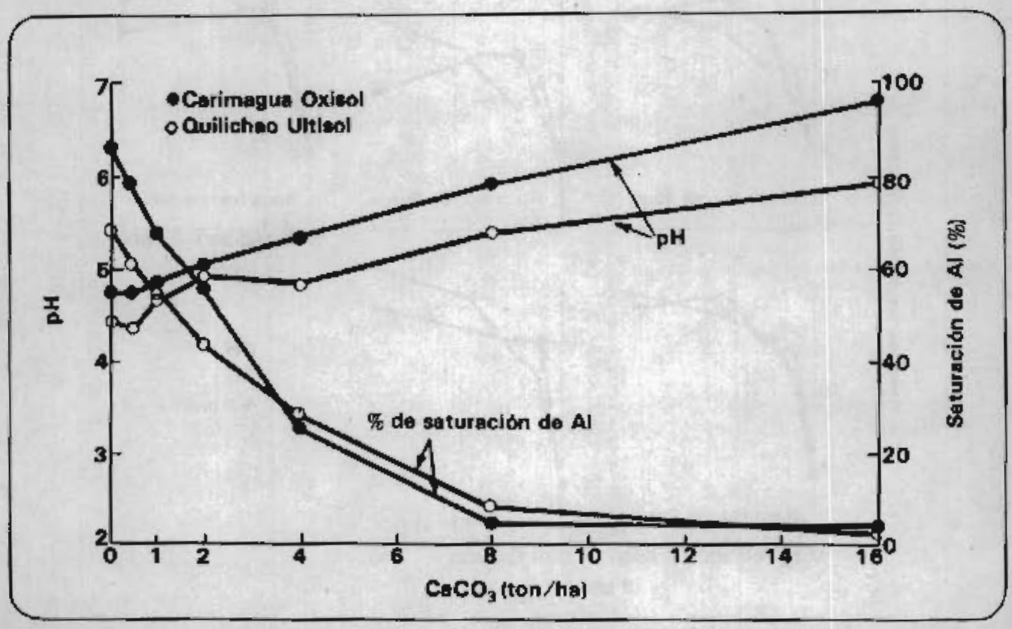


Figura 61. Efecto de diferentes dosis de cal sobre el pH del suelo y porcentaje de saturación de Al, en dos suelos de Colombia, después de 30 días de incubación.

biable. Esta cantidad se estimó que está por debajo de la requerida para el suelo de CIAT-Quilichao debido a la influencia del alto contenido de materia orgánica. En general, la cal no influyó en el rendimiento de *P. maximum;* sin embargo, los rendimientos aumentaron al incrementar el P hasta una dosis de aproximadamente 300 ppm de P para todas las fuentes, excepto el SFT, con el cual los rendimientos se nivelaron a una dosis de aproximadamente 250 ppm de P (Figuras 62 y 63).

Experimento sobre Incubación de Fósforo

Se hizo un experimento sobre incubación con un Oxisol de Carimagua para determinar los cambios en la disponibilidad de P (Bray I) debidos a la dosis y al tiempo de reacción de seis fuentes diferentes de P. El P disponible disminuyó marcadamente durante el primer periodo de incubación (16 días) y permaneció relativamente constante de ahí en adelante, cualquiera que fuera la fuente de P (Figura 64). Este resultado es bastante sorprendente puesto que se esperaría que, con el tiempo, ocurriera una disminución en el P disponible en las fuentes más solubles (SFT y Escorias), debido a la fijación. Aparentemente, se llega a un estado de equilibrio y los niveles de P aprovechable permanecen constantes, determinados por las dosis de P aplicadas y la solubilidad relativa del portador de P.

Mezclas de Roca Fosfatada y Superfosfato Triple

Una posibilidad para mejorar la disponibilidad de P en las rocas fosfatadas es la de mezclarlas con un material que forme ácidos, como el SFT. Utilizando un material como el SFT hay también la ventaja de suministrar P en una forma

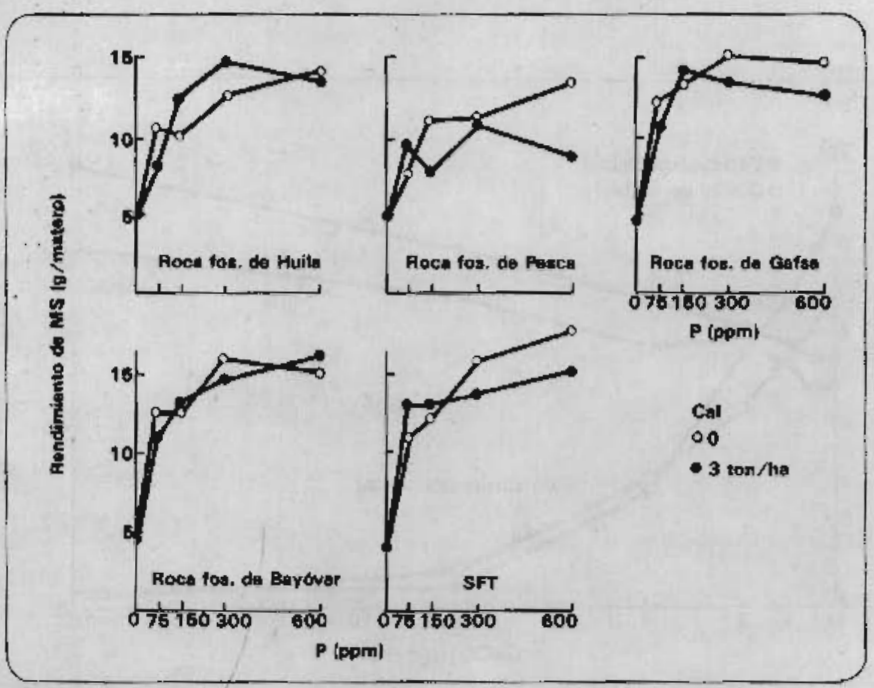


Figura 62. Efecto de la dosis y de la fuente de P sobre el rendimiento de *Panicum maximum* cultivado en el invernadero, en un Ultisol de CIAT-Quilichao, con aplicación de cal y sin cal. (Promedio de cinco cortes).

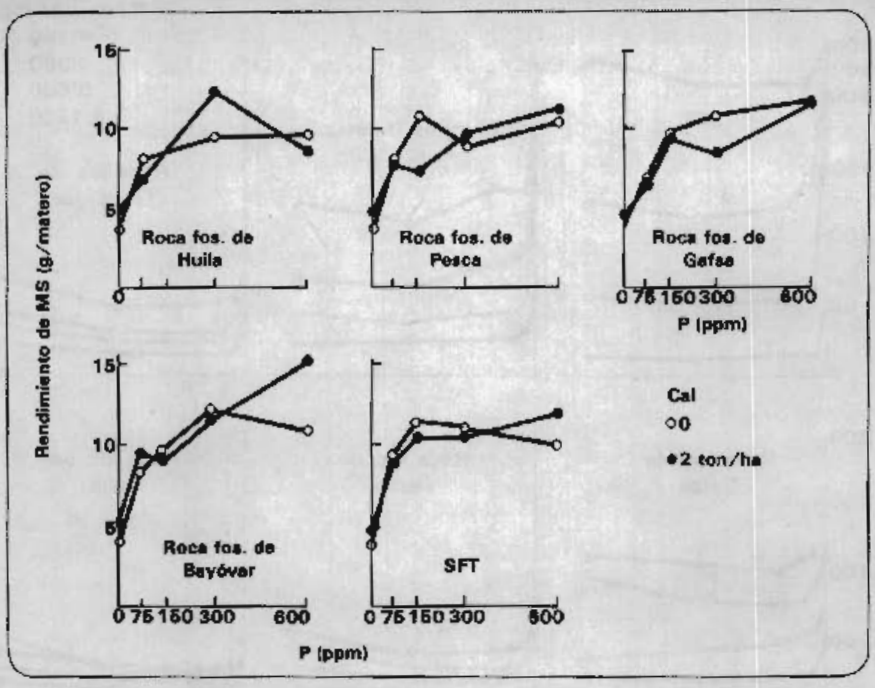


Figura 63. Efecto de la dosis y fuente de P en el rendimiento de *Panicum maximum* cultivado en invernadero, en un Inceptisol de Popayán, Colombia, con aplicación de cal y sin cal. (Promedio de cinco cortes).

inmediatamente aprovechable. Con base en lo anterior, se estableció un experimento en el invernadero para estudiar el efecto de la proporción de aplicación de SFT y roca fosfatada en el rendimiento de *P. maximum* cultivado en un Oxisol de Carimagua. Los resultados indicarían que la proporción de P en la forma de SFT a roca fosfatada varía marcadamente en lo que respecta a la disponibilidad de P para *P. maximum*, especialmente en la menor dosis de P aplicado (Figura 65). Para la roca fosfatada de Pesca (Colombia), una proporción 75:25 (SFT roca fosfatada) es superior en tanto que, para la roca fosfatada del Huila, una proporción 25:75 parece ser óptima. En la mayor tasa de P aplicado el efecto de las proporciones no fue tan claro, probablemente debido a las mayores cantidades de SFT.

Es difícil explicar el porqué, en la menor tasa de P, el SFT en un 100 por ciento dio un comportamiento tan pobre (Figura 65). Como el material de todas las fuentes fue molido finamente, tal vez el SFT soluble fue fijado y por lo tanto, el P no fue aprovechado por las plantas. Sin embargo, los resultados de este experimento indican que es necesario realizar un ensayo similar en el cual los materiales finamente molidos se deban granular para determinar el efecto del tamaño de los agregados. Aún más, la granulación de estas mezclas aseguraría un contacto íntimo entre la roca fosfatada y el SFT, de tal manera que sea más factible que el ácido del SFT reaccione con la roca y no sea disipado en el suelo.

Efectos a Largo Plazo de Diferentes Rocas Fosfatadas

En 1976, se estableció en Carimagua un experimento de campo a largo plazo con *B. decumbens* para comparar los efectos de seis rocas fosfatadas con el SFT. Las dosis

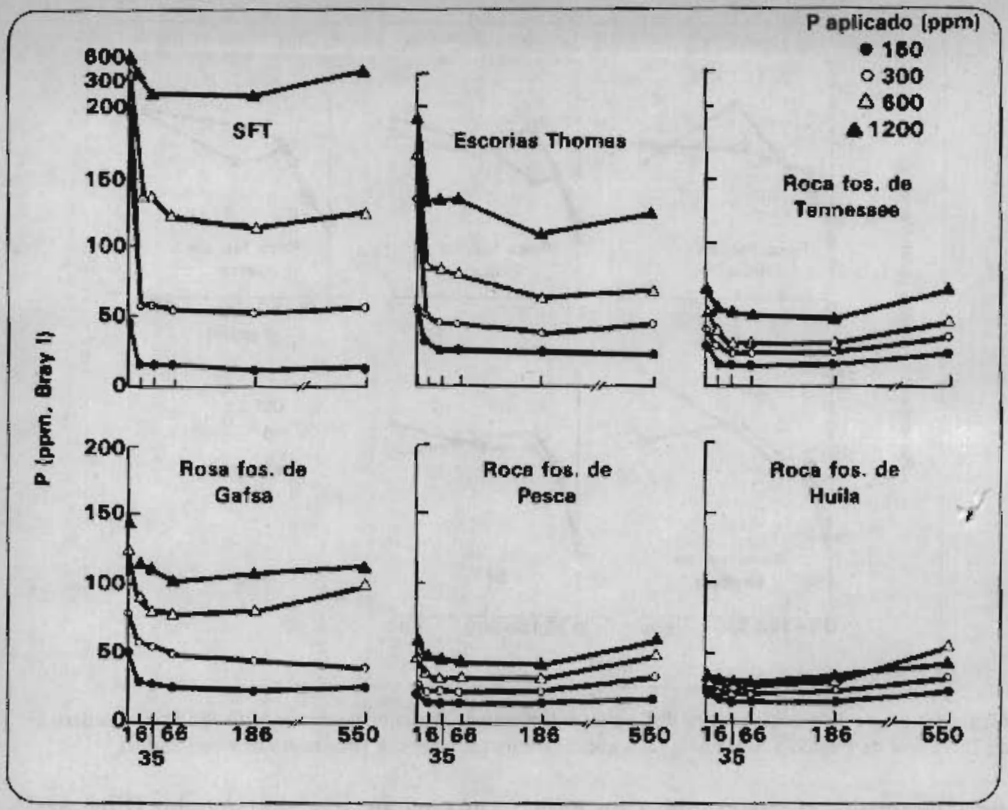


Figura 64. Cambios en la disponibilidad de P (Bray I), debidos al tiempo de reacción de seis portadores diferentes de P, en un Oxisol de Carimagua.

de aplicación oscilaron entre 0 y 400 kg P_2O_5/ha; todos los fertilizantes se aplicaron al voleo y se incorporaron en la capa superior del suelo. Hasta la fecha, la gramínea se ha cortado siete veces; los resultados se presentan en la Figura 66. Aún cuando los rendimientos variaron marcadamente al comienzo, debido a la fuente de P, después de siete cortes los rendimientos totales han sido muy similares para todas las fuentes, en cualquier tasa de P aplicado. La Figura 67 muestra el excelente comportamiento de las rocas fosfatadas cuando se comparan con el SFT. En cualquier momento dado, las rocas fosfatadas presentan un comportamiento igual y en muchos casos, superior al SFT, especialmente desde el punto de vista residual. En el Cuado 35 se presenta el mismo comportamiento global de las fuentes de P.

Se podría concluir que, con el tiempo, una fuente de P resulta ser tan efectiva como otra dentro de un sistema de producción de forraje a largo plazo. Sin embargo, esto podría no ser del todo cierto, pues quizás otros nutrimentos esenciales se volvieron más limitantes que el P, produciendo este efecto de nivelación. La Figura 68 ilustra en forma relativamente clara la deficiencia extrema de K que se presentó entre el segundo y el cuarto corte. Existen indicaciones de que también el Zn pudiera estar llegando a niveles de deficiencia en los tejidos vegetales (Figura 68). Para asegurar la validez de estos resultados experimentales,

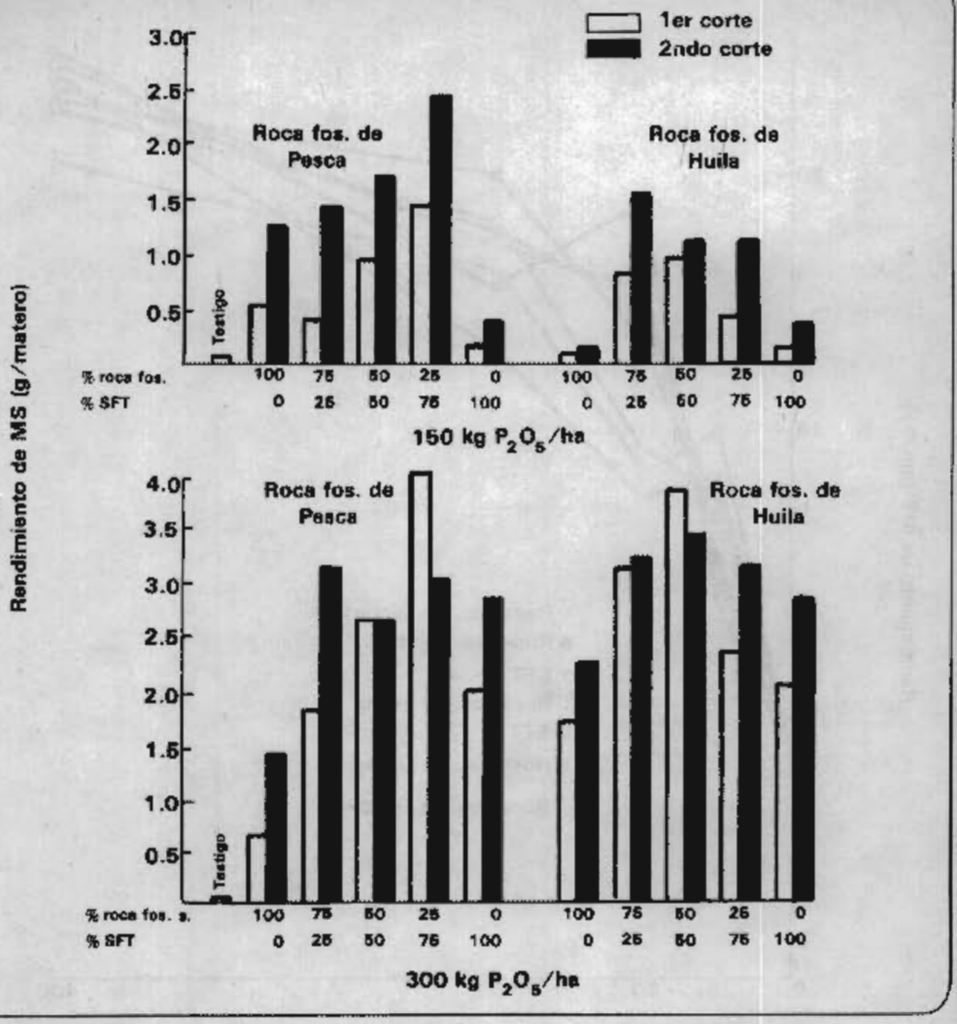


Figura 65. Efecto de la relación SFT/roca fosfórica y de la dosis de P sobre el rendimiento de *Panicum maximum* cultivado, en invernadero, en un Oxisol de Carimagua.

sería necesario llevar a cabo un análisis continuado de tejidos, como parte integral del programa de investigación que se adelanta con P.

Tamaño de los Gránulos de las Rocas Fosfatadas

En general, las rocas fosfatadas se deben moler finamente para obtener una mayor efectividad. Esta operación trae ciertos problemas puesto que el producto resultante generalmente es polvoso y difícil de dispersar uniformemente en el campo. Al efecto, se estableció un experimento en el invernadero para determinar el efecto del tamaño de los gránulos de las rocas fosfatadas en el rendimiento de *P. maximum* cultivado en un Oxisol de Carimagua. Los gránulos se obtuvieron triturando la roca fosfatada, moliéndola finamente con un aglutinante a base de KCl al 3.3 por ciento. Se utilizaron tres tamaños de partículas: en polvo

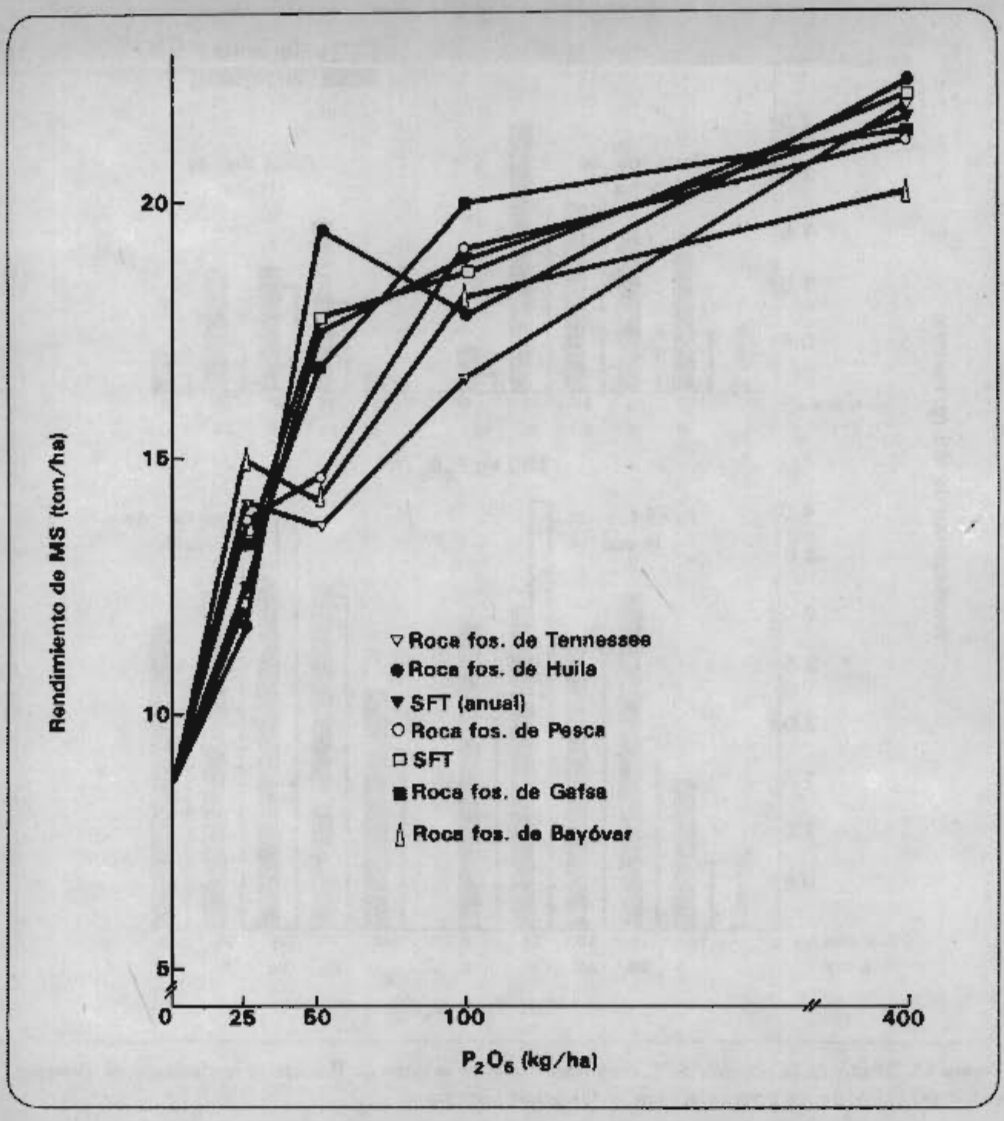


Figura 66. Efecto del portador de P y dosis de aplicación sobre el rendimiento de *Brachiaria decumbens*, cultivado en un Oxisol de Carimagua. (Total de 7 cortes.)

(tamiz < 200), minigránulos (tamiz - 48 + 140) y gránulos fertilizantes de tamaño regular (tamiz - 16 + 16). Las Figuras 69 a 71 ilustran en forma relativamente clara que los minigránulos son tan efectivos como los materiales en polvo, en todas las tasas de aplicación. El uso de minigránulos eliminaría la mayoría de los problemas químicos del manejo de rocas fosfatadas finamente molidas.

Desarrollo de una Red de Investigación sobre Fósforo

Hasta la fecha, se han establecido 16 experimentos de campo con varios cultivos, en localidades representativas de Colombia, y además en Pucallpa, Perú. A comienzos de 1979, se establecerán varios experimentos de campo adicionales en

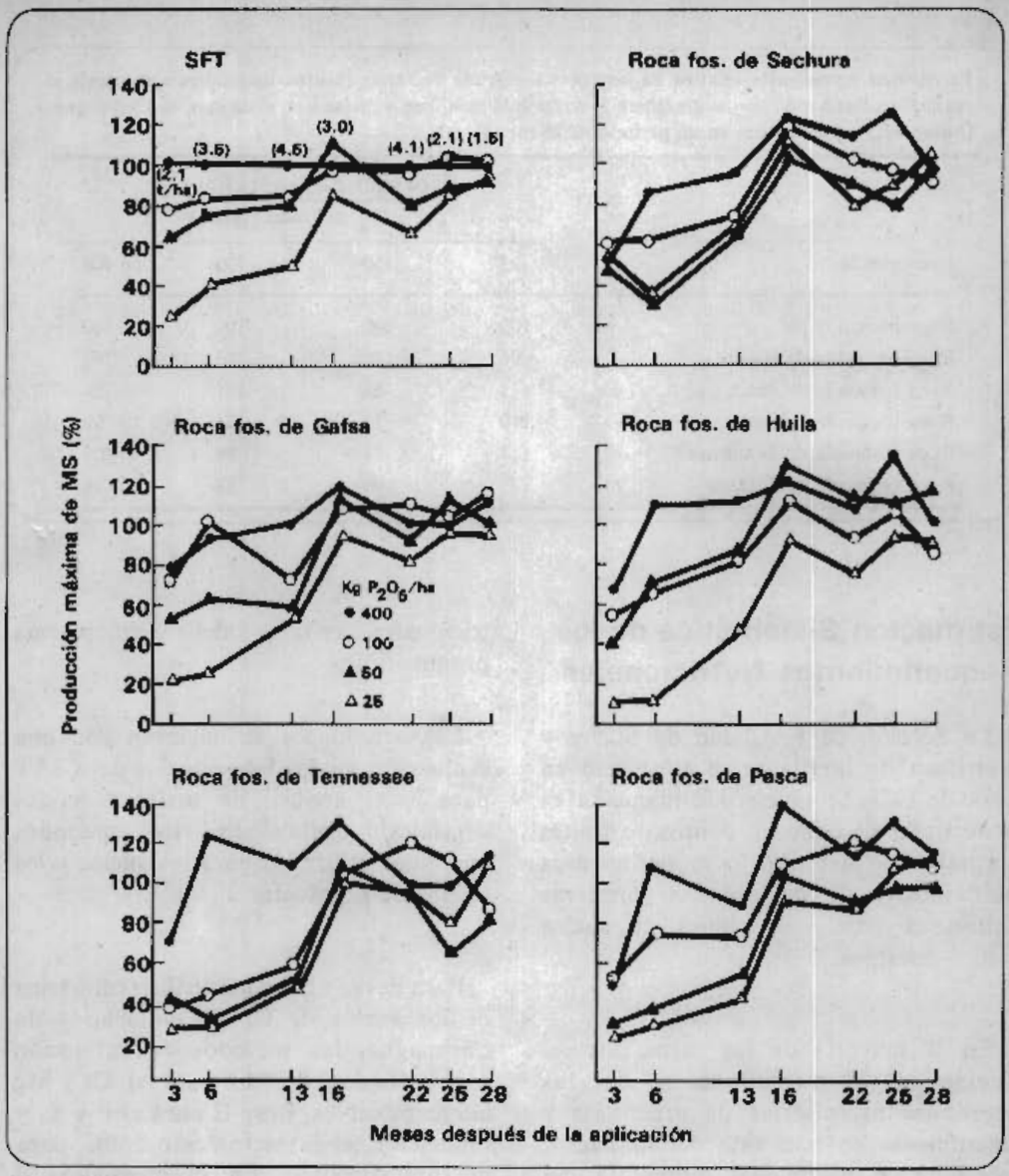


Figura 67. Efectos iniciales y residuales de cinco rocas fosfóricas en comparación con aplicaciones de SFT en los rendimientos de *Brachiaria decumbens*, cultivado en un Oxisol de Carimagua. (El SFT se considera como el 100%, con los rendimientos reales presentados entre paréntesis.)

Brasil, Colombia, Perú y Venezuela (Cuadro 36). Además, se están realizando estudios a nivel de invernadero y de laboratorio para seleccionar materiales fosfatados promisorios, los cuales posteriormente se evaluarán a nivel de campo.

Aún cuando el Proyecto Fósforo es parte integral del Programa de Ganado de Carne, también tiene iguales responsabilidades investigativas con otros cultivos, la mayoría de los cuales son precedidos o cultivados en rotación con pastos tropicales, en Oxisoles y Ultisoles.

Cuadro 35.

Efectividad agronómica relativa de las rocas fosfóricas de varias fuentes, determinada mediante el rendimiento obtenido con la gramínea *Brachiaria decumbens*, cultivada en el campo, en Carimagua. (Suma de 7 cortes hechos en un período de 28 meses).

	Efectividad relativa (%) P_2O_5 aplicado (kg/ha)			
Fuente de P	25	50	100	400
Superfosfato triple	100	100	100	100
Roca fosfatada de Huila	96	110	96	109
Roca fosfatada de Pesca	111	81	101	104
Roca fosfatada de Gafsa	110	75	108	99
Roca fosfatada de Tennessee	112	78	88	106
Roca fosfatada de Sechura	125	90	87	98

Estimación Sistemática de los Requerimientos Nutricionales

La Sección de Fertilidad de Suelos y Nutrición de la Planta se estableció en junio de 1978. Su objetivo fundamental es el de tratar de conocer, dentro de límites aceptables de precisión, los requerimientos nutricionales de las especies forrajeras cultivadas bajo condiciones de suelos ácidos infértiles.

En la mayoría de los casos, los requerimientos nutricionales de las accesiones promisorias de gramíneas y leguminosas no han sido determinados; esta falta de información representa una limitación muy significativa que detiene el progreso en la investigación. Los objetivos específicos de esta sección son los siguientes: 1) caracterizar y definir métodos analíticos para aplicar a los suelos ácidos y para analizar los tejidos de las plantas; 2) evaluar el germoplasma introducido mediante un método rápido por medio del cual se puedan determinar criterios preliminares de selección; 3) determinar los requerimientos nutricionales críticos del germoplasma promisorio.

Las actividades se iniciaron con una evaluación de los laboratorios del CIAT para hacer análisis de suelos y tejidos vegetales, incluyendo los métodos analíticos utilizados para los suelos y los tejidos de las plantas.

Para llevar a cabo los análisis rutinarios de los suelos de CIAT-Quilichao y de Carimagua, los métodos de extracción adoptados son: KCl 1*N* para Al, Ca y Mg intercambiables, Bray II para el P y K, y finalmente, el extracto ácido doble, para micronutrimentos. En el momento, el laboratorio analítico se está adaptando a un sistema para analizar un gran volumen de muestras.

Teniendo en cuenta que el germoplasma de gramíneas y de leguminosas ha sido clasificado en categorías basadas en evaluaciones anteriores, se ha adoptado un sistema de evaluación el cual es compatible con las categorías establecidas. La selec-

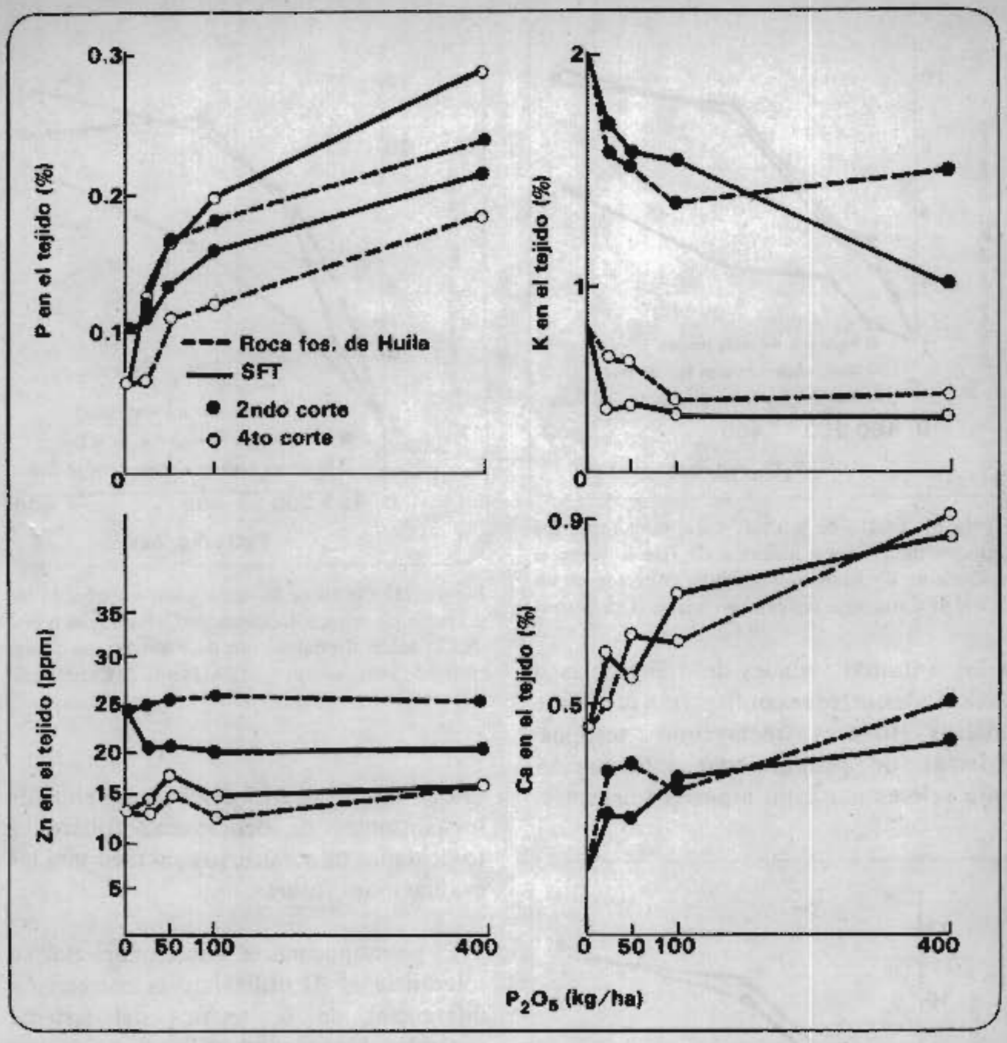


Figura 68. Efecto de dos portadores de P y dosis de aplicación de elementos esenciales seleccionados, en *Brachiaria decumbens* cultivado en un Oxisol de Carimagua.

ción preliminar que ha sido utilizada en las Secciones de Agronomía de Gramíneas y Leguminosas (Informe Anual del CIAT, 1977), representa los criterios de selección establecidos. Dentro de este parámetro, la Sección de Nutrición de Plantas utilizará los siguientes criterios para seleccionar nuevo germoplasma:

1. Una evaluación basada en síntomas visuales de deficiencias o toxicidades. El objetivo es caracterizar los factores que contribuyen a la adaptación general del material bajo estudio a las condiciones de CIAT-Quilichao y de Carimagua.

2. Selección por tolerancia al Al mediante técnicas simples y rápidas. El objetivo es caracterizar los factores que contribuyen a la tolerancia de Al.

El material existente en las parcelas de introducción en CIAT-Quilichao y Carimagua y los materiales recién introducidos se evaluarán asignando valores

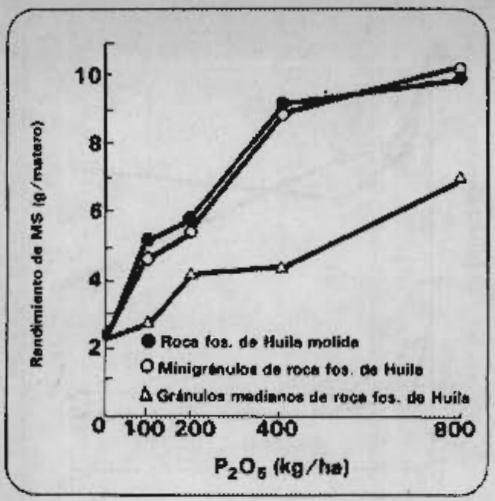


Figura 69. Efecto de la dosis y del tamaño de los gránulos de las roca fosfórica de Huila, sobre el rendimiento de *Panicum maximum* cultivado en un Oxisol de Carimagua, en el invernadero. (Dos cortes)

a los síntomas visuales de deficiencias o toxicidades; éstos se confirmarán mediante análisis foliares incluyendo testigos. Además de proporcionar información para seleccionar estas especies tolerantes,

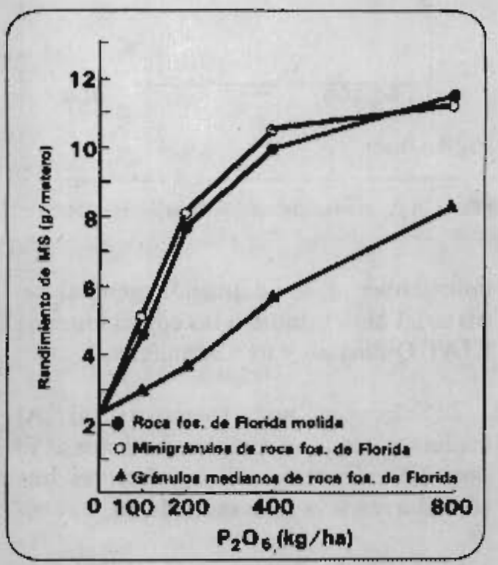


Figura 70. Efecto de la dosis y del tamaño de los gránulos de la roca fosfórica de Florida, sobre el rendimiento de *Panicum maximum* cultivado en un Oxisol de Carimagua, en el invernadero. (Dos cortes).

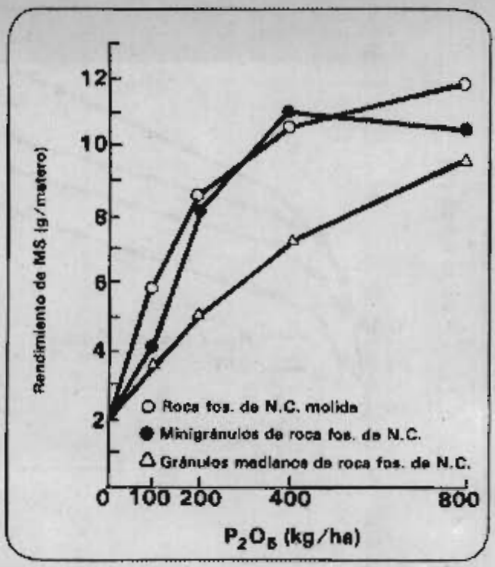


Figura 71. Efecto de la dosis y del tamaño de los gránulos de la roca fosfórica de Carolina del Norte (N.C.) sobre el rendimiento de *Panicum maximum* cultivado en invernadero en un Oxisol de Carimagua. (Dos cortes).

este sistema permitirá diseñar esquemas de los síntomas de deficiencias foliares y toxicidades minerales, lo cual facilitará las evaluaciones futuras.

El germoplasma se seleccionará por su tolerancia al Al utilizando la correlación diferencial de la técnica del sistema radicular. Esta técnica utiliza una solución de hematoxilina, la cual tiene una alta afinidad con el Al y permite la diferenciación de los tejidos meristemáticos, los cuales también tienen una afinidad directa con el Al.

El método original de la hematoxilina fue modificado ligeramente para que se ajustara a las características de la germinación de las semillas forrajeras y al crecimiento inicial de las plantas forrajeras. Esta técnica debe permitir la evaluación de una gran proporción de material de la Categoría I en un tiempo relativamente corto.

Cuadro 36.

Lista de experimentos de campo ya establecidos y propuestos, en el Proyecto Fósforo.

Localidad	Cultivos	Condición[1]	No. de exper.	Institución cooperadora
Colombia				
Popayán	Frijol	E	1	
Carimagua	*B. decumbens*	E	1	
	Yuca	E	1	
	Maní/Arroz	E	1	
	P. maximum	P	1	
Quilichao	Yuca	E	2	
	B. decumbens	E	2	
	Arroz/Maní	E	1	
	Maíz/*D. ovalifolium*/ *P. maximum*	P	1	
Villavicencio	Arroz riego/Maní	E	1	ICA
	Arroz secano/Maní	E	1	ICA
	B. decumbens	E	1	ICA
	P. maximum	P	1	ICA
Peru				
Pucallpa	*B. decumbens*	E	2	IVITA
	P. plicatulum/ *C. pubescens*	E	1	IVITA
Yurimaguas	Arroz/Maní/Soya	E	1	CRIA I-NCSU
Brasil				
Centro del Cerrado	Yuca	P	1	EMBRAPA-CPAC
	Soya	P	1	EMBRAPA-CPAC
Venezuela				
Jusepin	Maíz/Maní	P	1	U. Oriente

1 E = establecido; P = propuesto.

Para los materiales en las Categorías 2, 3 y 4, se ha adoptado una determinación cuantitativa de los requerimientos nutricionales utilizando el método de la concentración crítica. Este método utiliza la técnica de interpretación de Cate-Nelson, la cual está ampliamente aceptada por su simplicidad y precisión.

Como la investigación en el área de los requerimientos de fertilizantes es dinámica, es conveniente utilizar un modelo de manejo sencillo, en el cual los resultados se puedan calcular fácilmente y analizar con rapidez. Después de que son analizados, servirán como base para revisar y hacer los ajustes necesarios en

experimentos posteriores. Este método también será útil para reajustar resultados anteriores.

En 1979 se iniciarán estudios sobre requerimientos nutricionales de las plantas forrajeras. Para facilitar su interpretación rápida estas investigaciones se harán a nivel de invernadero, utilizando suelos de Carimagua, en los cuales se estudiará la mayoría de los nutrimentos. Para estudiar la toxicidad por Mn, se utilizarán suelos de CIAT-Quilichao.

En cada nivel nutricional, será posible estudiar diversas especies las cuales estarán sujetas a las siguientes evaluaciones: 1) producción de materia seca (parte aérea y raíces); 2) tasa de crecimiento (neta y relativa); 3) análisis foliar; y 4) tasa de translocación de nutrimentos.

Una vez que se hayan determinado estos parámetros, se someterán a dos tipos de evaluación para determinar los requerimientos críticos nutricionales: 1) diagramas de dispersión y 2) modelos lineales discontínuos.

Finalmente, los resultados se interpretarán por nutrimentos múltiples mediante la combinación de modelos lineales discontínuos por nutrimentos individuales. Para cada especie, estos criterios se utilizarán para formular los requerimientos de fertilizantes, los cuales se evaluarán inicialmente en CIAT-Quilichao y en Carimagua y posteriormente, en las pruebas regionales establecidas en toda el Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne.

DESARROLLO DE PASTOS

En CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia se investigó sobre el desarrollo de pastos con el objetivo global de encontrar métodos de bajo costo para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados. Se lograron avances en: 1) la utilización de cultivos como precursores del establecimiento de pastos; 2) siembras a baja densidad; 3) determinación de los componentes de métodos convencionales de establecimiento; 4) siembras en franjas; y 5) introducción de leguminosas en el Cerrado nativo.

Cultivos como Precursores en el Establecimiento de Pastos

En CIAT-Quilichao, y Carimagua se estudiaron las posibilidades de establecer pastos mientras se producen cultivos. Los potenciales del intercalamiento de especies de gramíneas y leguminosas promisorias se evaluaron con cultivos que presentan diferencias en su hábito de crecimiento, duración del crecimiento, arquitectura de la planta y requerimientos nutricionales. En un experimento realizado en un Ultisol de Quilichao se evaluó el establecimiento de *Stylosanthes guianensis* 184 en parcelas puras y en mezclas con *Brachiaria decumbens* o *Panicum maximum* bajo cultivos de yuca, fríjol, arroz, maíz, sorgo y maní. Las combinaciones se sembraron en octubre de 1977 con dos niveles de fertilidad del suelo: "bajo", 0.5 ton/ha de cal dolomítica y 100 kg de P_2O_5/ha en la forma de superfosfato triple y "alto", 4 ton/ha de cal, 400 kg de P_2O_5/ha y 100 kg de K_2O/ha, aplicados al voleo e incorporados en los primeros 15 cm del suelo. Cuando fue necesario, los cultivos recibieron riego por aspersión. A continuación, se presentan los resultados con yuca, arroz y fríjol, obtenidos en CIAT-Quilichao.

Yuca

La variedad Chiroza, sembrada a distancias de 1.2 x 0.8 m, creció muy bien y dio un rendimiento hasta de 53 ton/ha de raíces frescas, en 12 meses, cuando se estableció el monocultivo (Cuadro 37). Cuando los tres pastos se sembraron en la misma fecha que la yuca, *S. guianensis* disminuyó los rendimientos de yuca en aproximadamente un 20 por ciento pero presentó un buen establecimiento, reflejando un efecto positivo del intercalamiento. Las praderas mixtas de gramínea/leguminosa fueron muy competitivas para la yuca. Los rendimientos disminuyeron drásticamente y fue necesario cortar la pradera durante el crecimiento de la yuca, una situación impráctica. *P. maximum* disminuyó los rendimientos de yuca más que *B. decumbens*, posiblemente debido a su hábito de crecimiento erecto. No se observaron diferencias significativas debido a la fertilidad. Cuando los pastos se sembraron 60 días después de la yuca, el crecimiento de las gramíneas y leguminosas fue pobre, probablemente debido a la baja intensidad de luz y a los ataques de la antracnosis en *S. guianensis*. De la misma manera, cuando los pastos se sembraron al voleo 210 y 300 días después de la siembra de la yuca, el cultivo no tuvo una población adecuada. La única alternativa práctica parece ser la siembra simultánea de la leguminosa con la yuca.

Arroz

La variedad CICA 8 se sembró en hileras a 30 cm y se manejó como un cultivo de secano, pero sin problemas serios por deficiencia de agua debido al riego frecuente por aspersión. El crecimiento del arroz fue tan vigoroso que los pastos presentaron un comportamiento pobre (Cuadro 38). Cuando se sembraron al mismo tiempo, las gramíneas forrajeras se establecieron pero sólo produjeron aproximadamente el 32 por ciento de la materia seca obtenida en praderas sin arroz.

En monocultivo, *S. guianensis* produjo muy poco. Esta leguminosa fue afectada

Cuadro 37.

Efecto del intercalamiento simultáneo de yuca (cv. Chiroza Gallinaza) y pastos (3 cortes), en el Ultisol de CIAT-Quilichao.

Nivel de fertilidad	Especies[1]	Yuca (raíces)			Pastos (materia seca)		
		Monocultivo	Intercalado	RR[2]	Monocultivo	Intercalado	RR
		(ton/ha)		(%)	(ton/ha)		(%)
Bajo	Yuca + Sg	45.6	38.2	84	2.1	1.0	48
	Yuca + Sg + Pm	50.8	8.9	17	6.0	6.2	103
	Yuca + Sg + Bd	42.4	17.0	40	7.0	6.4	92
Alto	Yuca + Sg	53.0	34.4	65	2.7	1.5	56
	Yuca + Sg + Pm	42.7	10.2	24	9.6	8.6	89
	Yuca + Sg + Bd	46.6	23.9	51	8.5	7.7	91

1 Especies forrajeras intercaladas: Sg = *Stylosanthes guianensis* 136; Pm = *Panicum maximum*; Bd = *Brachiaria decumbens*.

2 RR = Rendimiento Relativo = $\frac{\text{Rendimiento cultivo intercalado}}{\text{Rendimiento en monocultivo}} \times 100$

Cuadro 38.

Efecto del intercalamiento de arroz (var. CICA 8) y de pastos (3 cortes) sembrados en diferentes épocas, en el Ultisol de CIAT-Quilichao. (El primer experimento con arroz se sembró el 12 de octubre de 1977).

Siembra de pastos después del arroz (días)	Nivel de fertilidad	Especies[1]	Arroz en grano			Pastos (materia seca)		
			Monocultivo	Intercalado	RR[2] (%)	Monocultivo	Intercalado	RR[2] (%)
			(ton/ha)			(ton/ha)		
0	Bajo	Arroz + Sg	2.27	2.80	123	2.15	0.04	2
		Arroz + Sg + Pm	2.65	3.38	128	5.97	2.31	39
		Arroz + Sg + Bd	3.06	3.82	125	6.99	1.96	28
		Media	2.66	3.33	125	5.04	1.44	29
	Alto	Arroz + Sg	4.59	5.04	110	2.67	0.02	1
		Arroz + Sg + Bd	4.54	4.18	92	9.60	3.98	41
		Arroz Sg + Bd	6.53	4.80	74	8.96	2.03	23
		Media	5.22	4.67	90	6.98	2.01	28
45	Bajo	Arroz + Sg	2.27	3.19	140	2.15	0.00	0
		Arroz + Sg + Pm	2.65	3.82	144	5.97	0.00	0
		Arroz + Sg + Bd	3.06	4.32	141	6.99	0.00	0
		Media	2.66	3.78	142	5.04	0.00	0
	Alto	Arroz + Sg	4.59	5.14	112	2.67	0.00	0
		Arroz + Sg + Pm	4.54	6.37	140	9.60	0.00	0
		Arroz + Sg + Bd	6.53	6.20	95	8.96	0.00	0
		Media	5.22	5.90	113	6.98	0.00	0
60	Bajo	Arroz + Sg	2.27	3.61	159	2.15	0.00	0
		Arroz + Sg + Pm	2.65	2.40	91	5.97	0.00	0
		Arroz + Sg + Bd	3.06	3.10	101	6.99	0.00	0
		Media	2.66	3.04	114	5.04	0.00	0
	Alto	Arroz + Sg	4.59	5.23	114	2.67	0.00	0
		Arroz + Sg + Pm	4.54	4.90	108	9.60	0.00	0
		Arroz + Sg + Bd	6.53	6.20	105	8.96	0.00	0
		Media	5.22	5.44	104	6.90	0.00	0

1 Especies forrajeras intercaladas: Sg = *Stylosanthes guianensis* 136; Pm = *Panicum maximum;* Bd = *Brachiaria decumbens.*

2 RR = Rendimiento Relativo $= \frac{\text{Rendimiento intercalado}}{\text{Rendimiento en monocultivo}} \times 100$

por la antracnosis cuando se cultivó con arroz, pero de manera mucho menos severa que cuando se cultivó sola. Cuando los pastos se sembraron 45 y 60 días después del arroz, se establecieron tan pocas plantas que no fue posible obtener estimativos de la producción de materia seca. Los rendimientos de arroz fueron altos, particularmente con niveles de alta fertilidad. A los bajos niveles de fertilidad, los rendimientos de arroz aumentaron en aproximadamente un 27 por ciento cuando se intercaló con pastos; este efecto prácticamente desapareció a un alto nivel de fertilidad. Aún no se comprende el porqué de esta observación inesperada.

En julio de 1978 se estableció un segundo experimento con la misma variedad de arroz, sembrada a dos distancias entre hileras (30 y 45 cm), a fin de que la competencia fuera menor para los pastos utilizados. Se reemplazó el *S. guianensis* por *Desmodium ovalifolium* 350 debido a su mejor tolerancia a la antracnosis y al sombrío. La leguminosa se sembró con la gramínea *B. decumbens*, cada una de las cuales se sembró entre hileras alternas de arroz a los 14, 30, 45 y 120 días después de la siembra del arroz. El arroz se cosechó 180 días después de la siembra. Los rendimientos del arroz fueron aún más altos que antes, alcanzando un máximo de 7.7 ton/ha. La Figura 72 muestra que los rendimientos de arroz fueron severamente afectados por el intercalamiento de los pastos 15 días después de la siembra del arroz, pero los rendimientos de arroz se

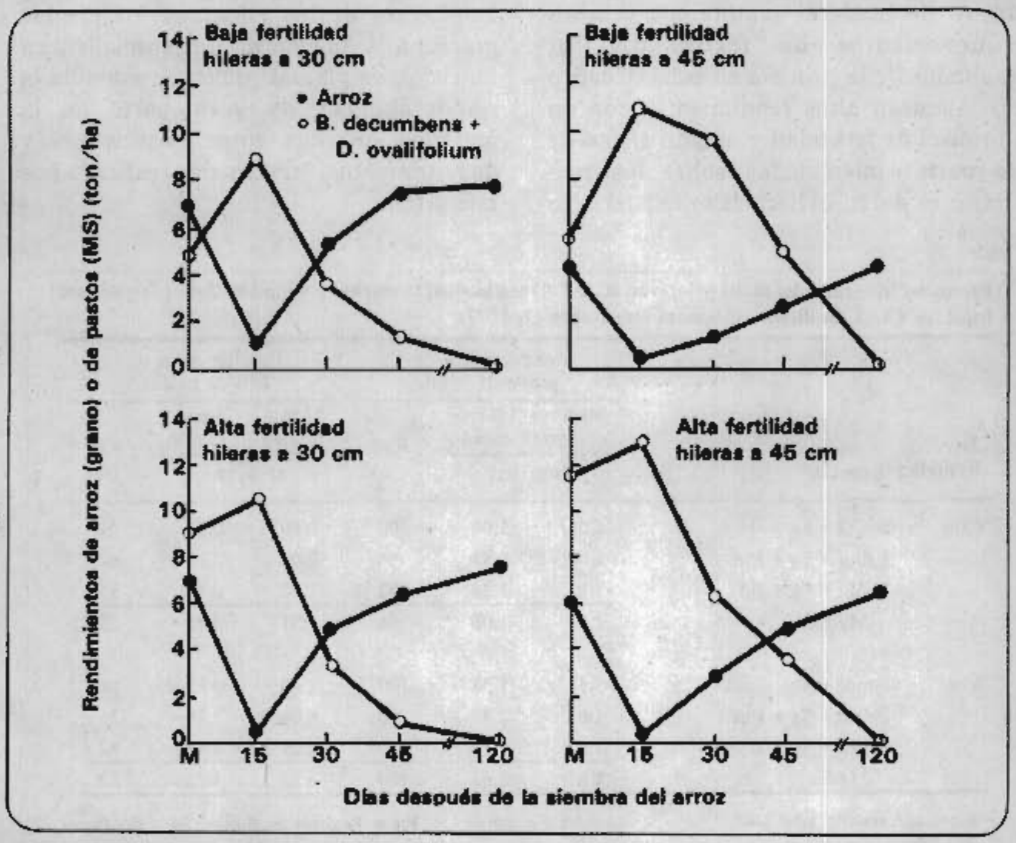


Figura 72. Efectos del nivel de fertilidad y del espaciamiento entre las hileras de arroz en el tiempo en el cual se intercaló arroz (var. CICA 8) con *Desmodium ovalifolium* y *Brachiaria decumbens*, en CIAT-Quilichao. (Siembra de julio de 1978. M = monocultivos de arroz o de especies de pastos.)

aproximaron al máximo cuando el intercalamiento se retrasó hasta los 45 días después de la siembra y el crecimiento de los pastos aún fue bueno. El punto óptimo para el sistema de intercalamiento parece ser entre los 30 y 45 días. Esta cifra también muestra la naturaleza altamente competitiva de este sistema de cultivos intercalados. La mayor distancia entre hileras es mejor para los pastos y viceversa. Los resultados indican que es factible el establecimiento de pastos con variedades vigorosas de arroz, que sean de poca altura y con un alto potencial de rendimiento.

Fríjol

También, se ensayó el fríjol como cultivo intercalado para evaluar el potencial de un cultivo de madurez temprana con altos requerimientos de fertilidad. Los resultados de la primera cosecha (Cuadro 39) muestran altos rendimientos con un alto nivel de fertilidad y ningún efecto de los pastos intercalados sobre los rendimientos del fríjol hacia la mitad del ciclo de vida del fríjol. En presencia del fríjol, la producción de pastos disminuyó aproximadamente la mitad. Sin embargo, el hecho de que los pastos no ejercieron efecto adverso sobre los rendimientos de fríjol indica que el establecimiento de pastos intercalados con fríjol, es altamente deseable con este cultivo de ciclo corto.

Desarrollo de Pastos en los Llanos

La Sección de Desarrollo de Pastos de Carimagua inició una serie de nuevos ensayos durante 1978, con énfasis principalmente en métodos de establecimiento de pastos con bajos insumos y sistemas de mantenimiento y manejo de pastos. Esta ampliación de los esfuerzos fue posible gracias a la adición de un especialista en nutrición de plantas, quien ha asumido la responsabilidad de gran parte de la investigación sobre requerimientos de cal y de nutrimentos, previamente realizada por este grupo.

Cuadro 39.

Efecto del intercalamiento del fríjol (var. ICA-Tui) con pastos (1 cosecha) sembrados 45 días después del fríjol, en CIAT-Quilichao. (Siembra en octubre 11, 1977).

Nivel de fertilidad	Especies[1]	Rendimientos de grano de fríjol (ton/ha) Monocultivo	Intercalado	RR[2] (%)	Rendimientos de MS de pastos (ton/ha) Monocultivo	Intercalado	RR[2] (%)
Bajo	Fríjol + Sg	1.08	1.08	100	0.80	0.37	46
	Fríjol + Sg + Pm	1.06	0.91	86	2.03	1.27	62
	Fríjol + Sg + Bd	1.22	1.24	102	1.70	0.93	55
	Media	1.12	1.08	96	1.51	0.86	57
Alto	Fríjol + Sg	1.57	1.58	100	1.40	0.85	61
	Fríjol + Sg + Pm	1.63	1.47	90	6.06	2.19	36
	Fríjol + Sg + Bd	1.67	1.84	110	2.29	2.11	92
	Media	1.62	1.63	100	3.25	1.72	53

1 Especies forrajeras intercaladas: Sg = *Stylosanthes guianensis* 136; Pm = *Panicum maximum*; Bd = *Brachiaria decumbens*.

2 RR = Rendimiento Relativo = $\frac{\text{Rendimiento intercalado}}{\text{Rendimiento en monocultivo}} \times 100$

Durante el establecimiento de una serie de nuevos ensayos se ha aprendido una serie de lecciones con relación a los métodos de establecimiento. Se sembró una serie de ensayos en sitios en donde la sabana nativa había sido pastoreada en forma relativamente intensiva, lo cual resultó en cambios en la composición botánica y en la presencia de una mayor cantidad de maleza, con respecto a la que normalmente se encuentra en la sabana nativa virgen. En varios ensayos, se presentaron serios problemas de competencia por malezas debido a la aplicación de P al voleo, antes o al momento de la siembra, por lo cual se requirió el control de malezas, por medios químicos o manuales, después de la siembra. En contraste, los ensayos que se sembraron en hileras con el fertilizante aplicado en bandas no presentaron problemas serios de malezas durante la fase de establecimiento. Los problemas más severos con las malezas se presentaron cuando la semilla y los fertilizantes se aplicaron al voleo. Esta experiencia hace énfasis en la importancia de la fertilización en bandas o localizada, al momento de la siembra. Después del establecimiento de los pastos, es apropiado hacer las aplicaciones de los fertilizantes al voleo.

Varias observaciones hechas durante la estación indican la importancia de la competencia de plántulas de gramíneas y leguminosas con gramíneas y leguminosas ya establecidas. Por ejemplo, las nuevas plántulas de *A. gayanus* rara vez sobrevivieron o crecieron considerablemente en la presencia de una población relativamente rala y ya establecida de *A. gayanus* (aproximadamente, 20,000 plantas/ha). En un ensayo de siembra a baja densidad (1000 plantas/ha) con *A. gayanus*, se observó que, en un radio de aproximadamente 1 m alrededor de las plantas madres (las plantas originalmente sembradas), el terreno sembrado estaba libre de plántulas nuevas. Más allá de ese radio, la población de nuevas plántulas fue excelente. Otro ejemplo se presenta con plántulas de *Stylosanthes capitata*. En la presencia de plantas establecidas de *S. capitata*, las plántulas desarrollaron un vigor moderado, pero, en la presencia de gramíneas establecidas, las plántulas presentaron poco crecimiento y exhibieron síntomas severos de deficiencia de K y Mg. Es bien conocido el hecho de que, generalmente, las plántulas de pastos tienen requerimientos más altos de nutrimentos (concentración de los nutrimentos en la solución del suelo) durante la fase de plántula que después de su establecimiento. Parece lógico que la competencia por las plantas ya establecidas agravaría esta situación, por lo cual se requeriría un mantenimiento especial cuando es necesario favorecer la supervivencia de las plántulas para aumentar la población.

Establecimiento de Pastos

Se continuaron los trabajos de experimentación con las siembras a baja densidad, los cuales se presentaron preliminarmente en el Informe Anual del CIAT de 1977 (ver páginas A-67 y A-68). Se sembraron 10 especies a razón de 1000 montículos/ha con una aplicación inicial de fertilizantes sólo en el montículo. Después de asegurar el establecimiento, el fertilizante se aplicó al voleo entre los montículos. Los datos preliminares del establecimiento se presentaron en ese informe. El porcentaje de cobertura del área de las parcelas, utilizado como una medida del establecimiento, se presenta en la Figura 73. En mayo se había logrado una cobertura total con *Brachiaria humidicola*, *B. radicans*, un híbrido de *Cynodon*, *A. gayanus*, *P. maximum* y *Pueraria phaseoloides*. La fertilidad extremadamente baja del suelo fue un mecanismo efectivo para el control de las malezas y por

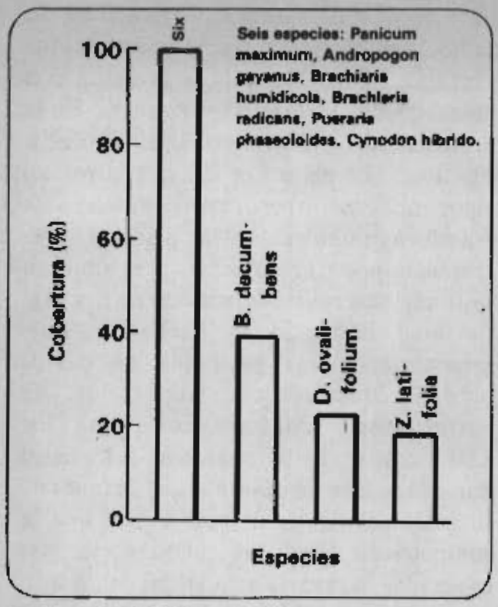


Figura 73. Porcentaje de cobertura proporcionada por estolones y/o plántulas, en mayo de 1978, en una siembra a baja densidad (1000 sitios/ha) hecha en setiembre de 1977.

lo tanto, éstas no constituyeron un problema. Las poblaciones iniciales de *S. capitata* 1078 fueron muy pobres y la resiembra no fue satisfactoria; en consecuencia, no se tienen datos confiables para dicha especie.

En junio, 9 meses después de la siembra, las parcelas de *B. humidicola, B. radicans, P. maximum, A. gayanus* y *P. phaseoloides* estaban listas para el pastoreo. En ese momento, el colchón de *P. phaseoloides* no estaba bien enraizado pero, después del pastoreo, estaba totalmente anclado en el suelo. El híbrido de *Cynodon* proporcionó cobertura pero presenta una adaptación muy pobre para ser considerado promisorio para este ecosistema.

Para setiembre de 1978 (1 año después del establecimiento), todas las especies, excepto *S. capitata*, habían proporcionado una cobertura total. La Figura 74 muestra la condición de *A. gayanus* en mayo, poco tiempo después del inicio de la estación de lluvias. Los recuentos de población, presentados en el Cuadro 40, dieron un promedio de más de 150 plantas/m² para *A. gayanus* desarrolladas a partir de 1000 plantas/ha en la siembra original. Los recuentos de población para *P. maximum* fueron mucho menores, oscilando entre 5 y 15 plantas/m² pero esta población se considera adecuada para el establecimiento de este pasto.

El sistema de siembra a baja densidad para el establecimiento de pastos muestra ser muy promisorio para reducir la inversión inicial en fertilizantes, mano de obra y semilla, factores que con frecuencia son recursos críticos limitantes en regiones en desarrollo. Con base en estas primeras experiencias se ha establecido una serie de ensayos nuevos. En uno de ellos se estudia la interacción de los métodos de labranza con la densidad de siembra de *A. gayanus*. En otro, se evaluará el efecto del estado de desarrollo de la sabana nativa (con quema y sin quema) en el establecimiento de tres leguminosas (*D. ovalifolium, S. capitata* y *P. phaseoloides)* asociadas con *A. gayanus*. En otro ensayo, se prueba la interacción de los métodos de labranza y especies de gramíneas.

También, se están estudiando métodos convencionales de establecimiento en ensayos sembrados durante el año. La interacción de labranza x especies x fecha de siembra incluye la preparación convencional de lechos para la simiente y el control de la labranza nativa mediante una cubierta protectora del rastrojo. Otro ensayo está diseñado para evaluar la interacción entre los métodos de siembra y la época de siembra de leguminosas con relación a la época de siembra de las gramíneas. Se incluyen cuatro asociaciones con *S. capitata, P. phaseoloides, A. gayanus* y *P. maximum*. Las primeras evaluaciones indican que la

Figura 74. *Andropogon gayanus* establecido mediante el método de siembra rala, en Carimagua. Las plantas "madres" (con porte alto) se sembraron en setiembre de 1977, espaciadas a 3.16 m (1000 sitios/ha). Estas plantas comenzaron a producir semilla en noviembre, al final de la estación lluviosa; y la germinación ocurrió después de las primeras lluvias de la siguiente estación lluviosa, en marzo de 1978. Las semillas se establecieron en el fondo de los surcos dejados por la cultivadora, dando la impresión de haber sido sembradas a propósito en hileras. Los recuentos de población, hechos en abril de 1978, dieron un promedio de 150 plantas/m².

siembra en surcos alternos o pares alternos de surcos proporciona el mejor equilibrio. La siembra al voleo y la aplicación de fertilizantes también al voleo, ha resultado en un excesivo crecimiento de malezas y un deficiente equilibrio entre las especies.

Cuadro 40.

Efecto del P y del K en los recuentos de población de siembras de *Andropogon gayanus* y de *Panicum maximum*, a baja densidad, en Carimagua, 1978.

	P_2O_5 kg/ha			
	0.5	1	3	9
	(plantas/m²)			
A. gayanus	97	170	144	176
P. maximum	4.8	6.3	6.6	13.2

	K_2O kg/ha		
	0	0.5	1.5
A. gayanus	136	160	146
P. maximum	6.4	7.3	9.5

Mantenimiento y Manejo de Pastos

El experimento sobre siembra en franjas de *P. phaseoloides*/gramínea, iniciado en 1975-76 y descrito en el Informe Anual del CIAT de 1977 se continuó en 1978 con algunas modificaciones. *B. decumbens* sigue siendo fuertemente competitivo en rotaciones de 56 y 42 días y mantiene buenas poblaciones aún en rotaciones de 28 días (Figuras 75 y 76). Ha invadido las franjas de *P. phaseoloides*, especialmente en la rotación de 56 días. Este tiempo es suficiente para que *B. decumbens* produzca semilla; la mayor parte de la invasión

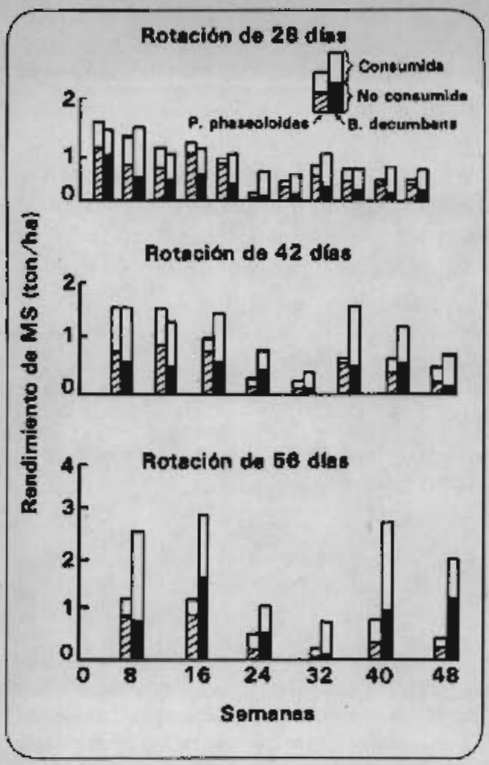


Figura 75. Efecto de la frecuencia del pastoreo sobre la producción de materia seca y consumo de forraje de *Pueraria phaseoloides* y *Brachiaria decumbens* sembradas en franjas alternas de 2.5 m, en Carimagua.

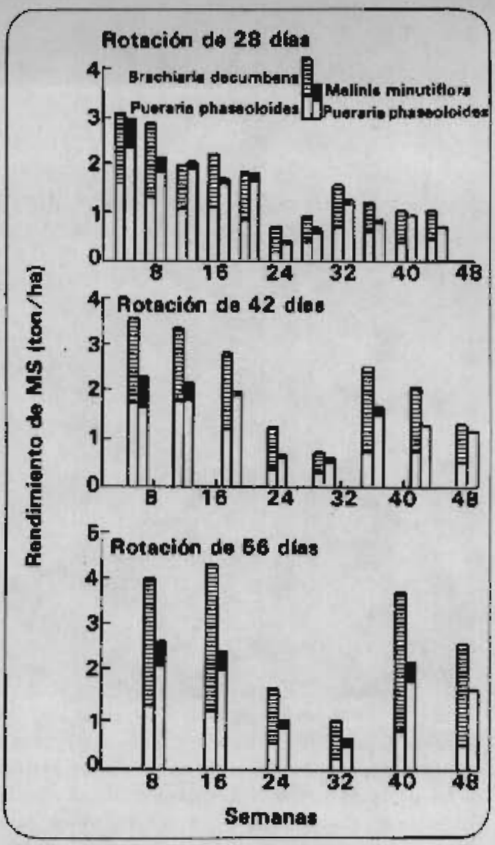


Figura 76. Efecto de la frecuencia del pastoreo sobre la producción de materia seca total de dos asociaciones de pastos, en Carimagua.

parece haber ocurrido mediante plántulas nuevas. Hay mucho menos invasión en las rotaciones de 42 y 28 días.

Por otra parte, *Melinis minutiflora* e *Hyparrhenia rufa* comenzaron a declinar en etapas muy tempranas de los ciclos de pastoreo en las tres rotaciones; a mediados de 1978, estas dos gramíneas habían desaparecido de las franjas de 2.5 m en donde se habían sembrado inicialmente. Estas especies fueron desplazadas por *P. phaseoloides* de las franjas alternas de 2.5 m. El fracaso de estas dos gramíneas se debió a una serie de factores. Las poblaciones iniciales de todas las especies fueron buenas, con la excepción de *H. rufa*, la cual presentó desventajas desde un comienzo. Bajo las condiciones de Carimagua, ambas especies presentan tasas de crecimiento relativamente lentas en comparación con *B. decumbens*, la cual se recupera rápidamente después del pastoreo y produce mucha más materia seca que las otras en un determinado período de descanso. El diseño del experimento no permitió el pastoreo separado de las tres asociaciones; en consecuencia, el pastoreo preferencial de *M. minutiflora* y *H. rufa* también contribuyó a su fracaso. Ambas especies son bastante apetecibles durante la estación de lluvias. La disminución rápida de *M. minutiflora* se ilustra en la Figura 76. Los datos para *H. rufa* son casi idénticos. Las dos gramíneas desplazadas por *P.*

phaseoloides fueron reemplazadas a finales del año por *B. humidicola* y por *P. maximum* después de hacer un pase de rastra de discos sobre la franja de gramíneas para controlar la invasión de *P. phaseoloides*. Se considera que ambas especies son lo suficientemente agresivas para mantener poblaciones estables con *P. phaseoloides*. Con base en observaciones hechas en otros ensayos establecidos en Carimagua, estas dos especies parecen presentar un vigor y una tasa de producción de materia seca muy similares a *B. decumbens*.

La Figura 75 muestra que la producción de leguminosas se correlaciona negativamente con la producción de gramíneas. Hasta la fecha, la producción total de leguminosas ha sido mayor en la rotación de 28 días y menor en la rotación de 56 días. La tendencia de la producción total de gramíneas ha tomado la dirección opuesta con la mayor producción en la rotación de 56 días. La producción total combinada fue mayor para la rotación de 28 días y menor para la de 56 días. Aparentemente, la rotación de 42 días sería la mejor de las opciones para la producción y persistencia tanto, de *B. decumbens* como de *P. phaseoloides*.

Durante el ciclo de pastoreo de 1978, se observó que *B. decumbens*, establecido dentro de la franja de *P. phaseoloides*, se benefició con la mejor fertilidad, en tanto que *B. decumbens*, a sólo 2.5 m de distancia en la mitad de la franja de la gramínea, presenta claras deficiencias de N. La gramínea parece estar mejorando a expensas de la leguminosa en la franja de la leguminosa y declina rápidamente, por falta de N, en la franja de gramíneas. Es posible que la leguminosa mejore en las franjas de la gramínea a medida que disminuya la competencia de la gramínea. Este puede ser (en cuanto a espacio) un ejemplo de ciclos de: mejoramiento de la gramínea/disminución de la leguminosa y posteriormente, disminución de la gramínea/mejoramiento de la leguminosa, observados en el transcurso del tiempo, bajo condiciones de campo. Podría ser posible diseñar un tipo de parcela para pastoreo con una distribución espacial que favorezca un cambio cíclico en el equilibrio de especies forrajeras pero con ciclos no correspondientes en cuanto a madurez de las plantas entre una franja y otra, lo cual proveería una disponibilidad permanente de forraje y una calidad constante de pastos dentro de la parcela.

En este experimento, la leguminosa *P. phaseoloides* se estableció en 1975 y las gramíneas se establecieron a principios de 1976. Aunque la leguminosa está declinando en la asociación con *B. decumbens* (Figura 75) ha persistido durante tres estaciones secas; pareciera que es una especie productiva, de vida relativamente larga en los ecosistemas de sabana similares al que tiene Carimagua. Requiere niveles de fertilización más altos que *S. capitata* y *Zornia latifolia*.

La validez de este tipo de experimento de pastoreo rotacional está por comprobarse; es difícil extrapolar los resultados obtenidos en las experiencias investigativas a las condiciones de nivel de finca. Con base en los resultados promisorios que se han obtenido con *B. decumbens* y *P. phaseoloides* y en la aparente longevidad de *P. phaseoloides* se ha iniciado un ensayo sobre distribución espacial de las dos especies, en la cual el ancho de la franja con cada especie varía entre 0 y 8 m, en tanto que el ancho de la franja de la especie asociada se mantiene constante a 4 m. Este nuevo ensayo será pastoreado continuamente, con presiones de pastoreo ajustadas a la disponibilidad de forraje. Se tomarán datos sobre la

persistencia de las especies, invasión de las franjas, incidencia de malezas y eficiencia de la transferencia de N de la leguminosa a la gramínea.

En 1978, se inició un ensayo adicional relacionado con el mantenimiento y manejo de praderas, a fin de estudiar la interacción entre niveles de P y asociaciones de especies forrajeras. Se han establecido cuatro asociaciones combinando dos gramíneas y dos leguminosas *(P. maximum, A. gayanus, S. capitata* y *P. phaseoloides)*; cada una de las asociaciones se fertilizó con tres niveles diferentes de P. Las gramíneas y las leguminosas incluídas en el ensayo difieren marcadamente en sus requerimientos de P; consecuentemente, el nivel de P debe ejercer un fuerte efecto en la competitividad relativa y productividad de los componentes de las asociaciones.

Disponibilidad de Humedad en el Subsuelo para las Especies de Pastos

Al comienzo de la estación seca de 1977-78, se instalaron bloques Bouyoucos a diferentes profundidades del perfil del suelo hasta 1.20 m, con el fin de medir la extracción de humedad del subsuelo que hacen varias gramíneas. Los resultados obtenidos son aún preliminares. En la estación seca venidera, se adelantarán trabajos adicionales. En la Figura 77 se observa que *P. maximum* y la sabana nativa mostraron tener capacidades de extracción de humedad casi idénticas. Ambos tipos fueron relativamente ineficientes para extraer humedad a profundidades de 90 y 120 cm, en comparación con *A. gayanus* y *B. decumbens*, las cuales secaron totalmente el perfil hasta una

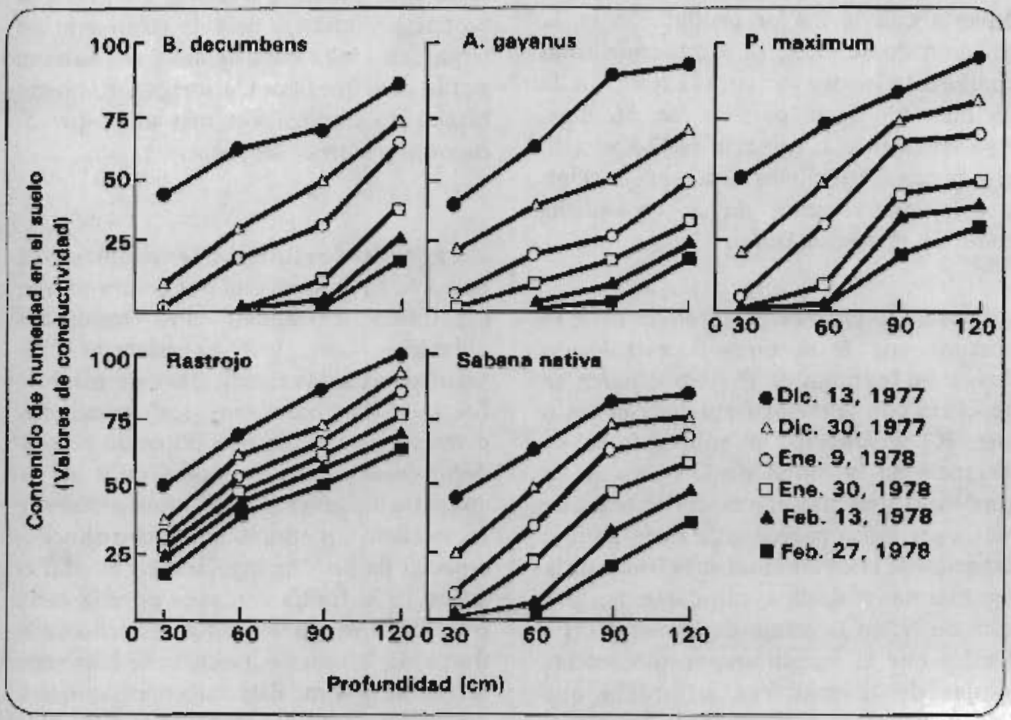


Figura 77. Perfiles de extracción de humedad en suelos de rastrojo, o cubiertos con sabana nativa, *Brachiaria decumbens, Andropogon gayanus* y *Panicum maximum*, durante la estación seca de 1977-78, en Carimagua.

profundidad de 90 cm y aparentemente, extrajeron mayor humedad a 120 cm que los otros dos pastos. Bajo condiciones de rastrojo, aunque se perdió algo de humedad del subsuelo, éste permaneció relativamente húmedo durante la estación seca aún a una profundidad de 30 cm. Es necesario anotar que los índices obtenidos no corresponden al contenido de humedad del suelo sino que son valores de conductividad y por lo tanto, no se deben tomar como mediciones precisas del contenido de humedad.

Estas observaciones tienen buena correlación con la aparente resistencia a la sequía de las especies observadas. *A. gayanus* y *B. decumbens* se caracterizan por su buen comportamiento durante la estación seca. En gran parte, esto se puede deber a su habilidad para enraizar profundamente, teniendo entonces la capacidad de extraer la humedad almacenada en el subsuelo. *P. maximum* se comporta en forma bastante pobre en las épocas de verano y aparentemente es incapaz de utilizar la humedad del subsuelo en la misma forma como lo hacen las otras dos gramíneas.

Se ha especulado sobre cuáles podrían ser las asociaciones de leguminosas/gramíneas más convenientes para los ecosistemas de sabana, en donde la estación seca es severa y prolongada. Las gramíneas que tengan más tolerancia a la sequía, quizás no sean las plantas más deseables en tales ecosistemas puesto que, obviamente, competirán más fuertemente y con mayor ventaja con la leguminosa por la limitada humedad disponible. En consecuencia, lo más deseable sería asociar una gramínea menos competitiva pero que tolere bien la estación seca y que se recupere rápidamente en la siguiente estación de lluvias.

Requerimientos de Fertilizantes bajo Pastoreo

En áreas limitadas de parcelas sometidas al pastoreo, se evalúan las respuestas de *B. decumbens* a los principales elementos fertilizantes, bajo tres cargas animales. Se ha observado una marcada respuesta al N, pero aún no ha sido posible observar respuesta a los tratamientos con P y K utilizando dos repeticiones de un diseño factorial completo 3 x 3.

Desarrollo de Pastos en el Cerrado (Proyecto Colaborativo CIAT/CPAC-EMBRAPA)

Una revisión hecha en la literatura publicada sobre la respuesta de los cultivos y los forrajes a factores edáficos y nutricionales indica que se dispone de muy poca información para predecir cuáles son los factores edáficos más importantes que limitan la utilización eficiente de las gramíneas y leguminosas forrajeras de interés en el Cerrado de Brasil. Para algunos cultivos y posiblemente, para *B. decumbens*, se tiene un buen conocimiento de los requerimientos de fertilización con P para su establecimiento, pero se conoce muy poco sobre los requerimientos del establecimiento y mantenimiento para leguminosas forrajeras o para asociaciones de gramíneas/leguminosas. La mayor parte de las investigaciones realizadas en 1978, con relación a los métodos de establecimiento, se hizo con especies forrajeras cultivadas. Hay poca información sobre mejoramiento de pastos nativos, incluyendo la introducción de leguminosas en sabanas nativas. Tradicionalmente, las praderas mejoradas en el Cerrado de Brasil se han desarrollado mediante métodos costosos mecanizados para efectuar el desmonte, arada, encalamiento y preparación completa del

suelo para la siembra de poblaciones puras de gramíneas o bien, asociaciones de gramíneas/leguminosas. La persistencia de las leguminosas ha sido siempre un problema; actualmente, la mayoría de los agricultores e investigadores es pesimista acerca del potencial de las asociaciones gramíneas/leguminosas. La fertilización de mantenimiento y el mejor manejo del pastoreo, probablemente, ayudarían a superar algunos de los problemas de la persistencia de las leguminosas.

Factores Nutricionales Limitantes

Para identificar estos factores se inició una serie de experimentos exploratorios establecidos en materos. Todos los elementos mayores, secundarios y micronutrimentos, excepto N, P, Cl y Fe, se incluyeron en un diseño factorial 2^8 con un cuarto de repetición. El P y Fe se estudiaron en ensayos anexos siendo el P un elemento constante en los experimentos factoriales. Se utilizaron dos plantas indicadoras para cuantificar requerimientos de fertilidad altos y bajos, en dos experimentos establecidos con dos Oxisoles, el Latosol Vermelho Escuro (LVE) y el Latosol Vermelho Amarelo (LVA). Se observó una respuesta visual muy notoria al S en ambos suelos y con ambas plantas indicadoras. Sólo se dispone de datos de respuesta en términos de materia seca para el LVA. Estos datos confirman las observaciones de deficiencia de S y también muestran otras deficiencias.

La producción de materia seca de *Centrosema* híbrido 448 se duplicó cuando se aplicaron 30 kg de S/ha. *Calopogonium muconoides* también respondió significativamente al S. Ambas leguminosas respondieron al Ca cuando se aplicaron 500 kg/ha en forma de $CaCO_3$, lo cual se ha interpretado como una respuesta al Ca como elemento y no como un efecto del encalamiento logrado con el $CaCO_3$. Se están haciendo análisis de plantas y del suelo para confirmar esta hipótesis.

El K también se ha identificado como factor limitante para ambas leguminosas en el suelo LVA. En *Centrosema* se observó una respuesta significativa al Mo. Probablemente, a medida que las próximas cosechas continúen extrayendo nutrimentos del suelo se presentarán otras deficiencias.

Con base en estas observaciones, se han iniciado experimentos con S, Ca, K y Mo. Si en los experimentos establecidos en materos se comprueba que otros nutrimentos son potencialmente limitantes, se probará la aplicación de tales elementos por aspersión.

Requerimientos de la Planta Durante el Establecimiento

Los suelos del Cerrado son típicamente deficientes en P pero la cantidad de P requerida para el establecimiento y mantenimiento de praderas de leguminosas no está aún bien definida. Como base para seleccionar niveles de P que se utilizarían en experimentos de campo, se hizo un ensayo preliminar en materos con las mismas plantas leguminosas y suelos previamente descritos. El objetivo adicional es verificar la validez de los niveles de P y Ca escogidos para el experimento anterior.

Se utilizaron cuatro niveles de P equivalentes a 50, 100, 200 y 400 kg de P/ha en la forma de monofosfato de calcio y 0, 100, 500 y 1000 kg de $CaCO_3$/ha. Para el suelo LVA, las respuestas de las plantas se presentan en las Figuras 78 y 79. En ambas especies se observó respuesta al $CaCO_3$ en niveles equivalentes a 500 kg de $CaCO_3$/ha pero no por encima de este nivel. La respuesta al P fue alta, aún a

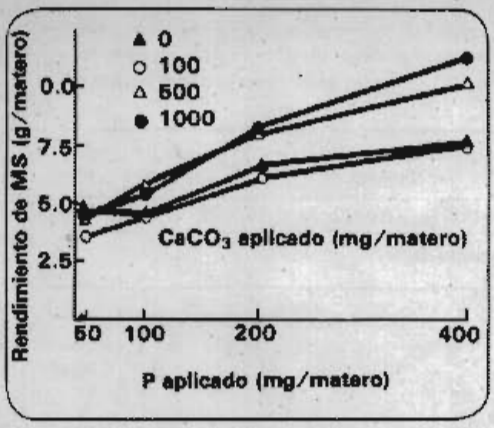


Figura 78. Respuesta de *Calopogonium muconoides* a las aplicaciones de cal y P, en un Latosol rojo-amarillo, en Brasilia, Brasil.

niveles de 200 y 400 kg de P/ha. Esto indica que se requieren grandes cantidades de P para lograr un máximo crecimiento de plántulas en el campo.

Con base en los resultados anteriores, se inició en 1978 un experimento de campo para evaluar tres fuentes y varios niveles de P. Con base en los resultados del experimento factorial 2^8 y en la información disponible para otros cultivos se incluyeron niveles constantes de S, Ca, K, Zn y Mo. El objetivo es determinar los requerimientos de fertilización con P para el establecimiento de una asociación de *A. gayanus*/*S. capitata* utilizando superfosfato triple, roca fosfatada de Araxá y Yoorin, una roca fosfatada térmica. Las parcelas experimentales básicas se dividirán el próximo año para determinar los efectos residuales y las óptimas dosis de mantenimiento.

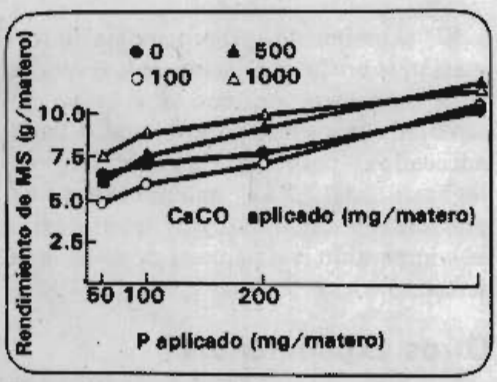


Figura 79. Respuesta del *Centrosema* híbrido 438 a las aplicaciones de cal y de P en un Latosol rojo-amarillo, en Brasilia, Brasil.

Métodos de Establecimiento

En enero de 1978, se estableció un experimento de campo para probar varios métodos de introducción de leguminosas en sabana nativa con diferentes grados de labranza. Se seleccionaron tres especies de leguminosas *(S. capitata, C. mucunoides* y *Galactia striata)* con base en información previa disponible en el CPAC. La quema se incluyó como un tratamiento para eliminar el exceso de vegetación madura acumulada en años anteriores y mejorar el contacto semilla/suelo.

Después de la siembra, se presentó una sequía de 20 días y el crecimiento se redujo como consecuencia de la corta estación de las lluvias pero el establecimiento fue satisfactorio con algunas especies y métodos. El Cuadro 41 presenta los recuentos de población hechos en abril y agosto.

Renovación de Praderas

En el Cerrado de Brasil, existen extensas áreas de praderas de gramíneas, puras, como también de asociaciones de gramíneas/leguminosas, en las cuales la leguminosa ha desaparecido. Las especies gramíneas dominantes son *B. decumbens, H. rufa* y *M. minutiflora.* Estos pastos disminuyen en productividad, después de unos cuantos años, probablemente debido a la poca disponibilidad de N en el suelo como resultado de la baja tasa de mineralización de la materia orgánica, bajo condiciones de pastoreo. Además, la calidad del forraje disminuye, es-

Cuadro 41.

Efecto de los métodos de establecimiento sobre los recuentos de población de tres leguminosas introducidas en sabana nativa (Cerrado de Brasil, suelo LV). (Medias de 20 observaciones hechas en abril y 40 observaciones en agosto).

	Stylosanthes capitata 1405		*Calopogonium mucunoides*		*Galactia striata*	
	Abril 78	Agosto 78	Abril 78	Agosto 78	Abril 78	Agosto 78
Método	(plantas/m²)					
Resiembra	<1	<1	<1	<1	3	1
Quema y resiembra	2	1	8	3	2	<1
Rastrillada y resiembra	2	2	31	12	13	4
Quema, rastrillada y resiembra	4	2	29	16	10	5
Siembra por césped	2	1	32	17	12	4
Quema y siembra por césped	3	<1	40	16	8	4

pecialmente durante la estación seca, en poblaciones puras de estas especies. La introducción de leguminosas en céspedes de gramíneas aumenta la producción total, mejora la calidad del forraje e incorpora N al sistema.

B. decumbens domina a casi todas las otras especies en asociación. Claramente, existe la necesidad de identificar las especies y los métodos adecuados para establecer leguminosas en praderas viejas de *Brachiaria*.

En 1978 se inició un experimento de campo para probar varios métodos y especies a fin de renovar una pradera de *Brachiaria* de 3 años de edad. Los métodos de renovación, probados en parcelas de 8 x 12 m en un diseño de bloques completamente al azar, fueron los siguientes: 1) resiembra de *Brachiaria;* 2) resiembra de *Brachiaria* después de pasar una rastra de discos; 3) la siembra de cespedones (en surcos amplios a 50 cm); 4) la siembra en franjas (bandas de 1.50 m de anchura cultivadas con un arado rotatorio); 5) la aplicación de fertilizantes nitrogenados después del pase de una rastra de discos, sin introducción de leguminosas.

Para cada método de establecimiento se sembraron tres especies; *C. mucunoides*, una leguminosa muy conocida en el área y adaptada a las condiciones del Cerrado; el *Centrosema* híbrido CIAT 438 el cual es más productivo a niveles de fertilidad relativamente más altos, y *D. ovalifolium* CIAT 350, probablemente la leguminosa que presenta las mejores condiciones para competir con *Brachiaria*.

El experimento proporcionará información sobre la adaptación de las especies para su asociación con *Brachiaria* ya sembrada y sobre los métodos más adecuados para la introducción de leguminosas. Las asociaciones de gramíneas/leguminosas que tengan éxito se compararán con parcelas de *Brachiaria* fertilizadas con N.

Otros Experimentos

Se han iniciado experimentos adicionales en el campo y establecidos en

materos, diseñados para ayudar en la interpretación de los experimentos descritos anteriormente. Se están adelantado dos experimentos en materos para estudiar el Fe, Ca y Mn y las fuentes de S, en dos suelos y utilizando dos plantas de prueba. Se han establecido dos experimentos de campo, en antiguos sitios experimentales, con diferentes niveles de P disponible y pH, a fin de estudiar el efecto de estos factores en las asociaciones de gramíneas/leguminosas.

UTILIZACION DE PASTOS

Las unidades de la Sección de Utilización de Pastos del programa de Ganado de Carne adelantaron actividades en Carimagua, CIAT-Quilichao y Brasilia. Todas las actividades se relacionan con la evaluación del material en la Categoría 4, desde el punto de vista del uso que los animales pueden hacer de este germoplasma promisorio.

Valor Nutricional de Andropogon gayanus

Se hicieron ensayos de consumo y de digestibilidad con varios forrajes promisorios en CIAT-Quilichao, empleando carneros castrados enjaulados a los cuales se les ofreció forraje en cantidades crecientes.

La digestibilidad de *Andropogon gayanus* CIAT 621 se determinó utilizando paja cortada durante la estación seca, después de 44 días de rebrote. El heno se ofreció en cuatro niveles, entre 50 y 200 g de MS/W $^{.75}$/día (los niveles de consumo se determinaron según el peso metabólico, W $^{.75}$). La Figura 80 muestra la relación cuadrática que existe entre el consumo de forraje y la digestibilidad. La digestibilidad máxima del 60 por ciento se obtuvo a un nivel de consumo de 60 g. La Figura 81 muestra que el consumo de la MS digerible fue superior al nivel requerido para el mantenimiento cuando los niveles de forraje fueron de 50 g y mayores, lo cual indica un buen grado de utilización.

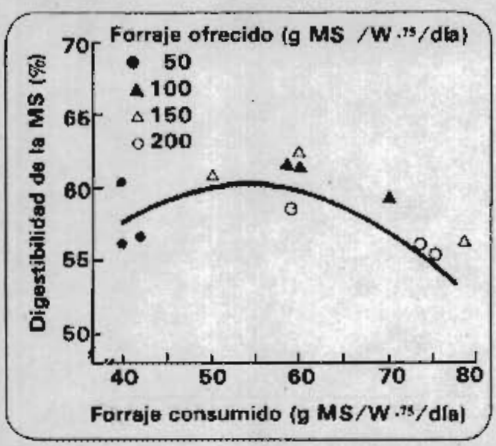


Figura 80. Relación entre el forraje ofrecido, el forraje consumido y la digestibilidad del heno de *Andropogon gayanus* 621, hecho con plantas de 44 días (rebrote), durante la estación seca.

Valor Nutricional de Especies de Desmodium

Se suministró *Desmodium ovalifolium* 350 fresco, sin picar, a niveles que oscilaron entre 30 y 240 g de MS/W $^{.75}$/día y de cinco

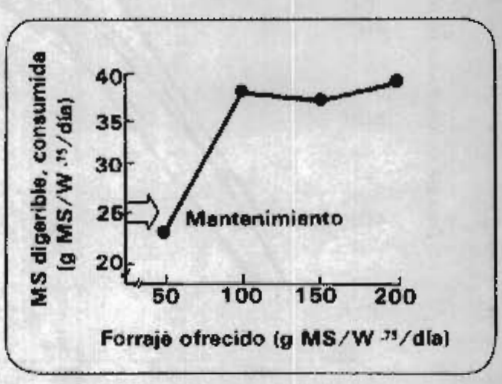


Figura 81. Efecto de la cantidad de forraje ofrecido, sobre el consumo de MS digerible de heno de *Andropogon gayanus* 621, hecho con plantas de 44 días (rebrote), durante la estación seca y suministrada a carneros castrados enjaulados.

edades (50, 80, 100, 125 y 145 días, después del rebrote). El último ensayo coincidió con el inicio de la estación seca en CIAT-Quilichao.

La Figura 82 muestra la relación que existe entre la cantidad de *D. ovalifolium* ofrecida y su consumo. La relación es claramente asintótica y muy similar para todas las edades del forraje. El máximo consumo de MS fue alcanzado entre los 80 y 90 g de MS/W $^{.75}$ ofrecida, incluyendo el forraje cortado durante la estación seca. La digestibilidad aumentó a medida que el nivel de consumo aumentó, alcanzando niveles de alrededor del 60 por ciento, en todos los cortes, los cuales se pueden considerar adecuados para las leguminosas forrajeras tropicales (Figura 83). El aumento en la digestibilidad, al aumentar el consumo de forraje, se puede aplicar por el aumento en el consumo de hojas como se ilustra en la Figura 84. Es importante observar que el consumo de materia seca digerible fue superior al nivel aproximado de mantenimiento de 25 g/W $^{.75}$/día (Figura 85).

La Figura 86 muestra el contenido promedio de proteína cruda (PC) y P en las hojas y tallos en cada edad. La proteína no se encuentra en niveles altos, pero, su nivel en las hojas es relativamente adecuado para el crecimiento y reproducción de los animales. El contenido de P en las hojas es insuficiente para el crecimiento o reproducción, aún cuando se aplicó 200 kg de P_2O_5/ha durante el establecimiento. Los niveles críticos de proteína y P generalmente son del orden del 7-10 por ciento y 0.2 por ciento, respectivamente.

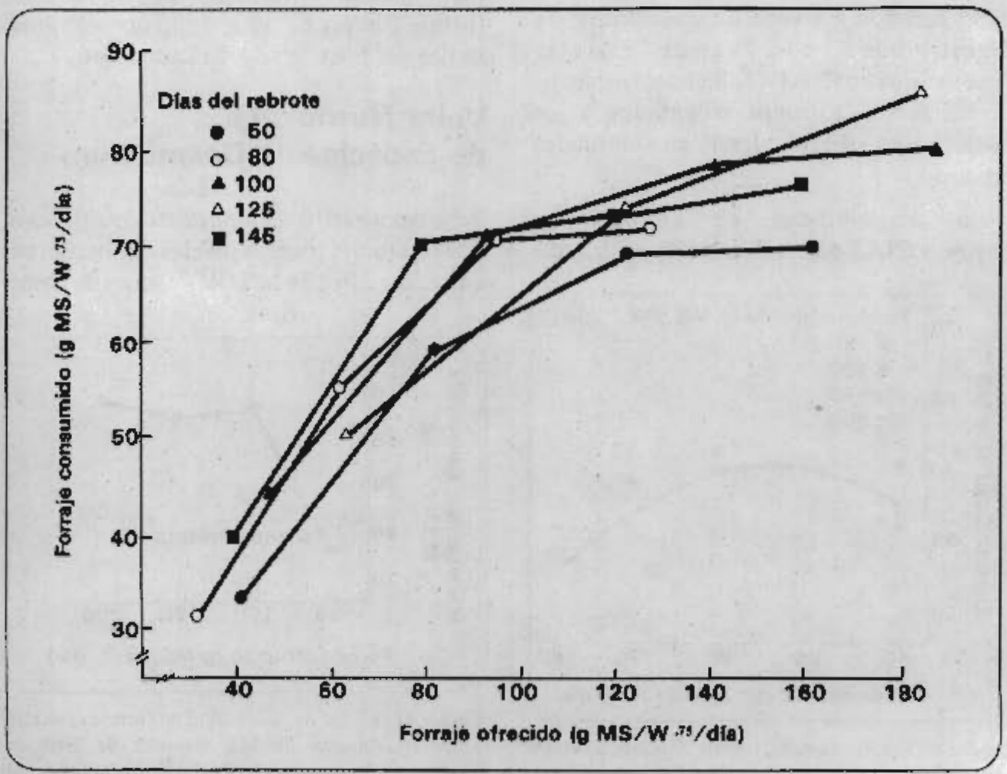


Figura 82. Relación entre el estado de madurez del rebrote, el forraje ofrecido y el consumo de *Desmodium ovalifolium* 350, verde (no henificado) suministrado a carneros castrados enjaulados.

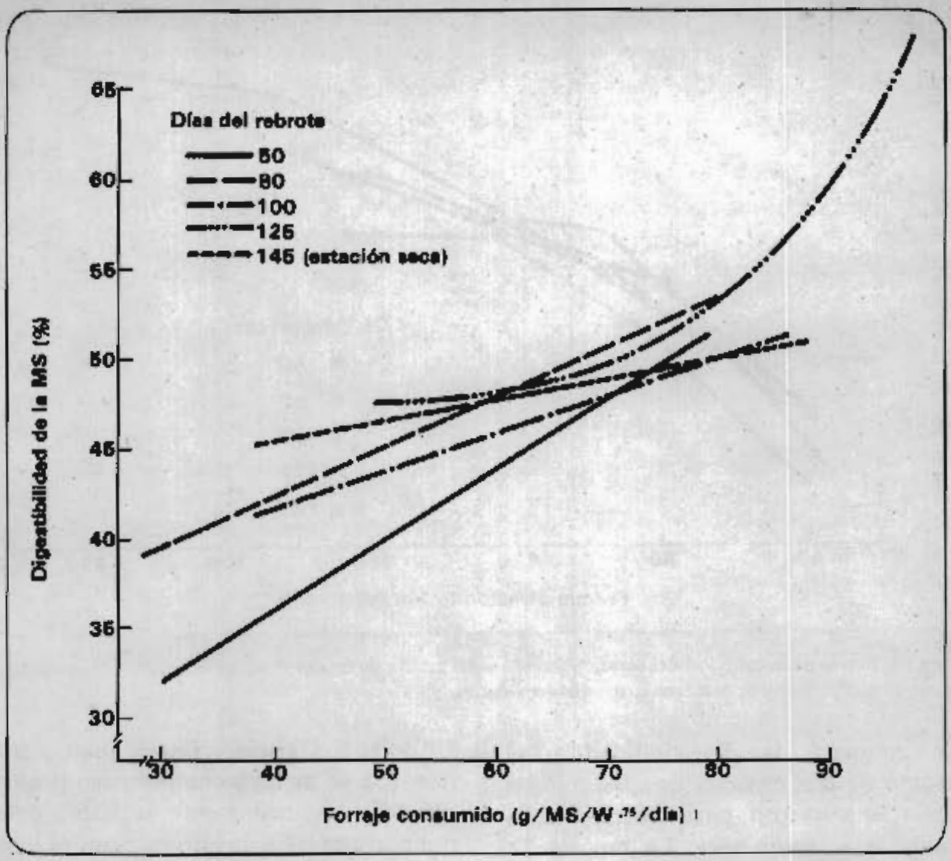


Figura 83. Relación entre el estado de madurez del rebrote, el consumo y la digestibilidad del forraje de *Desmodium ovalifolium* 350, verde (no benificado) suministrado a carneros castrados enjaulados.

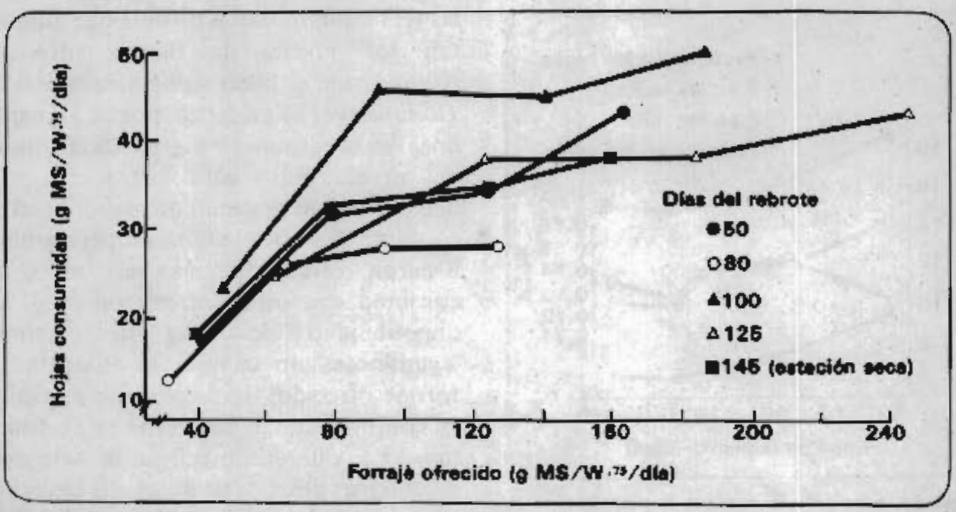


Figura 84. Relación entre el estado de madurez del rebrote, el forraje ofrecido y el consumo de follaje de *Desmodium ovalifolium* 350 verde (no benificado), suministrado a carneros castrados enjaulados.

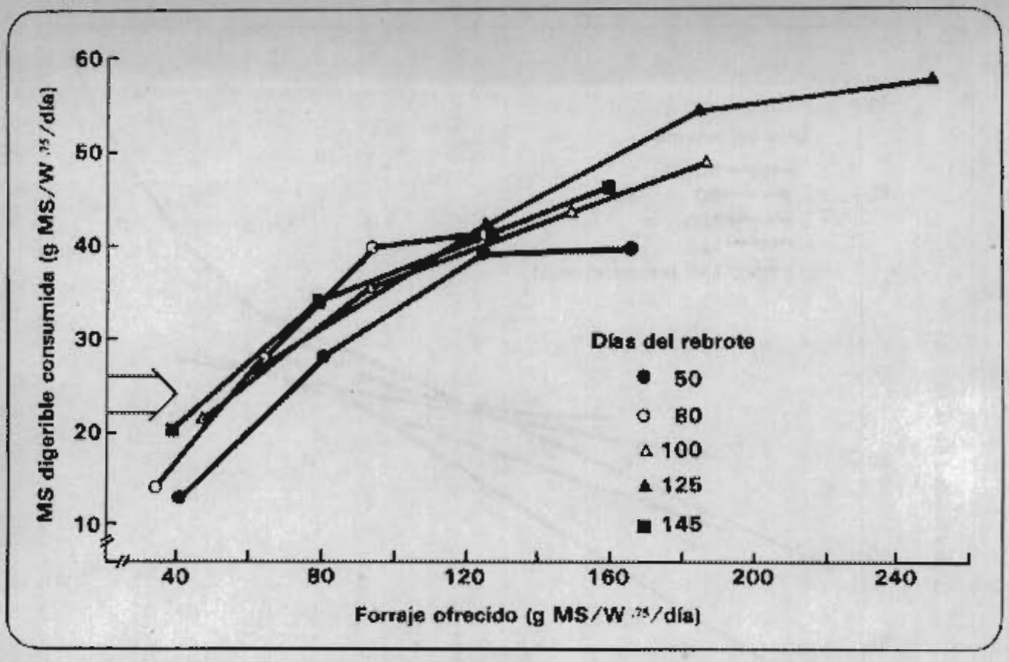


Figura 85. Efecto de la cantidad del forraje ofrecido y del estado de madurez del rebrote sobre el consumo de materia seca digerible por carneros castrados enjaulados.

Se comparó la digestibilidad y el consumo de tres especies de *Desmodium* cuando se cortaron para obtener heno durante la estación seca. La especie *D. ovalifolium* 350 y *D. heterophyllum* 349 son de interés para las áreas de suelos Ultisoles y Oxisoles. *Desmodium distortum* 335 se incluyó como testigo positivo puesto que previamente se había determinado que tenía un alto valor nutricional, a pesar de no estar adaptada a los suelos ácidos. Las Figuras 87 y 88 muestran los valores de consumo y de digestibilidad de las tres leguminosas, a medida que aumentan los niveles de forraje ofrecido. Nuevamente el buen valor nutricional de *D. distortum* se evidencia por su aumento lineal en el consumo y digestibilidad, hasta el nivel más alto ofrecido. *D. heterophyllum* presentó un mayor nivel de consumo que *D. ovalifolium* pero ambos llegaron cerca del máximo nivel de consumo cuando se ofrecieron 80 g. La digestibilidad de estas dos últimas leguminosas no cambió al aumentar el forraje ofrecido; o, el consumo aumentó, en contraste con lo ocurrido con *D. distortum*. La diferencia refleja la selección mucho más drástica de hojas que ocurrió a medida que aumentó la disponibilidad de forraje. A un nivel de 40 g de MS ofrecida,

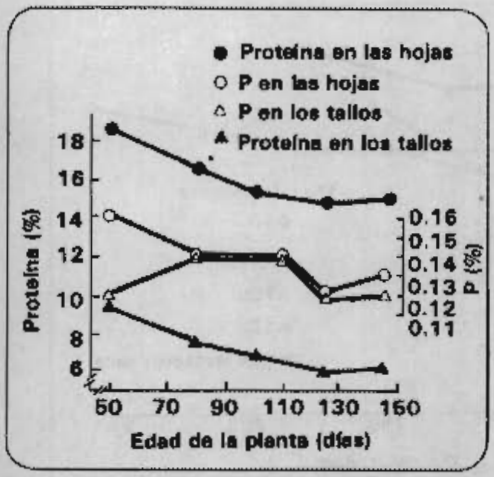


Figura 86. Efecto de la edad de la planta sobre el contenido de proteína y de P en hojas y tallos de *Desmodium ovalifolium* 350.

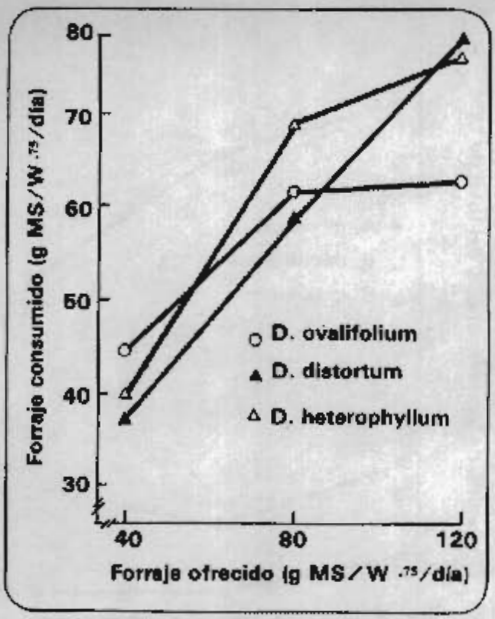


Figura 87. Efecto de la cantidad de forraje ofrecido sobre el consumo de heno de *Desmodium ovalifolium, Desmodium distortum* y *Desmodium heterophyllum* cortado en la estación seca y suministrado a carneros castrados enjaulados.

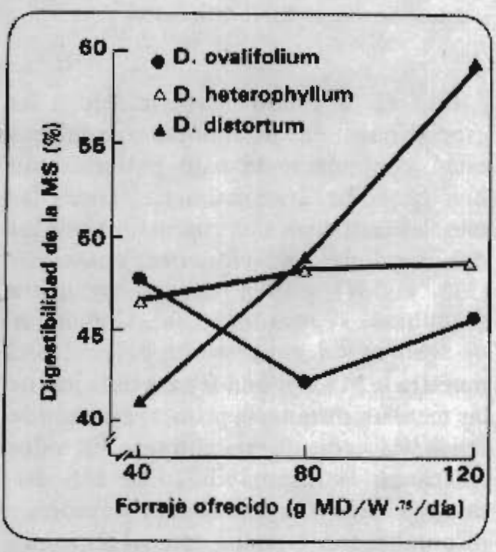


Figura 88. Efecto de la cantidad de forraje ofrecido sobre la digestibilidad de MS de heno de *Desmodium ovalifolium, Desmodium distortum* y *Desmodium heterophyllum* cortado en la estación seca y suministrado a carneros enjaulados.

la baja digestibilidad de *D. distortum* se asoció con el consumo total de los tallos principales leñosos de la leguminosa. *D. heterophyllum* y *D. ovalifolium* parecen ser especies muy apetecibles, con un alto potencial de consumo, a pesar de la menor posibilidad que tienen los animales para seleccionar hojas.

Manejo del Pastoreo en Asociaciones de Leguminosas/Gramíneas

El efecto del intervalo de rotación en la supervivencia y productividad del *Centrosema* híbrido 438 se estudió en dos experimentos en CIAT-Quilichao. En uno de los experimentos, se sembró *Centrosema* en mezcla con *Panicum maximum* var. Común, *Brachiaria decumbens* y *A. gayanus* 621 y se pastoreó en intervalos de 4, 6 y 8 semanas con bajas y altas intensidades de pastoreo. En todas las mezclas, el rendimiento de los forrajes tendió a aumentar a medida que se prolongaron los períodos de descanso; el aumento fue mucho más pronunciado en la mezcla *Centrosema/Andropogon* y menor en *B. decumbens*. (Figura 89). Este incremento no se observó en la primera estación de lluvias pero fue muy notorio en la siguiente estación seca (Figura 90).

Las Figuras 91 y 92 presentan el efecto de la gramínea asociada sobre el contenido de leguminosas en las mezclas para la estación de lluvias y la estación seca, respectivamente. El contenido de leguminosa fue bajo en la mezcla con *B. decumbens* y *P. maximum* en la primera estación de lluvias y disminuyó a casi cero en la siguiente estación seca. Por otra parte, *A. gayanus* permitió una buena persistencia de la leguminosa, manteniendo un rendimiento razonable de MS, particularmente con los períodos de descanso más prolongados (Figura 89).

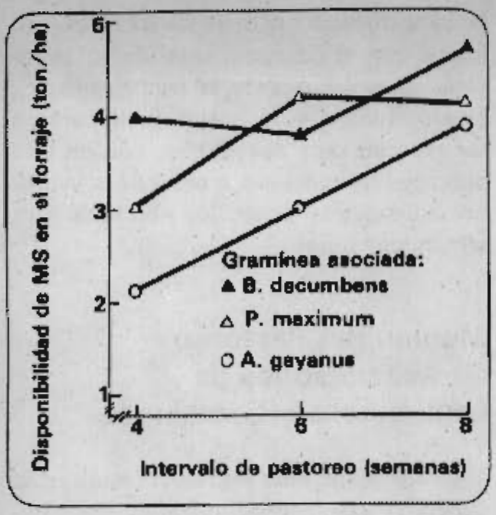


Figura 89. Efecto del intervalo de pastoreo sobre mezclas de *Centrosema* híbrido 438 y cada una de las gramíneas *Panicum maximum* var. Común, *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus* 621.

Los datos de las primeras dos estaciones de pastoreo indican que sólo *A. gayanus* permitirá la persistencia de esta leguminosa bajo las condiciones del experimento.

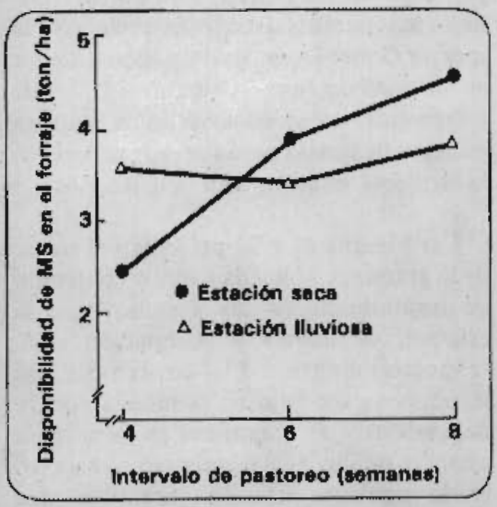


Figura 90. Efecto del intervalo de pastoreo sobre la disponibilidad de materia seca en mezclas de *Centrosema* híbrido 438 y las gramíneas *Panicum maximum* var. Común, *Brachiaria deumbens* y *Andropogon gayanus* 621, durante las estaciones de lluvia y de sequía, en Carimagua.

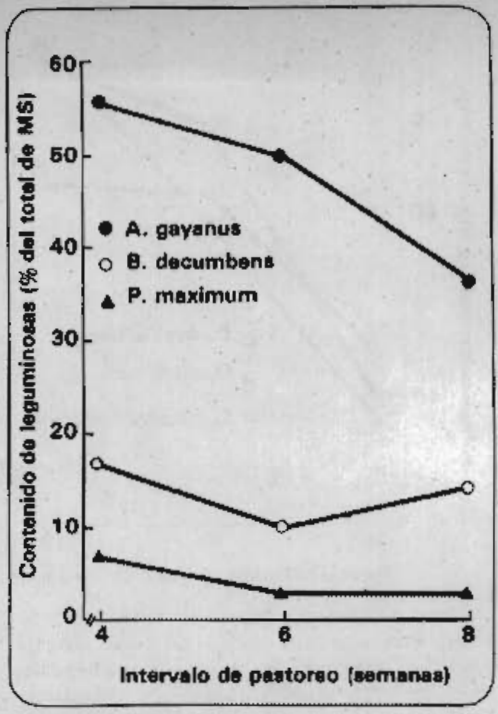


Figura 91. Efecto del intervalo de pastoreo sobre el contenido de leguminosas en praderas que contienen mezclas de *Centrosema* híbrido 438 y cada una de las gramíneas *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* o *Andropogon gayanus* 621, durante la estación lluviosa, en CIAT-Quilichao.

En el segundo experimento, las asociaciones de leguminosas/gramíneas están continuamente bajo pastoreo con una carga de 2 animales/ha. Todas las mezclas contienen *Centrosema*, una de las dos accesiones de *Stylosanthes guianensis* (136 y 184) y una de las siguientes gramíneas: *P. maximum* var. Común, *B. decumbens* y *A. gayanus* 621. El Cuadro 42 muestra la MS disponible para cada una de las mezclas, durante la primera estación de lluvia y la siguiente estación seca. En todos los casos, la disponibilidad de MS disminuyó pero las cantidades de forraje disponible son grandes, lo cual indica un problema de subpastoreo. Esta condición se corregirá aumentando la carga a 3 animales/ha, en años posteriores. Bajo pastoreo continuo, el rendimiento de *A.*

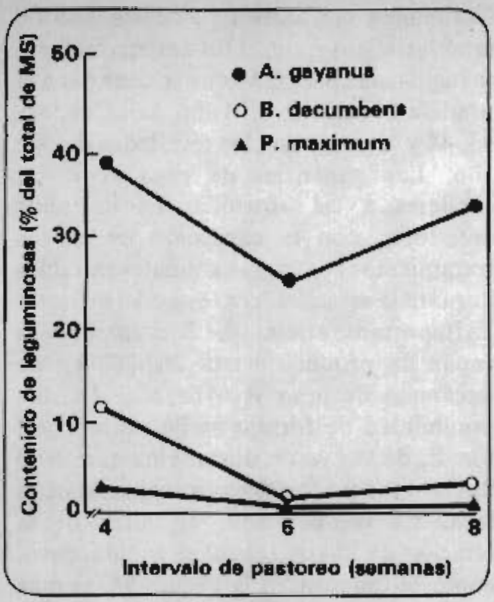


Figura 92. Efecto del intervalo de pastoreo sobre el contenido de leguminosas en praderas que contienen mezclas de *Centrosema* híbrido 438 y cada una de las gramíneas *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* o *Andropogon gayanus* 621, durante la estación seca, en CIAT-Quilichao.

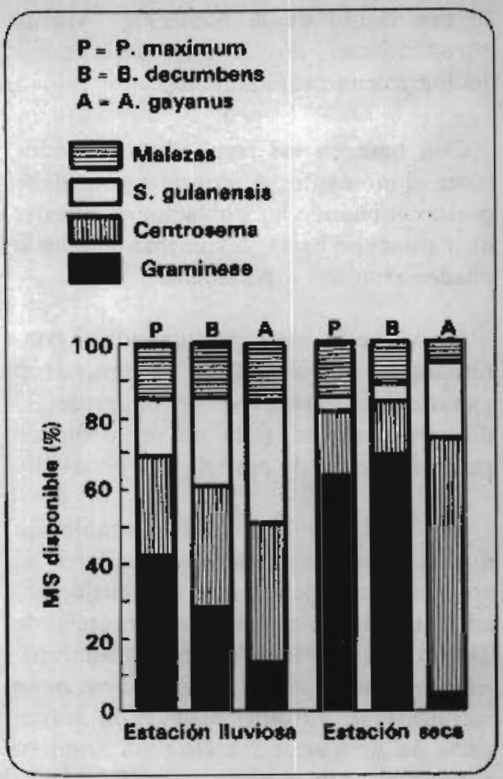


Figura 93. Composición botánica de parcelas establecidas con mezclas de *Centrosema* híbrido 438, *Stylosanthes guianensis* 136 y 184, y cada una de las gramíneas *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus* 621, bajo pastoreo continuo, en CIAT-Quilichao.

gayanus se ha reducido severamente. Esta reducción se puede explicar parcialmente por la insuficiente población inicial resultante de la propagación vegetativa y por la preferencia de los novillos por esta especie forrajera. Para finales de la estación seca, la contribución de *A. gayanus* había disminuido a menos del 5 por ciento (Figura 93). Las otras dos gramíneas han comenzado a dominar y la leguminosa ha disminuido a niveles del 10-

Cuadro 42.

Disponibilidad de forraje en mezclas de *Centrosema* híbrido CIAT 438, *Stylosanthes guianensis* 136 y 184 y cada una de las gramíneas *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus* 621, en parcelas continuamente pastoreadas, en CIAT-Quilichao.

Componente	Rendimiento de MS en la estación lluviosa (ton/ha)			Rendimiento de MS en la estación seca (ton/ha)		
	P. maximum	*B. decumbens*	*A. gayanus*	*P. maximum*	*B. decumbens*	*A. gayanus*
Centrosema	2.5	3.8	3.4	0.9	0.5	2.4
S. guianensis	1.5	2.8	2.9	0.2	0.2	0.8
Gramínea	3.9	3.2	1.2	3.3	2.6	0.2
Total	9.3	11.6	9.0	5.2	3.7	3.6

20 por ciento de la población. Ambas introducciones de *S. guianensis* están desapareciendo rápidamente.

Con base en los resultados obtenidos hasta el momento, *A. gayanus* no se debe pastorear cuando las poblaciones iniciales de plantas son bajas, ya que los animales la pueden eliminar rápidamente.

Dos animales pastoreando continuamente un lote de 1 ha obtuvieron ganancias de 164 kg, cada uno, durante 233 días de pastoreo, para un promedio de ganancia diaria de peso de 704 g/novillo.

En CIAT-Quilichao, se han establecido dos experimentos nuevos, similares al anterior, para determinar el manejo más adecuado del pastoreo para las mezclas de *D. ovalifolium* 350 y dos de las gramíneas. En pastoreo continuo *B. decumbens* no se incluirá y *A. gayanus* ocupará la mayor parte del área en la mezcla para evitar su eliminación por el pastoreo preferencial.

Potencial de Producción Animal de Praderas de Gramíneas Puras

Brachiaria decumbens

Los ensayos con *B. decumbens* en Carimagua entraron a su cuarto año de establecimiento, con el fin de determinar el manejo más apropiado que se debe dar a la pradera durante todo el año. Los Cuadros 43, 44 y 45 presentan los resultados de este año. Las ganancias de peso vivo son similares a las obtenidas en los años anteriores, con la excepción de ciertos tratamientos con cargas animales variables durante la estación seca/estación lluviosa. Es importante anotar que *B. decumbens* es capaz de producir hasta 260-280 kg de ganancias de peso vivo/ha/año. La disponibilidad de forraje osciló entre 1 y 2 ton/ha de MS verde, durante la estación de lluvias y 0.2-0.5 ton/ha, durante la estación seca. La recuperación, al inicio de la estación de lluvias (abril) es rápida, pero, como se muestra en la Figura 94, es más lenta con una carga animal más alta. La disponibilidad de forraje durante la estación lluviosa se recuperó para el mes de mayo, en todos los casos. La Figura 95 muestra una situación similar cuando las cargas animales son mayores en la estación de lluvias, lo cual demuestra claramente la necesidad de esperar por lo menos 1 mes después del inicio de las lluvias para establecer cuáles son las cargas animales adecuadas para la estación de lluvias.

La productividad de los pastos en Carimagua es considerablemente estable

Cuadro 43.

Efecto de la carga animal sobre los cambios de peso vivo de novillos que pastorearon *Brachiaria decumbens* en cargas constantes, durante el año 1978, en Carimagua. (Cuarto año de pastoreo)

Carga (animales/ha)		Ganancia por animal (kg)			Ganancia por hectárea (kg)		
Estación seca[1]	Estación lluviosa[2]	Estación seca	Estación lluviosa	Total	Estación seca	Estación lluviosa	Total
0.9	0.9	-8	86	76	-7	77	70
1.3	1.3	2	71	73	3	92	95
1.7	1.7	3	73	77	5	124	129

1 83 días de pastoreo, diciembre a marzo.
2 251 días de pastoreo, marzo a noviembre.

Cuadro 44.

Efecto de las cargas animales, durante la estación lluviosa, sobre los cambios de peso vivo en novillos que pastorearon *Brachiaria decumbens*, a cargas bajas, durante la estación seca. (Tercer año de pastoreo).

Carga (animales/ha)		Ganancia por animal (kg)			Ganancia por hectárea (kg)		
Estación seca[1]	Estación lluviosa[2]	Estación seca	Estación lluviosa		Estación seca	Estación lluviosa	Total
			Temprana	Tardía			
0.7	1.62	15	36	63	11	127	138
0.7	2.34	10	25	55	7	146	153
0.7	3.06	37	45	66	26	233	259

1 83 días, desde diciembre hasta marzo.
2 Las cargas animales, durante la estación lluviosa, no se reestablecieron sino hasta mayo 5, 1978, para permitir la recuperación de las praderas. Estación lluviosa temprana, desde marzo hasta mayo (57 días) y estación lluviosa tardía, desde mayo hasta noviembre (194 días).

con el transcurso del tiempo, a pesar de las grandes variaciones estacionales. Las diferencias tienden a anularse en las estaciones consecutivas debido a las ganancias compensatorias, como se ilustra en la Figura 96 para *B. decumbens* pastoreado continuamente con cargas animales fijas.

Panicum maximum

En julio de 1977, se sembró la gramínea *Panicum maximum* var. Común, con una aplicación de 140 kg de P_2O_5/ha en forma de Escorias Thomas; desde febrero de 1978 se ha pastoreado continuamente con cargas de 0.9, 1.3 y 1.7 novillos/ha. En esa época, el pasto presentaba buena altura, con un exceso de material viejo seco. En mayo y junio de 1978, fue necesario aumentar las cargas animales para reducir el forraje disponible. Sin embargo, las ganancias de peso durante la estación seca y la estación de lluvias fueron excelentes, alcanzando un máximo de 314 kg/ha y ganancias por animal de 114 kg

Cuadro 45.

Efecto de la carga animal, durante la estación seca, sobre los cambios de peso vivo, en novillos que pastorearon *Brachiaria decumbens* a una carga animal intermedia, durante la estación lluviosa. (Segundo año de pastoreo)

Carga (animales/ha)		Ganancias de peso por animal (kg)			Ganancias de peso por hectárea (kg)		
Estación seca[1]	Estación lluviosa	Estación seca	Estación lluviosa		Estación seca	Estación lluviosa	Total
			Temprana	Tardía			
0.72	2.16	20	29	49	14	127	141
1.03	2.08	27	38	104	28	255	283
1.36	204	13	24	87	18	210	228

1 83 días, desde diciembre hasta marzo.
2 167 días. Las cargas animales de la estación lluviosa no se reestablecieron sino hasta mayo 5, 1978, para permitir la recuperación de las praderas. La estación lluviosa temprana, desde marzo hasta mayo (57 días), y la estación lluviosa tardía, desde mayo hasta noviembre (194 días).

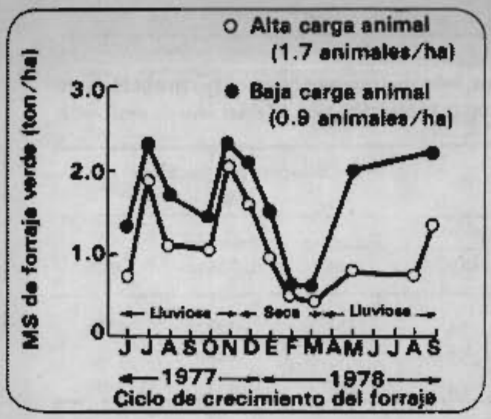


Figura 94. Efecto de la carga animal y del ciclo de crecimiento del forraje sobre la cantidad de forraje ofrecido, en praderas de *Brachiaria decumbens* pastoreadas continuamente, bajo cargas animales constantes, durante todo el año. (No se muestra la carga animal intermedia.)

con una carga de 1.7 animales/ha (Cuadro 46). Estos son solamente los resultados del primer año y como tales, son de limitado valor ya que es bien conocido el hecho de que *P. maximum* es una gramínea nutritiva, de crecimiento rápido y con altos requerimientos nutricionales, particularmente de N, el cual se agota rápidamente en los suelos tropicales.

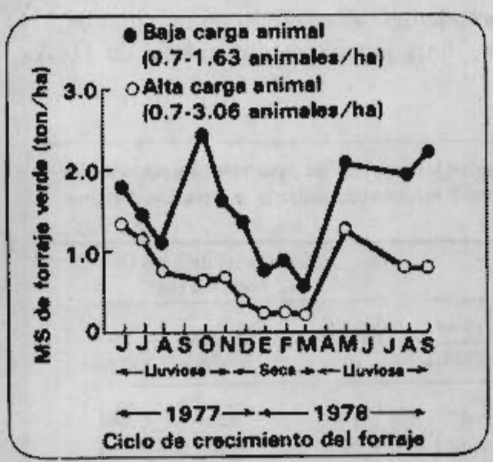


Figura 95. Efecto de las cargas animales durante la estación lluviosa y del ciclo de crecimiento del forraje sobre la cantidad de forraje ofrecido, en praderas de *Brachiaria decumbens* pastoreadas continuamente, bajo cargas animales bajas (0.7 animales/ha), durante la estación seca.

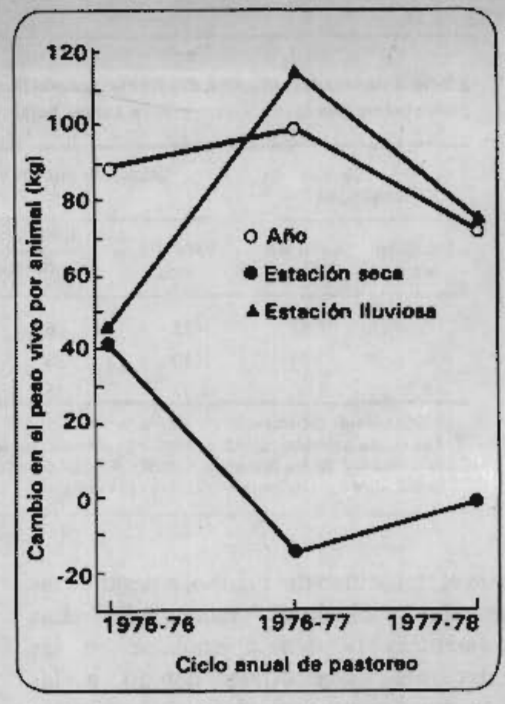


Figura 96. Efecto del ciclo anual de pastoreo sobre los cambios de peso vivo de novillos que pastorearon *Brachiaria decumbens*. Los datos corresponden a los promedios de tres cargas animales establecidas: 0.9, 1.3 y 1.7 novillos/ha.

Andropogon gayanus

En agosto de 1976 se estableció un experimento con *A. gayanus* 621. Se tomó material vegetativo de esta siembra y se utilizó en mayo-agosto de 1977 para sembrar otros dos experimentos similares. El primer experimento se sometió al pastoreo en diciembre de 1977, con cargas de 0.9, 1.3 y 1.7 novillos/ha y los otros dos, en julio de 1978, con cargas de 0.9, 1.3, 1.7 y 1.63, 2.34 y 3.06 novillos/ha. El manejo del pastoreo de estos experimentos no fue fácil ya que las plantas se establecieron lentamente, en particular cuando se utilizó material vegetativo. Se requirió casi 1 año para acumular suficiente crecimiento de la parte aérea y asegurar un buen pastoreo. Sin embargo, una vez establecido, *A. gayanus* crece muy rápidamente, re-

Cuadro 46.

Efecto de la carga animal y de la estación sobre las ganancias de peso vivo, en novillos que pastorearon *Panicum maximum*, en el primer año de pastoreo en Carimagua.

Carga (animales/ha)		Ganancia de peso por animal (kg)			Ganancia de peso por hectárea(kg)		
Estación seca[1]	Estación lluviosa[2]	Estación seca	Estación lluviosa	Total	Estación seca	Estación lluviosa	Total
0.9	0.9	9	127	135	8	172	180
1.3	1.3	11	111	121	15	232	247
1.7	1.7	13	96	114	23	291	314

1 27 días, desde febrero hasta marzo.
2 251 días. La carga animal se aumentó entre mayo 4 y junio 21, 1978, a 2.7, 3.9 y 5.1 novillos/ha, respectivamente, a fin de reducir la acumulación excesiva de forraje.

quiriendo altas cargas animales para mantener el pasto a una altura razonable.

El Cuadro 47 resume los datos comparativos de la disponibilidad del forraje de las tres principales especies de gramíneas actualmente utilizadas en Carimagua. Se debe tener cuidado al interpretar estos datos puesto que las edades de los pastos son diferentes, pero, sirven para señalar la gran producción de biomasa que ocurre con *A. gayanus* y las dificultades que se presentan para pastorearlo adecuadamente.

Los Cuadros 48 y 49 muestran que los contenidos de proteína y P de *B. decumbens* y *A. gayanus* son bastante similares durante la estación de lluvias. Sin embargo, durante la estación seca, *B. decumbens* presenta un contenido de proteína y de P que es 1 por ciento superior con cargas animales iguales (1.7 animales/ha). El contenido de proteína del forraje verde de *B. decumbens*, durante la estación seca, fue mucho mayor cuando se pastoreó durante la estación de lluvias anterior con una carga de 3.06 animales/ha que a cargas más bajas. Esto explica las

Cuadro 47.

Efecto de la disponibilidad de forraje sobre la estación y de la carga animal, en tres gramíneas continuamente pastoreadas, en Carimagua.[1]

	Estación seca		Estación lluviosa		
	A. gayanus	*B. decumbens*	*A. gayanus*	*B. decumbens*	*P. maximum*[2]
Carga (novillos/ha)	(ton de forraje verde seco/ha)				
0.9	3.7	2.1	7.7	1.6	2.4
1.3	3.3	1.4	4.2	1.1	1.6
1.7	5.5	1.6	4.7	0.8	1.7

1 Número de años bajo pastoreo: *A. gayanus* y *P. maximum*, 1 año; *B. decumbens*, 4 años.
2 No se tomaron muestras en la estación seca. El pastoreo se inició en febrero, 1978.

Cuadro 48.

Efecto de la carga animal y de la estación sobre la composición química de *Brachiaria decumbens*, en Carimagua, en 1978.

Carga (novillos/ha)					
Estación seca	Estación lluviosa	Estación	Parte de la planta	Proteína (%)	P (%)
1.7	1.7	Lluviosa	Verde	7.00	0.15
			Muerta	-	-
		Seca	Verde	3.50	0.13
			Muerta	0.82	0.10
0.7	3.06	Lluviosa	Verde	6.70	0.16
			Muerta	-	-
		Seca	Verde	6.61	0.20
			Muerta	2.03	0.08

1 No se dispuso de muestras para el análisis.

mayores ganancias de peso observadas durante la estación seca en los animales que pastorearon en la carga animal más alta.

Brachiaria humidicola

La gramínea *Brachiaria humidicola* es bien conocida en Brasil y en otras áreas tropicales del mundo. Ha sido incluida en la lista de especies promisorias para Carimagua, por ser una planta estolonífera fuerte, la cual cubre rápidamente el suelo, compitiendo muy bien con las malezas debido a su capacidad de enraizar en los nudos de los estolones. En mayo-junio de 1978 se sembró *B. humidicola* en Carimagua y comenzará a ser pastoreada a comienzos de 1979.

Cuadro 49.

Composición química de *Andropogon gayanus* 621, en dos estaciones del año. (Carga animal: 1.7 animales/ha, durante todo el año).

Estación	Parte de la planta	Proteína (%)	P (%)
Lluviosa	Verde	7.04	0.16
	Muerta	2.94	0.05
Seca	Verde	2.43	0.09
	Muerta	1.82	0.02

Potencial de Producción Animal en las Praderas de Gramíneas/Leguminosas

Siete leguminosas han alcanzado la Categoría 4 dentro del sistema de clasificación de germoplasma del Programa: *Pueraria phaseoloides* (kudzu), *D. ovalifolium* CIAT 350, *S. capitata* (CIAT 1019, 1315, 1405, 1078) y *Zornia latifolia* CIAT 728. En Carimagua, se sembraron parcelas repetidas de 2/ha de cada especie, en combinación con *A. gayanus*, con el fin de medir el potencial de producción animal de las asociaciones. El pastoreo se inició en noviembre de 1978.

Para las áreas de pastoreo extensivo o semiintensivo, en donde la sabana nativa es abundante, el concepto de establecer una

área limitada de una asociación leguminosa/gramínea parece ser la técnica más lógica y factible para aumentar el comportamiento reproductivo y el crecimiento de terneros (ver el informe de la Sección de Manejo Animal). Otra de las alternativas es establecer pequeñas áreas de leguminosas puras, como bancos de proteína, para su utilización durante las épocas de escasez de proteína, particularmente durante la estación seca. *P. phaseoloides* es una leguminosa que, comunmente, no prospera bajo condiciones de pastoreo continuo pero cubre rápidamente el suelo y compite en forma efectiva con las malezas. Esta leguminosa se sembró en Carimagua como banco de proteína en combinación con la sabana nativa y con *B. decumbens*. El pastoreo de las parcelas se inició en noviembre de 1978.

Ensayos de Producción Animal en Brasilia (Proyecto Colaborativo CIAT/CPAC-EMBRAPA

En Brasilia, se inició un ensayo de pastoreo al comienzo de la estación de lluvias utilizando una pradera de leguminosas (*Brachiaria ruziziensis x Stylosanthes guianensis* cv. Endeavour), la cual se había establecido el año anterior como parte de un experimento de mayor magnitud diseñado para estudiar métodos de manejo del Cerrado para actividades agrícolas. Se está estudiando el efecto de dos niveles de P_2O_5 (120 y 240 kg/ha aplicados durante el establecimiento) y de la carga animal sobre el comportamiento de los animales. El experimento se pastoreó 1 mes, después de iniciadas las lluvias, hasta que los animales comenzaron a perder peso en la siguiente estación seca.

Las ganancias de peso de los animales se relacionaron inversamente con la carga animal; la carga animal más baja (1.5 animales/ha) resultó en ganancias de 582 g/día en comparación con las ganancias de 343 g/día para la mayor carga animal (2.7 animales/ha) (Figura 97).

Ni la carga animal ni el nivel de P_2O_5 dieron diferencias en los promedios de ganancias de peso diario en las dos cargas intermedias (1.9 ó 2.3 animales/ha). Las ganancias de estos grupos fueron superiores a las del grupo con la carga animal más alta (Cuadro 50) y casi iguales a las ganancias del grupo con la carga animal más baja. Sus ganancias/ha/día fueron mayores que para la carga animal baja, especialmente, con 2.3 animales/ha. La relación entre las ganancias individuales y las ganancias/ha se presentan en la Figura 98.

Al comienzo del experimento se estimó que la pradera contenía un 40 por ciento de leguminosas y un 60 por ciento de gramíneas. A medida que comenzaron a disminuir las lluvias, se redujo la disponibilidad de *B. ruziziensis* al aumentar la carga animal; las parcelas de pastoreo con 2.7 animales/ha parecían praderas casi puras de *S. guianensis*, lo cual indica una preferencia por *Brachiaria* durante la estación lluviosa.

El número de días de pastoreo (Cuadro 50) se relacionó directamente con la carga animal; es decir, a medida que aumentó la carga animal, el número de días de pastoreo no aumentó a pesar de que las cargas animales más altas se eliminaron del experimento. Cuando el número de días de pastoreo se multiplica por la ganancia diaria promedio, no hay diferencia en la ganancia total de peso entre las cargas animales superior e inferior; las dos cargas animales intermedias son superiores a las cargas animales superior e inferior, en términos de la ganancia total de peso.

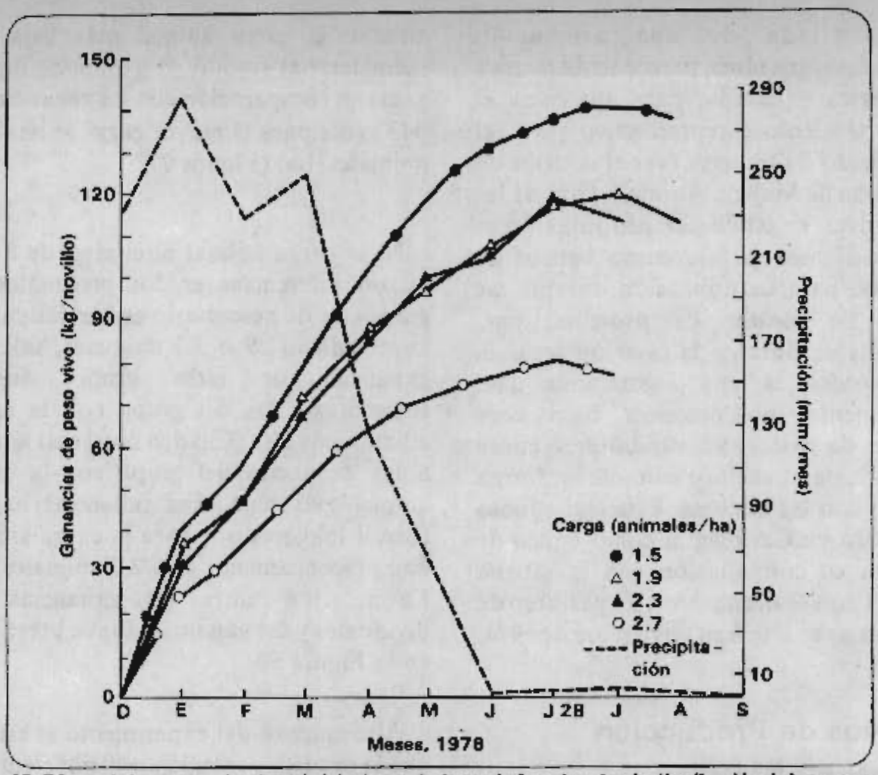


Figura 97. Efecto de la carga animal y del ciclo de crecimiento de forraje sobre la distribución de las ganancias de peso en novillos que pastorearon una pradera de *Brachiaria ruziziensis*/ *Stylosanthes guianensis*, en el Cerrado de Brasil.

Cuadro 50.

Efecto de la carga animal y de la fertilización con P sobre el crecimiento de novillos Cebú, en praderas de *Brachiaria ruziziensis*/ *Stylosanthes guianensis*, en el Centro del Cerrado, Brasil (diciembre 1977 a agosto 1978).

	Carga (novillos/ha)					
	1.5	1.9		2.3		2.7
	(kg P_2O_5/ha)					
Parámetros	120	120	240	120	240	240
Días del experimento	238	238	238	224	224	224
Ganancias diarias por animal (g)	582	492	481	514	519	343
Ganancias diarias por hectárea (g)	878	934	913	1177	1188	929
Ganancia total de peso/ha durante el experimento (kg)	209	222	217	264	266	208

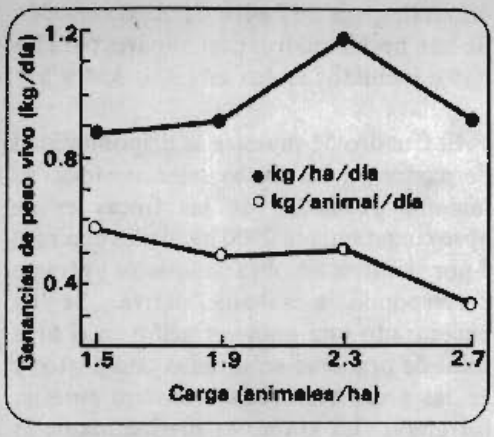


Figura 98. Efecto de la carga animal sobre las ganancias de peso de novillos que pastorearon praderas mixtas de *Brachiaria decumbens* y *Stylosanthes guianensis*, en el Cerrado de Brasil.

Como ha ocurrido en Colombia, la antracnosis ha destruido aproximadamente el 90 por ciento de las plantas de *S. guianensis* durante este ensayo, lo cual confirma la necesidad de eliminar los cultivares susceptibles del proceso de evaluación de germoplasma. Sin embargo, a diferencia del caso de Colombia, hubo un nuevo crecimiento vigoroso de plántulas al inicio de la estación de lluvias de 1978-79, el cual debe extender la vida del componente en la mezcla.

Tres nuevos experimentos se iniciaron en 1978. Uno de ellos está diseñado para comparar el efecto de la gramínea sola más N *versus* asociaciones gramínea/leguminosa para levantar terneros destetados. Las gramíneas y leguminosas establecidas para su estudio son: *B. decumbens, A. gayanus, S. capitata* y *Calopogonium mucunoides. Brachiaria* y *Calopogonium* son las especies mejoradas más comunmente encontradas en el Cerrado; se están comparando con dos especies relativamente nuevas.

Un segundo experimento se ha diseñado para estudiar el efecto de diferentes niveles de nutrición de los pastos y edad del destete sobre el comportamiento reproductivo de las vacas en período de lactancia.

Un experimento a largo plazo, el cual se inició en el último trimestre del año, está diseñado para estudiar los efectos de: 1) la duración de la época de reproducción; 2) el uso estratégico de pastos mejorados durante la época de reproducción; y 3) las edades en que se hace el destete sobre el comportamiento reproductivo del ganado de carne en el Cerrado.

MANEJO ANIMAL

Las dos unidades de la Sección de Manejo Animal del Programa de Ganado de Carne, en CIAT-Palmira y en Brasilia, están desarrollando sistemas mejorados de producción de ganado de carne utilizando tecnología de pastos mejorados desarrollada por otras secciones del Programa. Durante 1978, las actividades se concentraron en: 1) evaluación de los sistemas de producción de ganado de carne ya existentes en Colombia, Brasil y Venezuela; 2) uso estratégico de pastos mejorados en Colombia; y 3) manejo de hatos experimentales. Los experimentos de manejo de hatos en Brasilia se iniciaron durante el año pero aún no se dispone de resultados.

Evaluación de Sistemas de Producción de Ganado de Carne

El Proyecto de Evaluación Técnico/Económica de Sistemas de Producción de Ganado de Carne (ETES), es realizado conjuntamente por las Secciones de Manejo Animal y de Economía con el apoyo de la Sección de Salud Animal y en colaboración con el Centro del Cerrado de

EMBRAPA (CPAC), en Brasil, y el Centro de Investigaciones Agropecuarias del Nororiente (CIARNO) del FONAIAP, en Venezuela. Los sistemas de producción de ganado de carne, que prevalecen en los Llanos de Colombia y Venezuela y en el Cerrado de Brasil, se están evaluando en términos tecnológicos y económicos.

En cada región bajo estudio, se han seleccionado fincas representativas de diferentes niveles tecnológicos, las cuales se están inspeccionando continuamente en relación con los recursos naturales disponibles, manejo aplicado, insumos físicos, producción, salud animal y condiciones económicas. Tres equipos regionales visitan las fincas seleccionadas, 3 ó 4 veces al año, para recolectar datos.

Los Llanos de Colombia

En esta región, la colección de datos a nivel de fincas se inició en octubre de 1977. Hasta octubre de 1978, se habían hecho cuatro estudios periódicos en 17 fincas (entre 20 seleccionadas inicialmente). Dos de los estudios, correspondientes al final de la estación lluviosa y al principio de la siguiente estación lluviosa, proporcionaron una serie completa de datos sobre el comportamiento animal. Los otros dos fueron complementarios y sirvieron principalmente para actualizar los registros.

Otra actividad principal realizada en colaboración con la Unidad de Servicios de Datos del CIAT, fue el desarrollo de un sistema computadorizado de procesamiento de datos, con el propósito de almacenar y analizar los componentes de un banco de datos sobre: 1) descriptores no variables de las fincas; 2) descriptores variables de las fincas; 3) utilización de pastos (inventario animal por lote bajo pastoreo); 4) comportamiento individual de las hembras; 5) comportamiento individual de los machos; y 6) gastos e ingresos. Los análisis finales se harán después de 2 años de observaciones. Se han hecho análisis preliminares para los datos incluidos en los archivos 3, 4 y 5.

El Cuadro 51 muestra la disponibilidad de pastos en las fincas seleccionadas. El tamaño promedio de las fincas es de aproximadamente 2900 ha, de las cuales el 5 por ciento se siembra con pastos y el resto corresponde a sabana nativa. Se ha encontrado una gran variación en el área total de praderas sembradas con pastos y en las áreas sembradas con tres especies forrajeras. La gramínea predominante es *Brachiaria decumbens*, en tanto que *Melinis minutiflora* y particularmente *Hyparrhenia rufa*, están decreciendo en importancia. Esto confirma los resultados experimentales obtenidos en Carimagua, los cuales muestran la baja productividad de *Melinis* e *Hyparrhenia* durante la estación seca y la mala adaptación a las condiciones de suelos ácidos de *Hyparrhenia*. En casi todos los casos, *H. rufa* se encuentra en tierras que originalmente eran bosques. El área sembrada con *B. decumbens* está aumentando rápidamente puesto que ha mostrado buena adaptación, alta producción y una superioridad relativa durante la estación seca. Es algo preocupante el hecho de que esta gramínea se esté extendiendo tan rápidamente, ya que los costos de su establecimiento son altos y en realidad, se desconoce su productividad a largo plazo (persistencia productiva). Además, con frecuencia se subestiman los riesgos que pueden representar ciertas plagas como el mión o salivazo y los problemas de manejo.

En general, hay una falta de conocimiento acerca de cómo se debe manejar este pasto. Los datos en el Cuadro 51 presentan un resumen de la utilización de los pastos en términos de carga animal. Las fincas presentan patrones de carga animal muy variables. Las cargas animales varían entre 2.9 y 12.5 ha/U.A. (0.08-0.34 U.A./ha).

Cuadro 51.

Inventario de pastos y carga animal, con relación a la cantidad de pastos sembrados en 16 fincas, en los Llanos Orientales de Colombia.

Finca No.	Area total[1] (ha)	Pastos sembrados: Area total sembrada (ha)	Pastos sembrados: % del área total	Pastos sembrados: Especies (%) *Brachiaria decumbens*	Pastos sembrados: Especies (%) *Melinis minutiflora*	Pastos sembrados: Especies (%) *Hyparrhenia rufa*	No. de U.A.	Carga animal global (ha/U.A.)	Disponibilidad de pastos sembrados (ha/U.A.)	Pastos sembrados por vaca de cría (ha)[2]
2	1060	272	26	62	20	18	292	3.7	0.93	0.1
4	3050	22	1	27	73	0	610	5.0	0.04	0.0
5	810	143	18	50	0	50	238	3.4	0.60	0.5
6	1590	231	15	47	5	48	398	4.0	0.58	0.3
7	4950	457	9	27	25	48	969	5.3	0.47	0.0
8	380	162	43	100	0	0	130	2.9	1.25	3.0
9	470	0	0	0	0	0	131	3.6	0.00	0.0
11	5250	52	1	0	0	100	436	12.5	0.12	0.0
12	4430	161	4	94	6	0	558	8.3	0.29	0.0
13	1410	0	0	0	0	0	258	5.6	0.00	0.0
14	1700	30	2	17	83	0	325	5.3	0.09	0.0
15	3580	164	5	21	79	0	930	3.8	0.18	0.0
17	2240	321	14	1	99	0	329	6.7	0.98	0.0
18	8890	144	2	38	33	29	1101	8.3	0.13	0.0
19	3950	20	1	0	0	100	377	11.1	0.05	0.0
20	2860	65	2	77	23	0	559	5.3	0.12	0.0
Media	2910	140	5	35	28	25	488	5.9	0.36	0.06

1 Incluye sabana nativa, bosques "de galería" (término local que se refiere a bosques que se han dejado en las orillas de los ríos y manantiales), y pastos sembrados.
2 Depende del grado de utilización por las vacas de cría.

La cifra promedio observada de 5.9 ha/U.A. se considera adecuada y es contraria a la opinión general de que las fincas en los Llanos se encuentran subpastoreadas. Aún no se conoce en forma precisa la carga animal óptima para la sabana nativa, a fin de obtener un mejor desempeño de los animales, pero, en Carimagua, los hatos de cría se manejan con cargas animales similares, o sea de 6 a 7 ha/U.A.

La disponibilidad media de pastos sembrados por unidad animal es de 0.36 ha/U.A. En general, los agricultores le permiten al ganado de cría poco acceso a las praderas mejoradas; prefieren utilizarlas con ganado macho en etapa avanzada de ceba o vacas de descarte para la venta. También, en la mayoría de los casos, los pastos sembrados se utilizan para recuperar aquellas vacas que están en muy malas condiciones físicas, como son las que están todavía lactando durante la estación seca. Este uso "estratégico" de las praderas mejoradas, para evitar pérdidas de vacas durante la estación seca, es una práctica de manejo común en toda la región.

El Cuadro 52 muestra la estructura de los hatos (la proporción de animales en cada categoría). Aproximadamente un 39 por ciento de los animales son vacas de cría (hembras que han parido). Esta cifra es típica para los sistemas de cría y levante,

Cuadro 52.

Estructura del hato en 16 fincas de los Llanos de Colombia.

Finca No.	Categoría animal (%)				Total No.
	Vacas de cría	Toros	Novillas[1]	Novillos[1]	
2	36	2	24	38	315
4	49	3	33	15	674
5	50	3	31	17	265
6	46	4	34	15	460
7	40	3	35	23	1038
8	37	3	36	24	145
9	43	4	31	22	145
11	36	5	33	27	517
12	24	2	26	48	603
13	44	2	35	19	282
14	44	3	34	19	369
15	34	2	37	25	1046
17	33	3	34	22	369
18	40	4	30	26	1219
19	40	2	30	27	412
20	33	2	32	33	627
Media global	39	3	33	25	530
Total	3324	258	2833	2779	9194

1 Las novillas y novillos incluyen terneros no destetados y los novillos incluyen las vacas descartadas para engorde.

con bajos índices reproductivos, una edad avanzada de las novillas al primer parto y una edad avanzada de mercadeo para los novillos.

Las fincas 4, 5 y 6 presentan un porcentaje promedio de vacas de cría que es superior (y una baja proporción de novillos), lo cual es indicativo de operaciones que tienden hacia la cría y venta de novillos a una edad relativamente joven.

La muestra de fincas incluye un caso (finca 10) de manejo orientado hacia el engorde (en *Brachiaria)* y no es representativo de las fincas en los Llanos. Hay otras siete fincas (por ejemplo, la finca 12) que tienen operaciones de engorde pero de manera marginal o tentativa.

Es común observar en los hatos una alta proporción de novillas las cuales se utilizan para el reemplazo. Esto explica la estructura del hato de cría por edades, presentada en el Cuadro 53.

La edad promedio de las vacas es de 76 meses, lo cual indica una vida productiva relativamente corta. Sólo un 8 por ciento del hato total de cría se ha clasificado como vacas viejas (más de 9 años de edad).

En la muestra total de 196 novillas, entre los 2 y 4 años de edad, sólo un 37 por ciento estaban preñadas. Estas 72 novillas

Cuadro 53.

Estructura relativa por edad de las vacas de cría, en 16 fincas, en los Llanos Orientales de Colombia.

Finca No.	No. de obser-vacaciones	Clases por edad			Edad promedio (meses)
		Jóvenes <60 meses (%)	Intermedias 60-108 meses (%)	Viejas >108 meses (%)	
2	55	44	42	14	74
4	0	– [1]	–	–	–
5	73	37	62	1	71
6	46	46	46	8	68
7	79	4	96	0	73
8	49	18	79	3	71
9	44	25	68	7	71
11	73	45	55	0	59
12	65	25	69	6	75
13	72	26	74	0	70
14	56	22	71	7	78
15	0	–	–	–	–
17	47	9	55	36	106
18	73	14	74	12	84
19	43	25	70	5	80
20	50	26	52	22	84
Media global	825[2]	26	66	8	76

1 Información no disponible.
2 Número total de observaciones.

preñadas tenían una edad promedio de 38 meses y un peso promedio de 305 kg. Generalmente estas cifras indican que las novillas de reemplazo producen su primer ternero cuando tienen más de 4 años de edad. Por consiguiente, la vida productiva promedio de una vaca, incluyendo su primera gestación, se puede estimar en 4-5 años, un tiempo no mucho mayor que el período de levante. Si el próximo año se confirman estos resultados, conjuntamente con la tasa de natalidad promedio calculada del 50 por ciento, se puede esperar que una vaca produzca de 2-2.5 terneros durante su vida. Es necesario considerar que las vacas jóvenes, particularmente las primerizas, son menos eficientes que las vacas viejas. Por lo tanto, la estructura por edad presentada en el Cuadro 53 puede explicar los bajos índices reproductivos.

La baja proporción de vacas viejas, probablemente, no se relaciona con la longevidad de la población de hembras en sí, aunque las condiciones de una mala nutrición contínua puede tener efecto sobre esa proporción. La razón principal por la cual las vacas presentan una vida corta es el alto valor que tiene la carne; es decir, si los dueños de fincas ganaderas necesitan dinero, prefieren vender vacas viejas (en vez de novillos jóvenes, los cuales al año siguiente pueden tener un valor más alto). Este descarte de vacas con buen peso corporal (frecuentemente preñadas), ejerce un efecto adverso sobre el nivel reproductivo del hato.

El Cuadro 54 presenta un resumen de la adopción de tecnologías sobre el manejo de hatos en las fincas. La aplicación de las técnicas 1 a 4 tiene un efecto directo (activo) en la producción del hato, en tanto que las otras pueden tener un efecto indirecto (pasivo). Se asignó un máximo de 10 puntos (según el grado de adopción) para las técnicas 1 a 5 y un máximo de 5 puntos para las técnicas 6 a 10. Esta cuantificación no implica la aplicación de la tecnología que sea apropiada.

En contra de la opinión general, la suplementación mineral es una práctica bastante común en las fincas; en realidad, casi todas las fincas dan suplementos minerales a los animales aunque, en la mayoría de los casos, en una forma más o menos restringida. Se registró un promedio global de consumo diario de 48.6 g/U.A./día (o sea 17.7 kg/U.A./año) de una mezcla mineral con aproximadamente un 5 por ciento de P, equivalente a 2.8 g P/U.A./día. Es interesante anotar que la mayoría de los propietarios de fincas ganaderas y aún los vaqueros, tienen un buen conocimiento de las deficiencias minerales y de su relación con los abortos y la baja fertilidad en los hatos. El grado de adopción de la suplementación mineral está limitada principalmente por la disponibilidad de dinero efectivo para la compra de tal insumo.

Las prácticas de salud animal (vacunación, control de parásitos, desinfección del ombligo en terneros recién nacidos) también muestran un nivel de adopción relativamente alto, aunque la mayor parte de la tecnología relacionada con estas prácticas no ha sido desarrollada para los Llanos y consecuentemente, puede ser inapropiada.

El descarte de vacas improductivas se practica rara vez ya que requiere el conocimiento de algunas técnicas básicas, tales como la identificación individual de los animales y el mantenimiento de registros individuales de producción (abortos, nacimientos, mortalidad de terneros), lo cual implica un alto nivel de manejo. Se considera que el potencial de adopción de esta práctica de manejo es alto, ya que se puede hacer a un costo relativamente bajo y además, aseguraría un fuerte e inmediato

Cuadro 54.

Frecuencia y grado de adopción[1] de las técnicas de manejo de hatos, en 16 fincas, en los Llanos Orientales de Colombia.

Componente tecnológico	No. de la finca																Adopción relativa (%)
	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19	20	
1. Suplementación mineral	4	8	10	4	8	10	8	8	6	4	8	4	10	10	8	4	70
2. Programa de salud animal	6	8	8	6	8	10	6	10	4	4	6	8	10	6	-	8	70
3. Descarte	-	10	10	2	2	2	2	2	-	-	2	2	5	2	-	2	30
4. Destete	4	10	4	8	4	10	8	10	4	4	4	4	10	4	-	10	60
5. Subdivisión del hato	4	10	4	10	4	10	-	10	4	-	-	4	8	4	-	4	50
6. Registros de producción	-	5	5	-	-	5	-	2	2	-	2	2	-	-	-	-	20
7. Monta estacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
8. Asistencia técnica	-	5	3	-	1	-	3	-	-	-	3	1	3	-	-	-	20
9. Descornada	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	-	-	-	20
10. Identificación de cada animal	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	5	5	5	5	-	5	60
Nivel relativo de manejo (%)	24	81	72	40	43	70	36	63	33	16	47	40	75	41	10	44	46

1 Las técnicas No. 1-5 tuvieron un máximo "puntaje" de 10 puntos; las técnicas No. 6-10, un máximo de 5 puntos. Por lo tanto, se puede alcanzar un máximo total de 75 puntos.

impacto en la eficiencia reproductiva de los hatos de cría.

En muy pocas fincas se practica el destete sistemático; en muchos casos, el destete ocurre en forma natural (cuando las vacas detienen su producción de leche). Este hecho está relacionado con el apareamiento continuo que se practica en la mayoría de las fincas, lo cual resulta en que se registran nacimientos durante todo el año. La mayoría de los ganaderos están de acuerdo en que los partos se concentran al final de la estación seca, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en Carimagua. Como los ganaderos reunen sus hatos sólo 1 ó 2 veces al año — al inicio y al final de la estación de lluvias — las edades de los terneros tienen una gran variación, lo cual complicaría hacer el destete a una edad determinada. En este caso, los ganaderos prefieren destetar sus terneros a una edad relativamente avanzada (aproximadamente, a los 10 meses).

En las fincas que se incluyeron en la muestra, no se practica la monta estacional o restringida, ni tampoco se ha oido de ella en fincas fuera de la muestra. Los ganaderos consideran que esa práctica de manejo de hatos "no funciona" ya que "las vacas no concebirán". Esto es consistente con el hecho de que la adopción exitosa de la monta estacional requiere buena habilidad administrativa. Esta falta de conocimiento resalta la importancia de un experimento realizado en Carimagua, el cual será descrito posteriormente en esta sección.

Aunque es bastante común que los ganaderos numeren y marquen individualmente a sus animales, sólo en pocos casos se llevan registros individuales del comportamiento de cada animal, excepto para controlar el inventario del ganado.

Los datos que se presentan en el Cuadro 54 muestran que existe un enorme potencial para aumentar la productividad de los hatos transfiriendo tecnologías de manejo ya conocidas, tales como el descarte y la monta estacional, las cuales se pueden adoptar a un costo bajo. En la mayoría de las fincas, la infraestructura existente (por ejemplo, corrales y cercas) sólo requeriría mejoramientos pequeños para incorporar estas prácticas al manejo tradicional de los hatos.

El Cuadro 55 presenta un estimativo del comportamiento de los hatos de cría en cuanto a su capacidad de reproducción, en relación con el peso corporal de las vacas secas y de las vacas en el período de lactancia. Como los ganaderos hacen muy poco por mejorar los pastos, la condición nutricional de las vacas y los índices reproductivos resultantes son expresiones del potencial de producción del forraje existente en la sabana. Según los resultados obtenidos en Carimagua, el peso corporal de una vaca seca en los Llanos, bajo condiciones adecuadas de alimentación en praderas para obtener un comportamiento reproductivo satisfactorio, es de aproximadamente 400 kg. En las fincas, el peso promedio de las vacas secas fue de 318 kg (en la primera estación de lluvias), aproximadamente un 20 por ciento por debajo del óptimo estimado. En algunas fincas, el estrés nutricional pareció ser extremadamente alto. Por ejemplo, en las fincas 18 y 19, las vacas en período de lactancia pesaron en promedio 262 kg. Sólo en cuatro fincas las vacas en período de lactancia pesaron más de 300 kg. Estas condiciones inadecuadas de alimentación son la causa principal del mal comportamiento reproductivo de los hatos en los Llanos de Colombia.

Las tasas de nacimiento, estimadas en el Cuadro 55, corresponden al período noviembre de 1977 - octubre de 1978. Para

Cuadro 55.

Comportamiento reproductivo[1] del ganado de cría, en 16 fincas, en los Llanos Orientales de Colombia.

Finca No.	Edad de las vacas (meses) $\bar{X}$	Peso corporal de las vacas (kg)				Tasa de natalidad estimada[2] (%)	Indice reproductivo[3] (%)
		Vacas secas		Vacas lactantes			
		No.	$\bar{X}$	No.	$\bar{X}$		
2	74	29	317	26	302	45	0.78
4	-[4]	107	320	-	-	34	0.85
5	71	39	297	33	284	57	0.74
6	68	25	348	22	299	77	0.94
7	73	58	303	25	290	42	0.67
8	71	15	410	31	356	67	1.09
9	71	21	344	20	313	54	0.85
11	59	44	326	29	298	51	0.96
12	75	50	308	16	283	38	0.59
13	70	45	344	27	285	59	0.79
14	78	42	306	14	272	48	0.73
15	-	32	303	26	289	56	0.85
17	106	23	337	23	310	52	0.91
18	84	31	298	41	261	44	0.83
19	80	28	279	16	264	30	0.56
20	84	23	312	26	276	45	0.92
Media global	76	622	318	375	293	49	0.81

1 Con base en los datos obtenidos en mayo-junio, 1978.
2 Calculada con base en su condición de lactancia y preñez (ver el texto).
3 Suma de las proporciones de vacas en lactancia y preñadas.
4 Información no disponible.

determinar esas tasas se utilizó la siguiente fórmula: número de vacas en lactancia (1-6 meses) más número de vacas preñadas (3-9 meses) dividido por el número total de vacas en la muestra.

Debido a la variación natural de las tasas de nacimiento dentro de un hato, de un año a otro, estas cifras se deben complementar con 1 año de observaciones. Sin embargo, la tasa promedio de 49 por ciento es confiable y concuerda con la tasa del 52 por ciento mencionada en un estudio anterior (Informe Anual del CIAT, 1974). Según la hipótesis inicial, la variación entre fincas es alta, oscilando entre un 30 y un 77 por ciento. La relación cercana que existe entre la condición nutricional (peso corporal) y el índice de reproducción, es evidente.

El Cuadro 55 muestra también los valores para el índice reproductivo, obtenido mediante la adición de las vacas en lactancia y las preñadas (las vacas preñadas en lactancia se consideran dos veces), dividiendo luego esa suma por el número total de vacas en la muestra. Este índice cuantifica la proporción de vacas que están activamente en reproducción, durante un período de aproximadamente 18 meses y por lo tanto, este índice se considera como un parámetro más adecuado para comparar el estado reproductivo de un hato en comparación

con la tasa de nacimientos estimada con base en observaciones individuales.

El mejor y peor índice reproductivo (fincas 8 y 19, respectivamente), coinciden con el mayor y menor peso corporal de las vacas. Con base en este índice, se estima que se debe descartar aproximadamente del 10 al 15 por ciento de la población de vacas debido a su nivel de reproducción extremadamente bajo o bien a su infertilidad.

El Cuadro 56 presenta la distribución relativa de las vacas de cría según su estado reproductivo (preñez y lactancia) entre una muestra total de 988 observaciones. Solamente el 2 por ciento de las vacas en lactancia estaban preñadas. Un estudio realizado en 1974 indicó un 9 por ciento. Esta evidencia confirma nuevamente que la gran mayoría de las vacas en lactancia no son capaces de reconcebir, principalmente debido al estrés nutricional. La vaca promedio tiene que recuperarse durante varios meses después del destete, lo cual resulta en un intervalo entre partos de aproximadamente 24 meses y corresponde a tasas de nacimiento del 50 por ciento.

El Cuadro 57 presenta el peso promedio corporal del ganado joven, dentro de la categoría de "edad del animal". Se excluyen las operaciones de engorde, de tal manera que los resultados presentados se refieren solamente al ganado que pastorea en sabana. También, se presentan los resultados de las dos estaciones de pesaje. No se encontraron diferencias significativas en la edad dentro de las categorías establecidas, durante estas estaciones. Aunque los datos no han sido analizados totalmente, los efectos del sexo y de la estación (seca o húmeda) no parecen ser importantes. Las hembras, en la categoría de más de 4 años de edad, son novillas que aún no han parido.

Cuadro 56.

Distribución de vacas de cría con base en su condición de preñez y lactancia, en 988 observaciones, en los Llanos Orientales de Colombia.

	Secas	En lactancia ≤6 meses	En lactancia >6 meses	Media
Preñez		(%)		
Sin preñar	21	23	13	57
Preñadas 3 meses	16	-	1	17
Preñadas >3 meses	25	-	1	26
Media (en lactancia)	62	23	15	100

Cuadro 57.

Pesos corporales del ganado por categoría de edad, en las muestras de fincas de los Llanos Orientales de Colombia.

Categorías por edad	Media global			Estación seca temprana		Estación lluviosa temprana	
	No.	Edad (meses)	Peso (kg)	No.	Peso (kg)	No.	Peso (kg)
Ganado hembra							
Destetas	195	8	138	87	129	180	145
1 - 2 años	267	16	185	89	191	178	182
2 - 3 años	226	27	250	105	245	121	254
3 - 4 años	193	38	267	118	259	75	279
> 4 años[1]	100	52	280	62	272	38	294
Vacas (secas)	1245	76	309	632	300	613	318
Ganado macho[2]							
Destetos	187	8	136	111	138	76	132
1 - 2 años	273	16	184	125	178	148	189
2 - 3 años	90	26	232	38	240	52	227
>3 años	23	49	259	19	259	4	258

1 Aún no han parido.
2 Castrados y sin castrar.

El Cerrado de Brasil Central

La Sección que tiene a su cargo el estudio del Area de Actuación identificó cuatro subregiones principales, ecológicamente homogéneas, en el Cerrado Brasilero: 1) occidente de Minas Gerais central; 2) Goiás del Sur; 3) Goias del Norte; y 4) Mato Grosso central.

En enero de 1978 se iniciaron las actividades al ingresar al equipo del CIAT-CPAC un zootecnista del CIAT, el cual es financiado con fondos especiales. Debido a limitaciones físicas para cubrir estas cuatro extensas subregiones, fue necesario hacer una selección inicial en cuanto al área que comprendería el estudio. Con este propósito, se hicieron viajes extensivos de reconocimiento. Se partió de la base de que en las subregiones 1 y 2 prevalece la ganadería lechera (60 al 80 por ciento de las fincas utilizan vacas de carne para la producción de leche); se decidió concentrar los esfuerzos investigativos y los recursos en las subregiones 3 y 4 en donde, definitivamente, predominan los sistemas de producción de ganado de carne. Sin embargo, la creciente importancia y tendencia hacia la ganadería de doble propósito puede tener implicaciones para la orientación futura del Programa.

A partir de mayo, se preseleccionaron las fincas; en setiembre, se habían identificado ocho fincas en el área de Mato Grosso central y siete en Goiás del Norte, para las cuales se completó la colección inicial de datos que se necesita obtener para su caracterización. Se identificaron y

numeraron 1900 cabezas de ganado con el propósito de llevar registros del comportamiento individual de los animales. Las fincas seleccionadas se presentan en el Cuadro 58.

El Cuadro 58 muestra una variación relativamente grande en cuanto al tamaño de las fincas, el tamaño de los hatos y en las cargas animales reales, oscilando entre 2 y 5 ha/cabeza de ganado. Sin embargo, es interesante anotar que las cifras medias para ambas regiones son muy similares. La estructura del hato también es comparable; el ganado de cría representa el 45-47 por ciento del hato completo.

La principal diferencia entre las dos subregiones parece ser la proporción de pastos sembrados en las fincas, siendo este

Cuadro 58.

Características de las fincas seleccionadas en el Cerrado de Brasil.

Finca No.	Nivel tecnológico[1]	Tipo de operación[2]	Area (ha)		Ganado		Carga[4] (ha/animal)
			Total[3]	Pastos sembrados	Vacas	Total	
Sub-región: Mato Grosso Central							
1	I	C/L	2000	400	-	-	-
2	I	C	1700	310	88	300	5.6
3	I	C	2000	550	300	503	3.9
4	A	C/L	5450	1200	520	1200	4.1
5	B	C/L	990	250	305	442	1.9
6	B	C/L	4400	800	460	1135	3.4
7	I	C	1126	215	210	419	2.4
8	I	C/L	1467	220	120	307	4.2
Media: Mato Grosso			2400	500	290	615	3.6
Sub-región: Goiás del Norte							
9	A	C/L	1630	288	200	593	2.0
10	B	C	700	250	120	255	2.2
11	B	C	870	50	90	244	3.6
12	I	C/L	3100	500	348	661	4.6
13	I	C/L	3560	100	308	791	4.4
14	A	C	3370	300	300	540	4.0
15	I	C	2100	275	420	816	1.9
Media: Goiás del Norte			2200	250	255	560	3.2

1 A = alto; I = intermedia; B = bajo.
2 C = cría; L = levante.
3 Incluye cultivos y bosques.
4 Carga animal global: sabana + pastos sembrados/No. total de ganado.

valor más alto en Mato Grosso (24% del total de las praderas) que en Goiás (14%). Sin embargo, en ambas regiones, las únicas dos especies importantes —*Hyparrhenia rufa* y *Brachiaria decumbens*— se han encontrado en la misma proporción de (2/3) : (1/3), respectivamente.

Comparando estos hallazgos con los resultados obtenidos en los Llanos de Colombia, no parece haber una gran diferencia en el tamaño de las fincas y en el tamaño de los hatos. Los ganaderos del Cerrado parecen utilizar una carga animal más alta (3-4 ha/U.A. en Brasil) que en los Llanos de Colombia (5-6 ha/U.A.). También, se puede observar una diferencia significativa en la proporción de pastos sembrados en las fincas (en el Cerrado, 14-24% y en los Llanos, 5%). Mientras que en Brasil la especie sembrada más importante es *H. rufa*, en los Llanos predominan *B. decumbens* y *M. minutiflora*. En ambas regiones del Cerrado (Mato Grosso y Goiás), casi todos los agricultores siembran algunos cultivos (principalmente, arroz) aunque en una escala relativamente pequeña. En las fincas de los Llanos no se encontraron cultivos comerciales.

También, se pueden observar algunas diferencias en las estructuras de los hatos. En tanto que en las fincas del Cerrado más del 45 por ciento del hato total está representado por vacas de cría, en las fincas de los Llanos sólo el 36 por ciento lo constituyen las vacas. Esto indica que los ganaderos de Brasil venden su ganado a una edad más joven que los ganaderos colombianos.

Los Llanos Orientales de Venezuela

En 1978 se firmó un acuerdo con FONAIAP. Entre otras actividades colaborativas, el Proyecto ETES se llevará a cabo como una investigación conjunta. En octubre, un zootecnista del CIAT se integró al equipo multidisciplinario asignado a dicho Proyecto en el Centro Regional del CIARNO, en Maturín. Inicialmente, se ha seleccionado la región nororiental de los Llanos, con posibilidades de ensanchar posteriormente las actividades a las regiones centrales. Ya se completó la preselección de las fincas, proporcionando una base para su selección final. A comienzos de 1979, se iniciará la colección de datos relacionados con el comportamiento animal.

Sistemas de Manejo de Hatos de Cría

El objetivo central de este experimento es evaluar el uso estratégico de pastos mejorados en sistemas de producción de cría, en las regiones de sabana tropical.

El uso estratégico se define como el acceso temporal del hato de cría a pastos mejorados, durante períodos críticos del ciclo reproductivo (parto, comienzos de la lactancia, reconcepción). Para hacer un buen uso estratégico de los pastos mejorados, pareciera que es esencial restringir el apareamiento a determinadas épocas del año.

Los objetivos experimentales se describieron en el Informe Anual de 1977. En el Cuadro 59 se presenta el diseño final de esta investigación.

Aproximadamente, el 10 por ciento del área total utilizada por los Hatos 2, 4 y 6 corresponde a pastos mejorados; es decir, 120 ha de gramíneas (principalmente, *B. decumbens*, pero en asociación con *M. minutiflora* y parcialmente, con *A. gayanus)* y 30 ha de *Stylosanthes guianensis* 136, sembradas en agosto-setiembre de 1977, con baja aplicación de fertilizantes (47 kg de P_2O_5 / ha a toda el area de pastos mejorados, más 10 kg de S/ha a las leguminosas).

Cuadro 59.

Tratamientos en el experimento de sistemas de manejo de hatos de cría, durante 1978, en Carimagua.[1]

Hatos	No. de vacas	Praderas		Períodos de monta	
		Tipo	Tiempo en pastos mejorados (días)	Meses	Duración (días)
1	54	Sólo sabana	0	Ene.-Dic.	365
3	54	"	0	Jun.-Set.	120
5	54	"	0	May.-Jul.[2]	90
2	54	Sabana + Praderas mejoradas	114	Ene.-Dic.	365
4	54		155	Jun.-Set.	120
6	54		91	May.-Jul.[2]	90

1 Dentro de los hatos, el 50% de los terneros se destetarán a los 6 meses y el otro 50% a los 9 meses.
2 Se planificó un segundo período de monta de 90 días, durante diciembre 1978-enero 1979.

El uso estratégico con 20 vacas de alta prioridad (al comienzo de su período de lactancia) por cada uno de los Hatos 2, 4 y 6 se inició a finales de la estación seca (febrero 15 hasta abril 30, 1978). Durante este período, la carga animal de la leguminosa fue de 1.6 U.A./ha y en las gramíneas (durante el establecimiento), 0.36 U.A./ha.

Desde mayo hasta setiembre, los lotes de gramíneas y de leguminosas fueron pastoreados intermitentemente, con una carga animal promedio de 1.6 U.A./ha. El Cuadro 59 muestra los períodos durante los cuales los Hatos 2, 4 y 6 tuvieron acceso a los pastos mejorados.

Las praderas de sabana nativa tuvieron una carga animal promedio de 0.15 U.A./ha. Estas praderas son quemadas en secuencia (dentro de los lotes de pastoreo) 2 ó 3 veces al año. Algunas incluyen una alta proporción de áreas bajas productivas (hasta el 50%). En un intento por eliminar los efectos de los lotes de pastoreo sobre los resultados obtenidos, todos los hatos en la sabana se rotan mensualmente en los lotes de pastoreo.

Los hatos experimentales se formaron en diciembre de 1977. Las vacas se seleccionaron con base en un único criterio: el de la fertilidad comprobada — por lo menos, dos terneros para las vacas viejas (nacidas en 1969) y un ternero o preñez, para las vacas jóvenes. Las novillas de reemplazo deben pesar 280 kg cuando cumplen 3 años de edad. El descarte de vacas infértiles se hace en forma rutinaria. Todos los hatos son comparables en edad y en condición fisiológica (lactancia y preñez). En agosto de 1978 se incluyeron otras 16 novillas, de tal manera que cada hato tiene actualmente 56 hembras de cría.

El programa de manejo rutinario de los seis hatos incluye: 1) Suplementación

mineral *ad libitum* durante todo el año. El contenido de fósforo en la mezcla varía entre 7 y 8 por ciento. El consumo promedio ha sido de 58 g/U.A./día (21 kg/U.A./año). 2) Un programa completo de salud animal, incluyendo el control de enfermedades infecciosas (fiebre aftosa, brucelosis, edema maligno, pasteurelosis y pierna negra), parásitos externos (cada 2 meses) e internos (terneros, dos veces al año y adultos, una vez al año) y cuidados con los terneros recién nacidos (particularmente, desinfección del ombligo). 3) Los toros reciben un suplemento de 0.6 kg de torta de algodón durante la estación seca y se mantienen en praderas mejoradas, durante los períodos de descanso, 4) Revisiones individuales de todos los animales, cada 2 meses, durante la época de recolección de datos para el estudio.

Por lo tanto, el manejo general de los hatos y de los pastos está a un nivel de óptima factibilidad, en lo que respecta al ambiente y al estado actual del conocimiento.

Entre setiembre de 1977 y agosto de 1978, los hatos experimentales de cría tuvieron el siguiente comportamiento promedio: tasa de natalidad, 72.5 por ciento; mortalidad de terneros, antes del destete, 9.9 por ciento; mortalidad de adultos, 1.5 por ciento; y abortos, 0.6 por ciento.

Durante el mismo período, estos parámetros aún no habían sido afectados por los tratamientos experimentales. Sin embargo, en diciembre de 1977, la alta tasa de nacimientos resultó en una alta proporción de vacas en lactancia, durante los períodos de apareamiento (debido a la selección y al descarte), lo cual permitió el estudio de la reconcepción durante la lactancia.

A partir de junio, se observó un efecto significativo del tratamiento con pastos mejorados, en el peso de los terneros al destete. Todos los terneros que fueron concebidos durante 1977, se destetaron a los 9 meses de edad.

El Cuadro 60 presenta los resultados de junio y agosto. A pesar de que las vacas de los Hatos 2, 4 y 6, sólo tuvieron acceso a los pastos mejorados durante la fase final de la lactancia, con un promedio de 160 días, destetaron terneros que eran 11 por ciento (18 kg) más pesados que los de las vacas que sólo pastorearon sabana nativa.

En la Figura 99 se muestra el efecto de los pastos sobre el peso corporal de las vacas, según su época del período de lactancia. En tanto que las vacas secas, con

Cuadro 60.

Efecto del tipo de pradera sobre el peso de los terneros al momento del destete, durante la estación lluviosa.

	Peso de de los terneros (kg)						
	Media global		Sólo sabana		Sabana + 10% de pastos sembrados		
Meses de destete	No. de observ.	Media	No. de observ.	Media	No. de observ.	Media	Diferencia
Junio	56	176	26	166	30	185	19
Agosto	28	179	15	171	13	189	18
Total	84	177	41	168	43	186	18

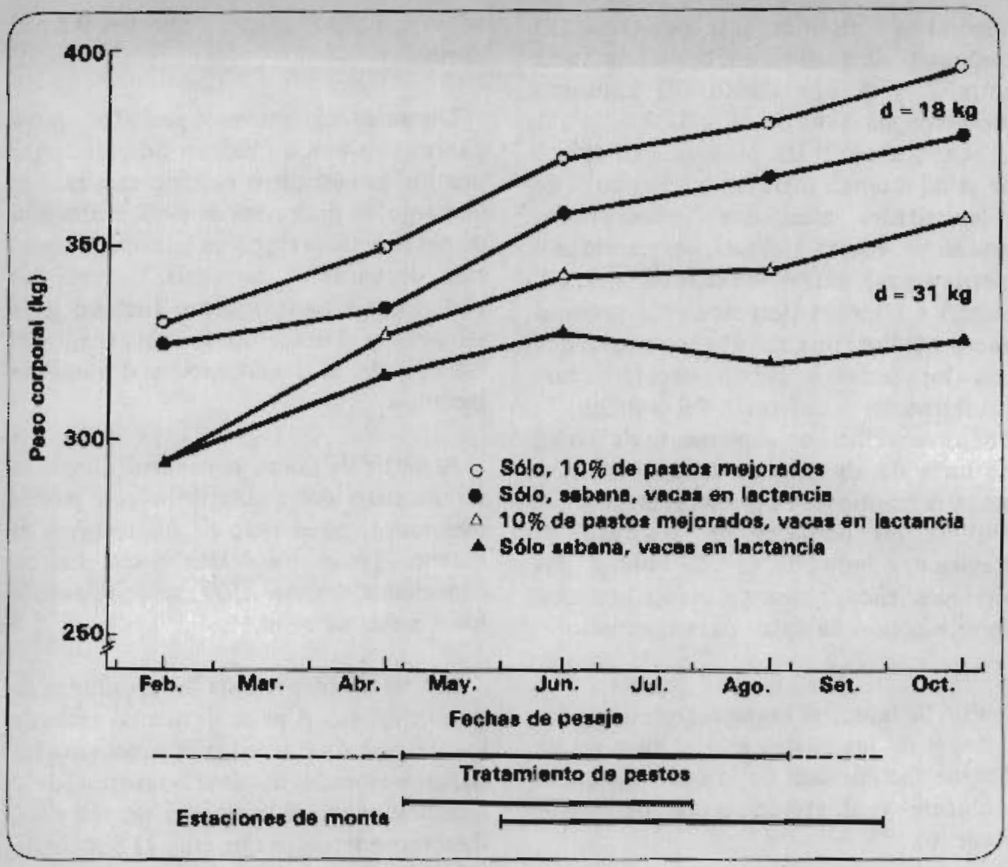


Figura 99. Efecto de los sistemas de pastos sobre el peso corporal de las vacas, según su estado de lactancia, en los Sistemas de Manejo de Hatos de Cría, Carimagua.

acceso a pastos mejorados, presentaron una diferencia positiva casi constante en comparación con las vacas con acceso a la sabana nativa, hay diferencias continuamente crecientes entre las vacas en lactancia.

En octubre, las vacas en lactancia de los Hatos 2, 4 y 6 pesaron 31 kg más que las vacas en lactancia de los Hatos con acceso solamente a la sabana.

Al analizar el efecto de los pastos sobre el peso corporal de las vacas por períodos de lactancia, se pone de manifiesto que la suplementación de pastos mejorados es particularmente efectiva durante la primera parte de la lactancia, cuando los requerimientos nutricionales son más altos. La Figura 100 muestra los pesos tomados en junio y en agosto. Aunque todas las diferencias son significativas, las diferencias debidas a los pastos mejorados, durante la primera mitad de la lactancia, son de aproximadamente 30 kg y de sólo 10 kg durante la segunda mitad.

El Cuadro 61 muestra los resultados de los pesajes hechos en octubre. La diferencia de los pesos entre las vacas que lactaron hasta un período temprano aumentó a 43 kg; para las que lactaron hasta más tarde, 23 kg y sólo 18 kg para las vacas secas.

A finales de octubre, se hizo un diagnóstico de preñez (Cuadro 62). Se

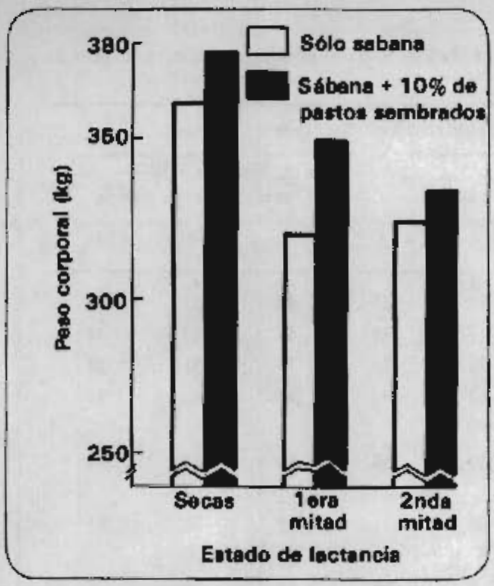


Figura 100. Efecto del uso estratégico de pastos sembrados sobre el peso corporal de vacas con relación a su estado de lactancia, durante la estación lluviosa, en Carimagua (medias para junio-agosto).

calcularon las tasas de concepción para todas las vacas y para las vacas en capacidad de concebir (definidas como vacas que parieron 90 días o menos antes de finalizar la estación de monta y que, por lo tanto, se recuperaron del período normal sin estros durante la lactancia). La tasa de concepción para las vacas en capacidad de concebir, es aproximadamente equivalente a la tasa global de concepción, una vez que se ajusten los ciclos reproductivos de los hatos de cría a las respectivas estaciones de montas.

La tasa de reconcepción de las vacas en lactancia tiene un interés especial, puesto que las bajas tasas de reproducción generalmente encontradas bajo condiciones de sabana tropical se relacionan muy cercanamente con el hecho de que la mayoría de las vacas no conciben sino hasta después del destete.

Cuadro 61.

Peso corporal de las vacas según su condición de lactancia y tratamiento por tipo de praderas (octubre 1978).

Hato (No.) en dos tipos de pradera	Estado de lactancia					
	Secas		Primera mitad		Segunda mitad	
	(No.)	(kg)	(No.)	(kg)	(No.)	(kg)
Sólo sabana						
1	29	391	9	330	18	326
3	38	373	7	335	11	325
5	32	370	11	301	13	336
Sabana + pastos mejorados						
2	27	407	10	365	19	345
4	37	395	9	367	9	358
6	39	387	7	351	10	360
Medias						
Sólo sabana	99	377	27	320	42	329
Sabana + pastos mejorados	103	395	26	362	38	352

Cuadro 62.

Concepciones (preñez) en el experimento de sistemas de manejo de hatos de cría, según los resultados de la palpación hecha a finales de octubre, 1978.

Parámetros	Hatos (No.) en dos tipos de pradera					
	Sólo sabana			Sabana + 10% mejorados de pastos		
	1	3	5	2	4	6
Total de vacas	54	54	53	52	52	52
Vacas aptas[1]	50	47	38	49	43	44
Vacas preñadas	30	28	26	39	31	37
Concepción global (%)	56	52	49	75	60	71
Concepción de vacas aptas (%)	60	60	68	80	74	84
Concepción entre el total de vacas en lactancia (%)	22	6	21	62	28	53
Concepción entre las vacas aptas en lactancia (%)	25	9	38	69	56	78

1 Aptas para concebir, con más de 90 días entre el parto y el final de la época de monta.

En el Cuadro 63 se muestra el efecto de los pastos en las tasas de concepción. Los hatos en sabana también muestran índices relativamente altos, como resultado del alto nivel de manejo. Sin embargo, se puede observar un 25 por ciento de aumento en los hatos suplementados con pastos mejorados. Esto se explica por medio de la alta tasa de reconcepción (68%) de las vacas en lactancia, debido a una mejor condición nutricional.

En el Cuadro 64 se presentan las tasas de concepción con relación a los períodos de monta. Es posible que la preñez en los Hatos 1 a 4 esté ligeramente subestimada. Aunque los resultados no son muy concluyentes, pareciera que un período de monta de 3 meses (Hatos 5 y 6), durante el comienzo de la estación de lluvias (mayo-julio), particularmente en combinación con pastos mejorados (ver referencia al Hato 6 en el Cuadro 62), asegura una alta

Cuadro 63.

Efecto de los pastos sobre las tasas de concepción (preñez).

Tipo de pradera(%)	Concepción global (%)	Concepción en vacas aptas[1] (%)	Concepción entre vacas aptas en lactancia (%)
Sólo sabana	52	63	24
Sabana + 10% de pastos mejorados[2]	69	79	68

1 Aptas para concebir (con más de 90 días entre el parto y el final del período de monta).
2 Promedio de 120 días en pastos mejorados.

Cuadro 64.

Efecto de los períodos de monta en las tasas de concepción (preñez).

Períodos de monta	Concepción global (%)	Concepción en vacas aptas (%)	Concepción entre vacas aptas en lactancia (%)
Continuo			
(Hatos 1 + 2)[1]	65	70	47
4 meses			
(Hatos 3 + 4)[2]	56	66	32
3 meses			
(Hatos 5 + 6)[3]	60	77	58

1 Desde mayo de 1978.
2 Durante junio, julio, agosto y setiembre de 1978.
3 Durante mayo, junio y julio de 1978.

capacidad de concepción posiblemente debido al efecto de la "vigorosidad" de los forrajes recién brotados. La adopción de períodos de monta restringidos parece factible y no necesariamente tiene un efecto negativo en las tasas reproductivas, durante el primer año de adopción. La adopción de períodos cortos de monta hace posible el manejo estratégico de pastos mejorados.

Los resultados obtenidos durante el primer año experimental se utilizaron para hacer una evaluación global de los dos sistemas básicos: "A" solamente en sabana, con el mejor manejo posible, y "B" sabana más el 10 por ciento de pastos mejorados (gramíneas más leguminosas). Los análisis de los datos de 1978 mostraron que un 10 por ciento de la superficie total de las praderas establecido con especies forrajeras mejoradas aumentó la producción de peso de los animales en 23 kg/ha, o sea, 2.5 veces más que el sistema A (9 kg/ha).

Sin embargo, hay indicaciones de que las cargas animales en los pastos mejorados se pueden aumentar de 1.6 a 2.0 U.A./ha, que la edad de las novillas al primer parto se puede disminuir a 3 años y que la mortalidad de terneros antes del destete puede disminuir al 5 por ciento. En este caso, el sistema B podría producir 30 kg/ha/año, o sea, 3.5 veces más que el sistema A.

Los análisis económicos correspondientes, presentados en la sección de Economía, indican que el uso estratégico limitado de pastos mejorados con hatos de cría es una alternativa atractiva para los productores de ganado de carne, una vez que se tengan disponibles praderas a base de leguminosas que persistan durante, por lo menos, 6 años, bajo las condiciones de los Llanos de Colombia.

Hato Experimental

En Carimagua, la Sección de Manejo Animal tiene a su cargo el Hato Experimental del ICA-CIAT con el objetivo central de producir ganado adecuado para los experimentos de pastoreo. Al mismo tiempo, se pueden validar nuevas técnicas de manejo adaptadas al ambiente bajo condiciones prácticas de producción comercial extensiva.

El Hato Experimental utiliza aproximadamente 5900 ha, de las cuales 160 ha

(3%) están sembradas con *B. decumbens*. La carga animal promedio en las praderas de sabana varía entre 6-7 ha/U.A. Actualmente, el hato incluye 267 hembras de cría (158 vacas y 109 novillas servidas) y 11 toros (3 San Martinero y 8 Cebú). El proyecto también recibe los animales destetados que resultan de los experimentos realizados en Carimagua y los cría, hasta que se utilicen nuevamente en los experimentos de pastoreo o hasta que se vendan.

Las vacas se aparean entre abril 1 y noviembre 30. Todos los animales reciben *ad libitum* suplementación mineral. Los toros reciben un suplemento diario de 500 g de torta de algodón durante la estación seca. Se practica un ligero descarte de animales no aptos con base en el comportamiento reproductivo. Los hatos se reunen tres veces al año, con el propósito de vacunar, bañar, pesar e identificar los animales. Los machos son castrados; los terneros próximos a cumplir los 9 meses de edad se destetan y una vez al año, las vacas se palpan para determinar si hay problemas de reproducción y así determinar cuáles de ellas deben ser descartadas.

La mortalidad global fue de 1.8 por ciento y la de los terneros, antes del destete, fue de 5.4 por ciento. Debido al manejo extensivo, la cifra anterior puede estar subestimada. El peso promedio al destete de los 67 terneros (sin incluir el destete practicado en noviembre) fue de 143 kg (machos 144 kg y hembras 139 kg), con un promedio de edad de 9 meses. Se registraron 8 abortos (5%).

En el Cuadro 65 se presentan los nacimientos registrados durante el período comprendido entre octubre de 1977 y setiembre de 1978. Para los Hatos 1 a 3, la tasa promedio de nacimientos fue del 58 por ciento, similar a la observada el año pasado. Las 109 novillas de los Hatos 4 y 5 fueron apareadas (para observar si la época de monta era apropiada), durante 45 días, sólo durante octubre-noviembre de 1977, lo cual resultó en una tasa de nacimientos del 34 por ciento solamente. Este porcentaje indicó que aunque el peso corporal de los terneros fue satisfactorio, el período de monta y particularmente, la época del año, no fueron adecuados.

Las siguientes cantidades de animales fueron proporcionadas a otros proyectos

Cuadro 65.

Nacimientos registrados en los Hatos Experimentales, en Carimagua.

Hatos	Vacas servidas/novillas	Partos	Tasa de nacimientos (%)
1	61	35	57.4
2	47	30	63.8
3	50	27	54.0
4[1]	52	(20)[2]	(38.5)[2]
5[1]	57	(17)	(29.8)
Total	267	129	(48.3)

1 Las novillas sólo fueron servidas durante octubre-noviembre de 1977.
2 Los valores entre paréntesis son bajos, reflejando que el período de monta para las novillas en los Hatos 4 y 5 fue muy corto.

de investigación en Carimagua, durante el año: Sección de Agronomía de Leguminosas, 20 hembras destetadas; Sección de Manejo Animal, 55 hembras destetadas; Sección de Utilización de Pastos, 160 novillos y terneros destetados; Estudios de Suplementación Mineral (ICA), 335 novillas; y Estudios de Producción de Ganado de Carne (ICA), 114 novillos. Además, el Hato Experimental maneja los terneros de otros proyectos. Uno de los principales productores de terneros fue el experimento sobre Sistemas de Manejo de Hatos de Cría. Se vendieron 68 animales que se consideraron como no aptos (descarte); además, se sacrificaron para el consumo 56 animales.

SALUD ANIMAL

Esta Sección revisa y vigila continuamente los problemas de salud animal, en tres niveles de intensidad. Al nivel macro, se trabaja en un inventario en las enfermedades de los animales en el Area de Actuación y constituye parte integral del estudio de dicha área. Los estudios a nivel macro proporcionarán información básica general que puede ser aplicable a cualquier condición que pueda afectar la productividad del ganado en el área.

A nivel intermedio, el trabajo incluye la vigilancia general sobre los hatos en Carimagua, el Proyecto ETES, la vigilancia miscelánea en el Centro del Cerrado en Brasil y en una región de Paraguay, y la descripción de los problemas que surjan por la toxicidad de los pastos (plantas tóxicas).

Al nivel micro, se realizaron estudios sobre perfiles parasitarios en Carimagua, el estudio epidemiológico de una infección natural de leptospirosis en los Llanos de Colombia y un informe sobre la infección artificial con leptospira en vacas con una buena condición nutricional. Los estudios a nivel micro están dirigidos hacia la obtención de información para diseñar un esquema práctico de medicina preventiva para el control de condiciones específicas ya definidas como importantes.

Estudios a Nivel Macro

Inventario de las Enfermedades del Ganado

Se han obtenido datos de regiones del Area de Actuación, especialmente en Brasil, Colombia y Paraguay. Brasil tiene mucha más información acerca de las enfermedades de los bovinos que cualquier otro país en el Area de Actuación. Sin embargo, la información está diseminada entre instituciones locales, ganaderos y practicantes privados; habría que hacer un esfuerzo considerable para colectarla y organizarla.

El Cuadro 66 presenta una lista de enfermedades del ganado vacuno encontradas en los estados de Mato Grosso y Goiás, en el orden de prioridad que han recibido y con la limitada información disponible sobre tales enfermedades. En la medida en que se obtengan nuevos datos cuantitativos, la información disponible será entonces más confiable.

Hay cuatro condiciones que merecen atención. En primer lugar, en esta área de Brasil se presenta en los mataderos un considerable número de lesiones causadas por tuberculosis. En 1977, solamente en el estado de Mato Grosso, fue necesario desechar 1166 animales destazados por haberse encontrado en sus cadáveres

Cuadro 66.

Algunas condiciones que afectan la salud de los hatos de ganado de carne, en los estados de Mato Grosso y Goiás, Brasil. (Información preliminar para el Inventario de Enfermedades Animales en el Estudio del Area de Actuación)

Condición patogénica	Observaciones	Prioridad tentative
Tuberculosis	1116 cadáveres condenados en Mato Grosso en 1977	1
Brucelosis	Algunas regiones con una prevalencia del 15-18%	1
Bursitis	91 casos en el matadero de Mato Grosso en 1977	1
Parásitos internos	Principalmente, especies de *Cooperia* y *Haemonchus* (tratadas durante la estación seca)	1
Botulismo	Producido por deficiencias minerales	2
Plantas tóxicas	Seis sobresalientes: Anilão, Dama da noite, Erva Café, Faveira, Barbatinão, Piriquiteira	2
"Espichamento"	Debido a *Solanum malacoxica* (planta tóxica)	2
"Peste Secar"	Atribuida principalmente a la deficiencia de Co	2
Anaplasmosis	Principalmente en terneros	3
"Peste Rachar"	Probablemente, nutricional (25% de muertes en Goiás del Norte, en terneros de 1-4 meses de edad)	3
Hidrofobia	Causada por murciélagos vampiros, en brotes generalizados (15 casos en Goiás en un mes)	3

lesiones tuberculosas. Esta infección es importante no sólo desde el punto de vista de la pérdida de carne, sino también porque la infección puede ser transmitida al hombre.

En segundo lugar, en algunas regiones, las infecciones por brucelosis parecen ser muy altas (15-18% de prevalencia); sin embargo, las cifras altas provienen de fincas específicas y la enfermedad no está distribuida al azar. Las cifras oficiales de prevalencia para el área de Mato Grosso muestran un 9.43 por ciento de reactores y para el área de Goiás, un 11.60 por ciento de reactores (esta última cifra es la más alta para el país).

Una tercera enfermedad importante es la bursitis, una infección localizada en la cavidad de la giba, en el ganado *Bos indicus*. Su naturaleza aún no ha sido determinada. Durante los últimos 2 años, la bursitis ha aumentado considerablemente causando algunas pérdidas de carne. La última condición patogénica la constituyen los parásitos internos, los cuales afectan severamente el crecimiento

de los terneros en el área. Los parásitos de las especies *Cooperia* y *Haemonchus* están causando problemas. Durante la estación seca, se están aplicando dos tratamientos que han probado ser eficaces.

La información correspondiente a Colombia procede básicamente de investigaciones ya descritas, en particular en los Informes Anuales del CIAT en los datos que se están obteniendo a través del Proyecto ETES y de otros estudios que se describen a continuación, así como también por datos obtenidos de las instituciones colombianas que trabajan en el sector agropecuario.

Los datos sobre Paraguay que se utilizarán en este inventario de enfermedades se describen a continuación bajo el subtítulo de Vigilancia Miscelánea; tales datos son el resultado del examen directo hecho en el laboratorio del CIAT de muestras de suero enviadas por diferentes conductos.

Estudios Intermedios

Vigilancia en Carimagua

Los principales problemas de salud que se presentan en Carimagua son la mortalidad de los terneros y la desnutrición.

La mortalidad de los terneros es muy común en los primeros días de vida; muchos terneros simplemente desaparecen y ni siquiera son vistos en hatos que están siendo observados y manejados de cerca. Aparentemente, algunos animales nacen prematuramente, algunos en el período normal pero son débiles y otros que nacen bien se pierden en las áreas arbustivas. Los datos correspondientes a dos hatos (64 nacimientos) mostraron un 9.6 por ciento de mortalidad de terneros con menos de 1 mes de edad. El hato experimental de cría presentó 23 muertes entre 233 nacimientos, o sea, tuvo un índice de mortalidad del 9.9. por ciento. La mayor parte de esta mortalidad de terneros se registra como desconocida (Cuadro 67) por las razones ya mencionadas. Es necesario hacer un mayor esfuerzo para analizar estos casos con más detalle.

La desnutrición causa la muerte del ganado en todas las edades, pero es muy común en vacas de más de 8 años y en animales destetos, entre los 12 y 18 meses.

Otros dos factores que causan pérdidas de ganado son animales que se atascan en el fango o en arenas movedizas (lo cual ocurrió en 17 casos en 1978) y las fracturas de huesos, lo cual causó 15 muertes durante el mismo año (Cuadro 67).

Las condiciones patológicas que requieren tratamiento son, principalmente, las infecciones uterinas y la poliartritis. La desnutrición se debe también corregir.

Cuadro 67.

Causas de la mortalidad de terneros en la Estación de Investigación, en Carimagua, durante 1978.

Condición física	No. de casos
Desnutrición (clínica)	27
Desconocida	26
Enterramiento en barro o en bebederos fangosos	17
Fracturas óseas	15
Mordeduras de serpientes	6
Poliartritis	4
Fotosensibilización	1
Total de muertes registradas	96[1]
Total de animales en la estación	2600
Indice de mortalidad	3.7%

1 Sólo, entre los animales que habían sido marcados en la oreja. No se incluyen algunos terneros que murieron antes de ser marcados.

El Proyecto ETES

La segunda visita hecha a las 17 fincas del Proyecto ETES (ver las Secciones de Manejo Animal y de Economía) sirvió para obtener el primer acopio de información sobre parásitos internos y externos. Se han hecho observaciones que sirven para evaluar las infestaciones causadas por *Dermatobia hominis*, garrapatas, Stephanofilaria, parásitos internos y piojos (Cuadro 68).

Los criterios para hacer las evaluaciones provienen de trabajos anteriores realizados en Carimagua y en algunas fincas de los Llanos. Estos criterios se están comprobando constantemente con el propósito de mejorarlos.

En las pruebas para detectar parásitos internos, se toman muestras del 10 por ciento de los animales adultos y del 20 por ciento de los terneros que pasan por las mangas de los corrales. Los niveles de infestación se clasifican como limpios, bajos, moderados y altos. Entre 139 animales examinados sólo un 4.3 por ciento presentó infecciones altas (más de 5500 huevos por gramo de heces) y 61.1 por ciento estaban limpios; 10 fincas presentaron animales clasificados con bajos niveles de infección (50 a 500 huevos por gramo de heces). Aparentemente, al comienzo de la estación de lluvias, los parásitos internos produjeron bajos niveles de infección en estas fincas y no constituyen un serio problema para el hato. Sin embargo, hay animales que individualmente, se hubieran beneficiado del tratamiento en esa época específica. Los resultados obtenidos de este muestreo preliminar serán evaluados contra datos obtenidos de muestreos posteriores y con perfiles parasitarios que se están elaborando en Carimagua y que se describen a continuación.

Los parásitos externos presentaron bajos niveles de infestación. En 8 de 15 fincas muestreadas, no se encontraron garrapatas y en el resto, sólo un 10 por ciento de los animales presentaron bajos niveles de infestación. Esta observación

Cuadro 68.

Resumen de los datos sobre parásitos internos y externos, identificados en animales de las fincas del Proyecto ETES, en los Llanos Orientales de Colombia, examinados al comienzo de la estación lluviosa.

	Parásitos internos[1]			*Dermatobia hominis*		Stefanofilaria	
Nivel de infección	(No. de animales)	(%)	Interpretación (huevos/g heces)	(No. de animales)	(%)	(No. de animales)	(%)
Libre	85	61.1	0	1.430	96.3	487	38.7
Bajo	38	27.3	1-500	44	2.9	589	46.8
Intermedio	10	7.1	501-5500	4	0.2	103	6.3
Alto	6	4.3	> 5500	7	0.4	80	6.3
Total de animales examinados	139			1485		1259	

1 Incluye nemátodos y protozoarios.

tendrá que ser evaluada posteriormente contra el nivel de hemoparásitos. Para la mosca *D. hominis*, el 96 por ciento de la muestra de 1430 animales estaba limpio y sólo un 0.7 por ciento presentó niveles de infestación, medios o altos, que requieren tratamiento. Stephanofilaria es una microfilaria cutánea la cual produce una dermatitis verminosa. El 48 por ciento de 1259 animales examinados presentaron, por lo menos, un foco de infección en la parte inferior del abdomen y el 6.3 por ciento presentó más de tres focos. La importancia de esta infección, con relación a la productividad, aún no ha sido evaluada y puede valer la pena buscar su relación con otros parásitos externos.

Una de las fincas, en la cual se habían constatado pérdidas continuas de terneros y destetos, se observó a profundidad para estudiar el problema. Se examinaron 50 animales para detectar ecto y endoparásitos, urinálisis, hematología, química de sangre y anticuerpos para enfermedades infecciosas. En general, las observaciones mostraron animales con un bajo nivel nutricional y severas deficiencias de manejo, entre ellas, la sal ofrecida no contenía elementos minerales menores, los ombligos de los terneros no se desinfectaban y los animales muertos no se enterraban.

Había una confusa mezcla de problemas, enfermedades y manejo inadecuado. Seis terneros presentaron altos recuentos de Coccidia, que es un protozoario responsable de una diarrea con sangre. Dos terneros presentaron recuentos altos de ascárides de la familia de Trichostrongylidae y un ternero presentó un recuento alto de Ascaris.

Con relación a los hemoparásitos, *Anaplasma* no es un problema en esta finca, pero *Babesia argentina* es altamente endémica. Veinte animales presentaron fuertes reacciones de anticuerpos; esta puede ser la causa de los casos clínicos de babesiosis. En dos animales, los recuentos de garrapatas hechos al final de la estación seca, fueron altos. Conjuntamente con los bajos niveles nutricionales, estos problemas de parasitosis están contribuyendo a la baja productividad del ganado.

El estado global de salud indicó que 25 de 50 animales examinados estaban en una mala condición clínica. Doce animales (24%) presentaron bajos niveles de hemoglobina y hematocritos, y seis presentaron bajos niveles de proteína total en el plasma sanguíneo; estos fueron animales con anemia e hipoproteinemia. La enzima SGOT fue alta en nueve animales e indica un suministro crítico de alimentos energéticos o bien, una lesión hepática. Dos animales presentaron una enfermedad infecciosa al momento del examen, lo cual se diagnosticó por el alto recuento de neutrófilos en las células sanguíneas. Los parámetros sanguíneos medios en este hato fueron bajos, en comparación con las medias para las vacas del hato experimental en Carimagua que habían sido observadas el año pasado.

En esta finca, el procedimiento descrito para evaluar el estado de la nutrición y de la salud, utilizando como datos estandar los valores medios obtenidos previamente, está trabajando satisfactoriamente en el caso de los parámetros sanguíneos. Se requiere desarrollar mejores estandares para evaluar los problemas parasitarios internos y externos, incluyendo sus reacciones de anticuerpos.

Vigilancia Miscelánea

En 1977, se iniciaron actividades cooperativas con el Laboratorio de Diagnóstico Veterinario del Ministerio de Agricultura, en Paraguay y con el Centro del Cerrado de EMBRAPA, en Brasil. Se

iniciaron trabajos para recolectar alguna información sobre los problemas de salud animal del ganado de carne. En 1978 se recibieron de esos laboratorios, muestras de suero para detectar infecciones asociadas con problemas reproductivos y nutricionales. Como se había decidido anteriormente, las muestras se utilizaron para las siguientes pruebas serológicas: microaglutinación en placas para *Leptospira* spp., hemoaglutinación pasiva para el virus de la rhinotracheitis bovina infecciosa (RBI), anticuerpos de la fijación del complemento para *Anaplasma marginale* y la prueba indirecta de inmunofluorescencia para *B. argentina* y *B. bigemina*.

Paraguay. Se probó un total de 274 muestras de suero procedentes de cuatro áreas diferentes de Paraguay, para encontrar alguna evidencia de infecciones que se presentaran en el ganado de carne con los agentes mencionados anteriormente. El Cuadro 69 presenta los resultados de las pruebas serológicas de las muestras de suero bovino contra diferentes antígenos de referencia. La prevalencia de anticuerpos de la RBI en ganado de carne procedente de aquellas áreas de Paraguay, fue muy baja (2.5%), lo cual podría indicar que la actividad del virus de la RBI también tiene poca importancia en esas regiones. Sin embargo, la enfermedad ha sido encontrada en el ganado de carne de América tropical (Area de Actuación), de tal manera que esta información debe ser considerada para estudios posteriores.

Con la excepción de *Leptospira pomona* (0% de prevalencia) las prevalencias de anticuerpos para las otras leptospiras fueron relativamente altas. *Leptospira hardjo* debe tener alguna importancia puesto que tuvo la mayor prevalencia de anticuerpos (46.9%) entre los agentes de *Leptospiras* y 27 animales mostraron títulos $\geq$ 1:800, lo cual significa que la prevalencia de la enfermedad, en casos crónicos, fue del 9.8 por ciento. También, se detectaron títulos más altos que 1:800 para las otras *Leptospiras* evaluadas.

Cuadro 69.

Prevalencia de anticuerpos para diferentes agentes infecciosos, en ganado de carne de Paraguay y Brasil.

Antígeno	Paraguay[1]		Brasil[2]	
	(P/T)[3]	(%)	(P/T)	(%)
Virus de la RBI[4]	4/274	1.5	6/165	3.6
Leptospira spp.				
L. hebdomadis	86/274	31.4	40/167	23.9
L. hardjo	112/274	40.9	58/166	34.9
L. pomona	0/274	0.0	3/167	1.8
L. wolffi	82/274	29.9	22/167	13.2
L. sejroe	106/274	38.7	64/167	28.3
Anaplasma marginale	4/274	1.5	0/166	0.0
Babesia argentina	12/274	4.8	14/166	8.4
Babesia bigemina	9/274	3.3	9/166	5.4

1 Paraguay: Laboratorio de Diagnóstico del Ministerio de Agricultura.
2 Brasil: Centro del Cerrado (EMBRAPA).
3 P/T: Positivos/Total probados.
4 RBI: Rinotraquitis Bobina Infecciosa.

La prevalencia de anticuerpos para *A. marginale, B. argentina* y *B. bigemina* fue relativamente baja; sin embargo, los resultados indican que las enfermedades causadas por estos agentes están presentes en esas áreas de Paraguay y probablemente, en una forma enzoótica.

Con el tiempo, es necesario desarrollar en Paraguay futuros estudios en ganado de carne con el fin de colectar más información acerca de las implicaciones epidemiológicas de estos y otros agentes infecciosos en esa área.

Brasil. Se probaron sueros de 167 animales del Centro del Cerrado contra los antígenos antes mencionados, a fin de evaluar las prevalencias de anticuerpos. El Cuadro 69 presenta un resumen de los resultados. La prevalencia de anticuerpos del RBI fue del 3.6 por ciento, una cifra muy baja que posiblemente refleja una baja actividad del virus de la RBI en el área específica o en el hato del cual provinieron las muestras. Es posible que sea necesario hacer un estudio más amplio para obtener cifras que tengan un mayor grado de confiabilidad. Considerando las diferentes especies de *Leptospiras* probadas, todas demostraron presentar actividad infecciosa en el ganado de carne del área específica. *Leptospira sejroe* y *L. hardjo* prevalecieron en mayor grado que las otras, en tanto que *L. pomona* presentó una prevalencia muy baja. Doce animales presentaron títulos ≥1:800 para *L. hardjo* pero sólo dos animales presentaron títulos ≥1:800 para *L. sejroe.*

No hubo evidencias de infección por *A. marginale,* pero *B. argentina* y *B. bigemina* presentaron prevalencias de anticuerpos del orden de 8.4 por ciento y 5.4 por ciento, respectivamente, lo cual sugiere que la babesiosis está presente en el área y puede ser enzoótica.

Es necesario hacer más estudios en esta área del Brasil.

Toxicidad Causada por Brachiaria decumbens

Durante el año, se presentaron dos informes sobre casos de fotosensibilización por *Brachiaria decumbens;* uno ocurrió en Carimagua, en donde 2 novillas (18-24 meses de edad) de un grupo de 20, mostraron lesiones marcadas en la piel. Estos animales pastoreaban en praderas de *B. decumbens* y las lesiones comenzaron a desaparecer después de que los animales fueron trasladados de dicha pradera. Una de las novillas murió y las lesiones encontradas al momento de la necropsia incluyeron daños en los tejidos del hígado y necrosis de la piel. Los cultivos hechos con material de la pradera revelaron, en su mayor parte, la existencia de especies saprofíticas, pero también un posible patógeno animal del género *Fusarium,* descrito más adelante.

El segundo informe de toxicidad por *B. decumbens* provino de una finca localizada a 50 km al occidente de Carimagua, en donde se había introducido un rebaño de 123 ovejas en una pradera de *B. decumbens.* En tres semanas, murieron 16 animales los cuales presentaron caras hinchadas, edema, debilidad y anemia. Al retirar los animales de la pradera, no ocurrieron más muertes. Las lesiones observadas en un animal, al cual se le practicó la necropsia, incluyeron necrosis del hígado y edema facial.

En cinco fincas de los Llanos Orientales de Colombia, en las cuales anteriormente se habían constatado casos de fotosensibilidad, se hizo un estudio para determinar las posibles relaciones que existían entre esta condición anómala y la pradera. Todas las fincas tenían praderas de *B. decumbens.* Se colectó material vegetativo

(tallos y hojas) con lesiones (material muerto), el cual se transfirió al laboratorio bajo condiciones de humedad adecuada, en donde se hicieron observaciones directas y cultivos del hongo.

Los principales hongos encontrados fueron *Fusarium, Helminthosporium, Curvularia* y *Nigrospora*. *Fusarium* (detectado en tres fincas) podría ser un agente causal de la toxicidad en el ganado; se tomaron extractos de este hongo y se inyectaron por vía intracutánea en conejos y no se detectaron toxinas. Es interesante anotar que no se detectó *Phytomices chartarum*, un hongo aislado en algunas áreas de Brasil, aunque el muestreo quizás no se hizo con suficiente frecuencia y en forma continuada.

Los datos obtenidos en el Centro Nacional para Ganado de Carne, de EMBRAPA, en Campo Grande, señalaron que, en 1977, se encontraron 252 animales enfermos y 57 muertos en una población de 1950 animales pastoreando *B. decumbens* en siete municipios del Estado de Mato Grosso do Sul.

A pesar de estos y otros informes semejantes, y considerando el gran número de cabezas de ganado que están pastoreando en praderas de *B. decumbens*, aparentemente, la intoxicación producida por este forraje sólo afecta a una proporción muy pequeña de los animales expuestos (1 a 5%). La intoxicación ocurre principalmente en ganado de menos de 14 meses de edad y si los animales afectados se transfieren a otras praderas, después de que comienzan a presentar signos de intoxicación, se recuperarán gradualmente. La cifra de animales que mueren principalmente a causa del daño en tejidos hepáticos, es poco significativa. Los síntomas y las lesiones indican una fotosensibilización pero la causa real aún no es conocida.

Estudios a Nivel Micro

Perfiles de Parásitos Internos

Se iniciaron trabajos para estudiar la evolución natural de los parásitos internos en las sabanas de los Llanos de Colombia. El resultado de esta investigación será la obtención de procedimientos de control preventivo, específicamente adaptados a las condiciones ecológicas que prevalecen en el área. Consecuentemente, los procedimientos de control deben ser menos costosos. Se escogieron dos hatos de 50 vacas preñadas cada uno (6-9 meses de preñez) para hacer el estudio. Los animales se llevaron a una pradera de sabana nativa, con una carga animal de 6.5 a 7 ha/U.A.

Se han quemado secuencialmente áreas proporcionales de sabanas y el manejo es generalmente similar al utilizado por los ganaderos del área. Los animales reciben un suplemento mineral completo. No se aplica tratamiento alguno para controlar los parásitos internos. Los animales están sujetos a un programa estandar de vacunación. En el grupo I, los terneros nacieron entre marzo y julio y se han sometido a una revisión mensual a través de exámenes fecales completos y determinaciones de los parámetros sanguíneos. Las vacas también se están estudiando a través de exámenes fecales. Las muestras fecales se analizan en base a recuentos de huevos (prueba de Sloss) y recuentos de larvas de ascárides (prueba de Baerman).

Los resultados de los primeros 8 meses de muestreo indicaron que los terneros son afectados rápidamente durante los primeros días de vida con parásitos del género *Strongyloides*. Las larvas de este parásito penetran fácilmente a través de la piel. Sin embargo, para esta época, la infestación parece estar bajo control (Cuadro 70 y Figura 101). Este

Cuadro 70.

Recuento promedio de huevos de parásitos internos, en las heces de terneros de Carimagua, en 1978.

Fecha	No. animales examinados	Recuentos de heces (huevos/g) Total	Trichostrongylidae	*Ascaris*	Strongyloides	*Eimeria*	*Monlezia*
Marzo 6	8	373.4	0	42.4	331.0	0	0
Abril 5	18	141.2	35.1	76.1	30.0	0	0
Mayo 9	15	612.7	540.3	12.3	42.6	30.8	0
Junio 6	29	338.4	197.6	0.9	77.6	54.6	0
Julio 5	31	912.2	198.7	78.7	120.8	513.8	0
Agosto 2	36	2 457.4	459.9	74.1	32.3	1 862.3	28.6
Setiembre 1	34	556.7	302.3	24.0	27.0	173.7	29.1
Octubre 2	37	416.2	238.9	0	12.1	149.4	15.7

parásito es el responsable de casi todos los recuentos promedios de huevos, para todo tipo de parásitos, entre abril y junio. El segundo parásito que afecta en esta región los terneros desde una temprana edad es de la familia Trichostrongylidae (varios géneros). Alcanza un nivel máximo en mayo, al comienzo de la estación de lluvias, pero parece estar bajo el control de los terneros hasta el muestreo de octubre.

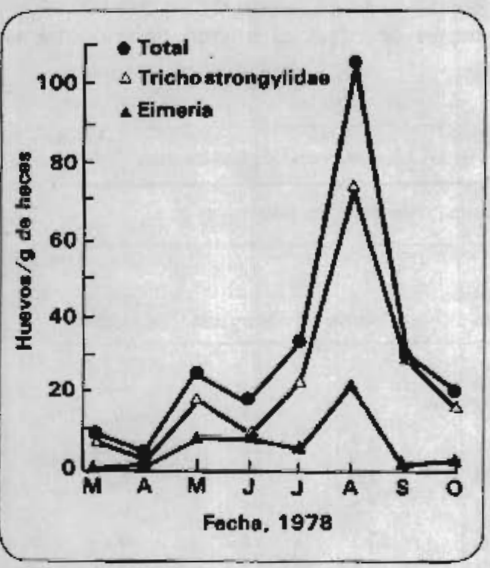


Figura 101. Recuentos promedios de huevos de parásitos internos, en las heces de vacas, en Carimagua.

Los protozoarios *Eimeira* (se han identificado por lo menos cuatro especies hasta el momento), están comenzando a surgir en esta área como los parásitos internos más protogénicos para los terneros. Los terneros están siendo invadidos gradualmente por este protozoario, el cual alcanzó su máximo nivel en agosto, 2 meses despues del clímax de la estación lluviosa. Sin embargo, el nivel de infección ha disminuído considerablemente en los últimos dos muestreos. Las Coccidias son responsables de la mayor parte de los recuentos promedio de huevos para todos los parásitos, entre junio y setiembre (Figura 101). Los niveles de infección alcanzados por *Eimeria* (Coccidias), durante este período, sobrepasan los niveles considerados en otras regiones como productores de animales clínicamente enfermos (más de 500 huevos/g de heces). Sin embargo, ninguno de los terneros afec-

tados había muerto aún debido a esta infección, a pesar de que no habían recibido tratamiento. Por otra parte, las cifras presentadas en el Cuadro 70 son promedio y hay terneros individuales que están comenzando a mostrar una anemia marcada como consecuencia de los altos niveles de infección por Coccidias. Será interesante observar el patrón de esta infección a medida que los terneros se vuelvan más viejos y a medida que se analicen otros parásitos. Los estudios con estos animales continuarán hasta después del destete (hasta los 18 meses de edad). Se está haciendo el análisis y la evaluación de los parámetros sanguíneos en estos animales. También, se está formando un segundo grupo de terneros con animales nacidos al final de la estación de lluvias y los exámenes ya se están adelantando.

En términos generales, los resultados de los exámenes de las vacas revelaron pocos problemas parasitarios durante la mayor parte del período de muestreo. En marzo y abril, cuando se hicieron los primeros exámenes, los recuentos de parásitos fueron muy bajos. Estos aumentaron gradualmente, alcanzando su máximo nivel en agosto (Cuadro 71), al mismo tiempo que los recuentos de huevos totales en los terneros alcanzaron su punto más alto. En efecto, la forma de la curva (Figura 102) es muy similar a la determinada para los terneros, aunque la escala es mucho menor para las vacas. Los parásitos de la familia Trichostrongylidae son los responsables de la mayor parte del recuento promedio total de huevos de parásitos internos para las vacas.

En uno de los muestreos, una vaca de 9 años de edad mostró huevos con características de un Trematodo. Después otra vaca de 11 años de edad mostró también algunos huevos con una conformación idéntica. Con base en estas observaciones, se inició una búsqueda de este parásito en animales sacrificados para obtener carne en la estación experimental de Carimagua. De los 35 animales aparentemente sanos, observados entre mayo y agosto, 14 de ellos (40%) presentaron en el rumen varias formas adultas de un Trematodo clasificado como *Paramphistomum* spp. El parásito también se encontró en el rumen de un novillo de 14 meses de edad, al mismo tiempo que se

Cuadro 71.

Recuento promedio de huevos de parásitos internos, en las heces de vacas de Carimagua.

Fecha	No. de animales examinados	Recuento de las heces (huevos/g)				
		Total	Trichostrongylidae	*Eimeria*	*Moniezia*	*Capillaria*
Marzo 6	5	9.8	8.6	0	0	1.2
Abril 5	47	4.3	3.2	0	1.1	0
Mayo 9	47	25.8	19.7	4.8	0.9	0.25
Junio 6	47	18.6	9.4	8.6	0.3	0.17
Julio 5	48	35.7	22.6	7.7	5.3	0.06
Agosto 2	45	103.2	74.3	23.3	5.2	0.1
Setiembre 1	45	29.9	28.1	0.5	1.3	0.02
Octubre 2	51	20.5	17.1	2.9	0.3	0.07

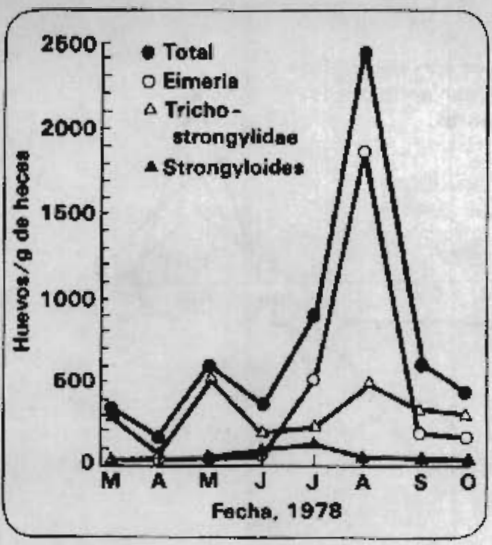


Figura 102. Recuentos promedios de huevos de parásitos internos, en las heces de terneros, en Carimagua.

diagnosticó una infección por *B. bigemina*. Esta es la primera vez que este parásito se describe como parásito del ganado que pastorea en sabanas tropicales de Colombia y probablemente, en sabanas similares de Sur América. Se evaluará la importancia de esta infección con relación a la productividad.

Infección Natural de Leptospira Bajo un Fuerte Estrés Nutricional

El propósito de este estudio era el de tratar de comprender mejor la patogénesis, el diagnóstico epidemiológico y el efecto de infecciones de leptospira en la productividad y a la vez, observar los efectos del tratamiento con antibióticos.

Las observaciones se iniciaron en julio de 1976 y se completaron en julio de 1978, en un hato comercial utilizado para este estudio. El período de observación se inició con 100 vacas y 7 toros y terminó con 83 vacas y 6 toros. El hato pastoreó continuamente en 400 ha de sabana nativa, en una finca localizada a 65 kilómetros al oriente de Puerto López, en la región del Meta, en Colombia.

Se obtuvieron cuatro aislamientos de *L. hardjo* de los cultivos urinarios realizados bajo condiciones de campo. Los anticuerpos de *L. hardjo* presentes en el suero se utilizaron para evaluar la evolución de la infección; la tercera parte de los animales recibió dos inyecciones de estreptomicina (octubre y diciembre de 1976), otro tercio recibió una vez estreptomicina (abril de 1977) y el resto no recibió antibiótico. El año pasado, se informó que la infección había disminuído considerablemente en el hato, entre julio de 1976 hasta julio de 1977. Sin embargo, comparando el número de animales que anteriormente había presentado bajos niveles de infección con las nuevas infecciones crónicas que ocurrieron en los grupos sin tratamiento y con tratamiento (Figura 103), se puede observar un aumento global en estas últimas. Aunque, generalmente, disminuyó en el hato en el primer año, esta disminución parece ser no sólo el reflejo del tratamiento sino también el resultado de una evolución natural de la enfermedad. Las curvas del grupo sin tratamiento y de los dos grupos tratados tienen la misma forma y no difieren marcadamente, excepto para el grupo II, el cual presentó nuevas infecciones crónicas entre julio de 1976 y febrero de 1977. Es posible que haya ocurrido una disminución en las oportunidades de adquirir la infección por los grupos sin tratamiento, como resultado de menores focos de *Leptospira* a causa de su eliminación en los grupos tratados, puesto que todos los animales estaban en la misma pradera.

En relación con los abortos, entre setiembre de 1977 y julio de 1978, ocurrieron 11, así: 3 en el Tratamiento I; 3 en el Tratamiento II, y 5 en el grupo sin

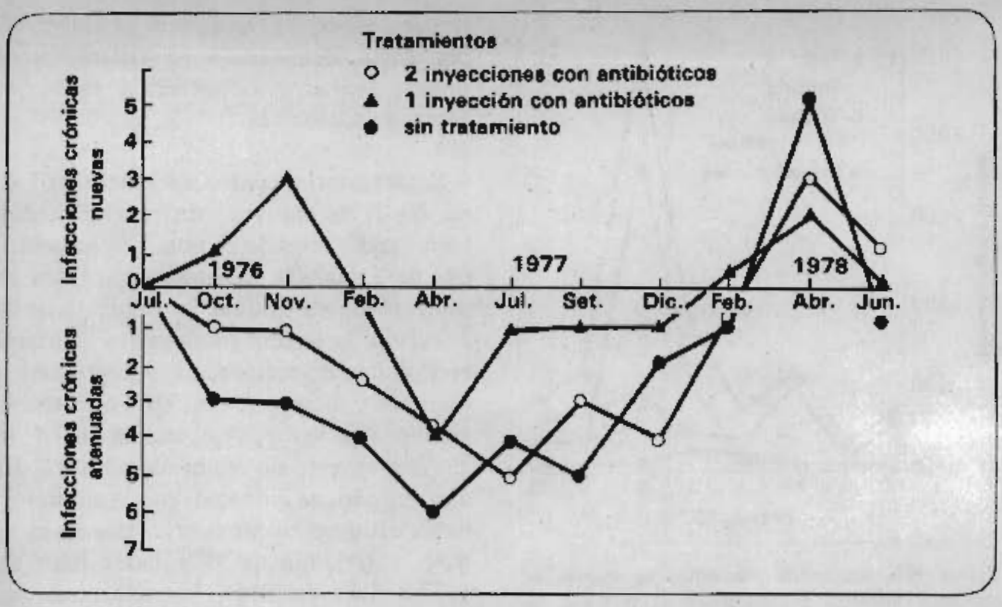


Figura 103. Vacas infectadas naturalmente con *Leptospira hardjo* que presentaron altos niveles de reacción, durante dos años (julio 1976-junio 1978), en una finca comercial en los Llanos Orientales de Colombia.

Tratamiento. También, se presentaron abortos en animales que no mostraron evidencias de infecciones por *Leptospira*. Es posible que algunos factores de manejo hayan contribuído a estas pérdidas. Además, los animales cuyas infecciones —detectadas por serología— presentaron inicialmente altos títulos, y completaron el período de observación de 2 años con reacciones altas muy similares. Por lo tanto, el tratamiento con antibióticos, en la forma como se utilizaron en este ensayo, aparentemente, no elimina la infección en animales infectados crónicamente (los cuales tienen títulos altos). Hay evidencias que indican que, si los tratamientos con antibióticos se hacen con más frecuencia, se reducirá la infección; sin embargo, esta práctica no es económicamente viable a nivel de campo.

A comienzos del período de observación, se pensó que algunos parámetros sanguíneos eran útiles para detectar animales afectados. Sin embargo, las variaciones tienden a ser cíclicas; en el análisis final, no hay diferencias entre animales infectados y ganado sin infecciones detectables (Cuadro 72). En efecto, todos los valores para el hato global y los valores para los animales infectados, están dentro de los valores medios observados en 1977 para las vacas de cría en los Llanos de Colombia. En consecuencia, los animales con infecciones crónicas de *Leptospira*, aparentemente, no sufren cambios sanguíneos similares a los de la desnutrición. La enfermedad es enmascarada por una nutrición deficiente debido a sus efectos, pero, mediante pruebas apropiadas, ambas condiciones se pueden diferenciar con facilidad.

Estudios sobre la Patogenicidad de Leptospira hardjo

Con el fin de determinar la capacidad de *L. hardjo* como patógeno, en 1977 se inició un estudio intensivo para evaluar su infectividad y su patogenicidad, mediante

Cuadro 72.

Valores medios de cinco parámetros sanguíneos del ganado de carne, en los Llanos de Colombia, en un hato natural infectado con *Leptospira hardjo*.

Animales	Parámetros				
	Hematocrito (%)	Hemoglobina (g %)	Proteína total (g %)	Creatinina (mg %)	Fósforo (mg/100 ml)
Hato total	38.6	13.2	7.3	2.3	4.7
Vacas infectadas[1]	41.2	14.0	8.1	2.5	4.0

1 Infecciones crónicas con títulos serológicos <1:800.

la inoculación experimental en vacas preñadas cuidadosamente seleccionadas. Una cepa de *L. hardjo*, aislada de vacas naturalmente infectadas procedentes de los Llanos de Colombia, se adaptó a las condiciones de laboratorio y se utilizó en estos experimentos. Se inocularon por vía intravenosa 10 animales con niveles de 6 x 10^8 de células de *L. hardjo*. Otras dos vacas preñadas se utilizaron como testigos no inoculados. Periódicamente, se tomaron muestras de orina de todos los animales para aislar *Leptospira* y se inocularon en hamsters y en tubos con medios artificiales de cultivo. También se tomaron muestras de suero, durante el período experimental, para determinar los niveles de anticuerpos que los animales habían desarrollado después de ser expuestos a la infección por *L. hardjo*. Para cada vaca, se hicieron observaciones clínicas y patológicas. Las muestras de suero se utilizaron para determinar el volumen de hematocritos (PCV), hemoglobina, proteína total, albúmina, urea, nitrógeno ureico (BUN) y creatinina.

Se detectó *L. hardjo* en 9 de las 10 vacas inoculadas. Las leptospiras se detectaron principalmente en los cultivos de orina, pero también mediante el examen directo de la orina bajo condiciones de iluminación con campo oscuro. La liberación de leptospiras en la orina se detectó entre los 4 días y 10 meses después de la inoculación. Seis de las vacas liberaron leptospiras en la orina, durante menos de 5 meses después de la inoculación. Dos vacas dejaron de liberar leptospiras durante varios días y nuevamente, desaparecieron. Una vaca liberó bacterias en la orina, entre los 23 días y los 10 meses después de la inoculación; las leptospiras sólo se dejaron de detectar durante un período corto de tiempo (a los 7 meses después de iniciado el experimento). Los resultados indican que las vacas se reinfectan con *L. hardjo* dentro de un corto período de tiempo y pueden ser infectadas crónicamente o bien, que en el ganado se puede establecer una infección latente.

Todas las vacas inoculadas reaccionaron contra el antígeno de *L. hardjo* y desarrollaron una respuesta serológica, con niveles variables, durante la posinoculación. La Figura 104 muestra los niveles promedios de anticuerpos (logaritmo recíproco), durante el período de 302 días después de la inoculación para el grupo de animales inoculados. La

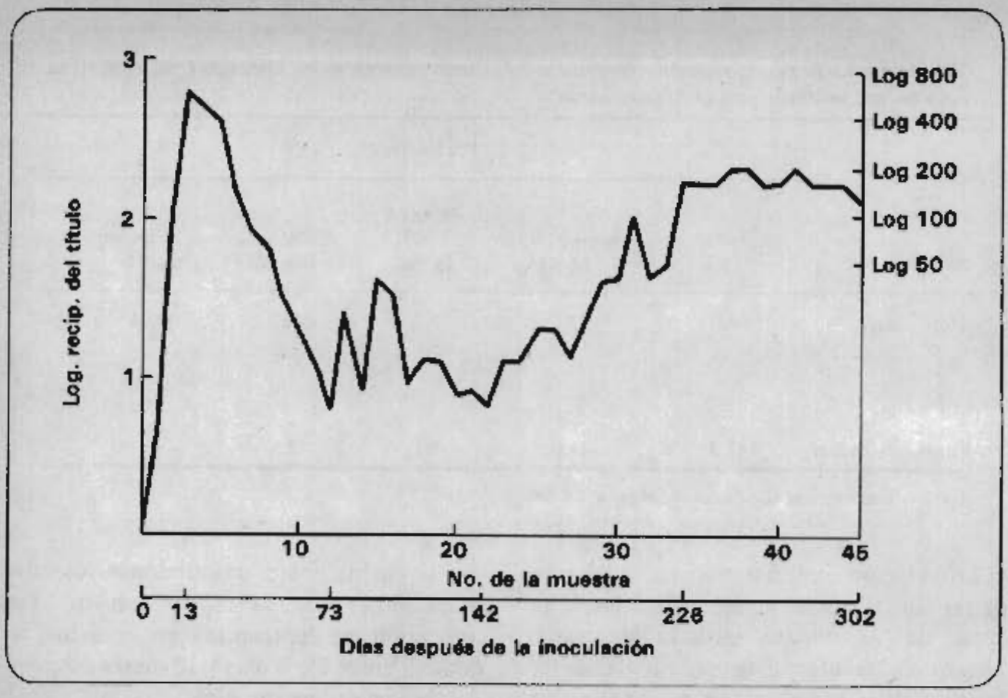


Figura 104. Título serológico promedio para 10 vacas preñadas, inoculadas con *Leptospira hardjo*, en Carimagua.

respuesta de los anticuerpos se detectó desde la toma de la primera muestra (4 días) después de la inoculación. El nivel de anticuerpos alcanzó un punto máximo a los 13 días (el título promedio fue 1:700); luego, disminuyó hasta alcanzar el nivel más bajo a los 73 días. Después de ese tiempo, los títulos promedio de anticuerpos oscilaron dentro de un rango estrecho, variando entre 1:40 a 1:115 durante 2 meses. La respuesta de los anticuerpos, después de 142 días, aumentó lentamente hasta niveles intermedios de anticuerpos (1:200) los cuales continuaron a este nivel hasta el final del experimento. El segundo aumento de la curva indica que hubo una reinfección de los animales, lo cual se explica por las vacas que liberaron leptospiras (en la orina), según lo descrito anteriormente. Una infección latente establecida en estos animales podría también mostrar una respuesta serológica similar. Si los animales permanecen infectados, como se observó en el último período del experimento, podría ser posible el establecimiento de una forma crónica de la enfermedad causada por *L. hardjo*.

El Cuadro 73 muestra las alteraciones observadas en las vacas inoculadas con *L. hardjo*. Las lesiones más importantes, desde el punto de vista de la productividad, incluyen la retención de la placenta y la metritis, las cuales se presentaron en la mitad de las vacas expuestas. Sin embargo, su efecto en los terneros recién nacidos también es muy importante. Ocho terneros nacieron débiles y tres presentaron edema e ictericia en las superficies internas.

Se establecieron valores medios de algunos parámetros sanguíneos para los animales testigo y experimentales. Los valores medios de hemoglobina, hematocrito (PCV), proteína total, albúmina y úrea para los animales experimentales y testigo, estuvieron dentro

Cuadro 73.

Alteraciones clínico-patológicas observadas en vacas preñadas, después de su inoculación con *Leptospira hardjo*.

	Lesiones significativas			Histopatología		
Vaca No.	Retención de placenta	Metritis	Riñones	Nefritis	Perimetritis, Parametritis	Condición del ternero
1 (Testigo)	-	-	-	-	-	Normal
3 (Testigo)	-	-	+	+	-	Normal
24	+	+	+	+	+	Débil
10	+	+	+	+	-	Débil
20	-	-	-	+	-	Débil
6	+	+	+	+	-	Débil
33	-	-	+	+	-	Débil
64	-	-	-	+	-	Débil
5	-	-	+	+	-	Normal
36	-	-	+	+	-	Débil
42	+	+	+	+	-	Débil
71	+	+	+	+	-	No determinado

de los rangos determinados el año pasado para las vacas de cría Cebú en la estación experimental en Carimagua, con un nivel nutricional adecuado. Los valores medios para el BUN y la creatinina fueron de 4.6 mg/100 y 2.3 mg/100, respectivamente. Estos resultados indican que el nivel nutricional tiene poca influencia en el nivel de infección por *Leptospira*. Sin embargo, podrían ser aditivos como se explicó anteriormente.

Se determinaron las concentraciones de inmunoglobulina G (IgG) e inmunoglobulina M (IgM) en sueros provenientes del grupo de vacas experimentales inoculadas con *L. hardjo*. Para las determinaciones de la inmunoglobulina en las muestras de suero se utilizó una columna cromatográfica con DEAE-Celulosa para la extracción de las inmunoglobulinas, el método descrito por Lowry *et al*, para la cuantificación de la proteína y el método de la electroforesia para la identificación de las proteínas. Las concentraciones de IgG y IgM entre los animales inoculados tendieron a ser mayores que las concentraciones de inmunoglobulinas en el grupo testigo. Existe alguna relación entre el nivel de anticuerpos para *L. hardjo* detectado por la prueba de aglutinación al microscopio y las concentraciones de IgG e IgM en el suero.

Actualmente, se está probando una vacuna experimental para evaluar su efecto en el control de algunos signos clínicos de la enfermedad.

ECONOMIA

En 1978, la Sección de Economía adelantó actividades en: 1) la evaluación de los componentes de la tecnología mejorada de producción de ganado de carne; 2) la estimación, por simulación, de la rentabilidad esperada de las praderas a base de

leguminosas, en fincas de cría, en los Llanos de Colombia; y 3) la estimación de distribución esperada de los beneficios de una mayor producción de ganado de carne entre los consumidores de diferentes niveles de ingresos en las áreas urbanas de América Latina.

Costos del Establecimiento de Pastos

Los costos de los diferentes métodos de establecimiento de pastos, en la región de Carimagua, se estimaron utilizando los precios de 1978. Los métodos considerados fueron: 1) arada más dos rastrilladas; 2) tres rastrilladas; 3) dos rastrilladas; 4) palas francas[1] utilizadas una vez; 5) siembra a baja densidad y palas francas; y 6) siembras a baja densidad y dos rastrilladas.

Los Métodos 1 a 3 son convencionales. Para la descripción de los Métodos 4 a 6 ver la Sección de Establecimiento de Pastos de los Informes Anuales del CIAT de 1976, 1977 y 1978.

Para cada método, se utilizaron los siguientes criterios para estimar los costos:

- Un tractor de 75-78 HP sin otro uso alternativo en la finca excepto para el mantenimiento y establecimiento de pastos.
- Los costos directos de mano de obra se cargaron según el *tiempo* trabajado en cada método, más el tiempo requerido para la preparación y el transporte del equipo.
- La depreciación del equipo se cargó según el *uso*.
- La depreciación de las instalaciones y herramientas según el *tiempo*.
- El interés (10%) sobre el equipo se cargó según el *tiempo*.
- El mantenimiento del equipo según el *uso*.
- Las reparaciones del equipo según el *uso*.
- Los coeficientes del tiempo/ha y el consumo de combustible/hora para cada actividad fueron estimativos directos obtenidos en las estaciones de CIAT-Quilichao y Carimagua.

Los costos presentados en este informe corresponden a los Métodos 1, 3, 4 y 6. El costo del Método 2 está entre los costos de los Métodos 1 y 3 y el costo del Método 5 es sólo ligeramente inferior al del Método 6.

El costo del establecimiento de pastos se divide en: el costo de la preparación del terreno, el costo de los fertilizantes y el costo de la semilla. Debido a la influencia de los costos fijos, el costo de la preparación del terreno/ha varía según el área trabajada por año. En la Figura 105 se describen estos costos para cada uno de los métodos.

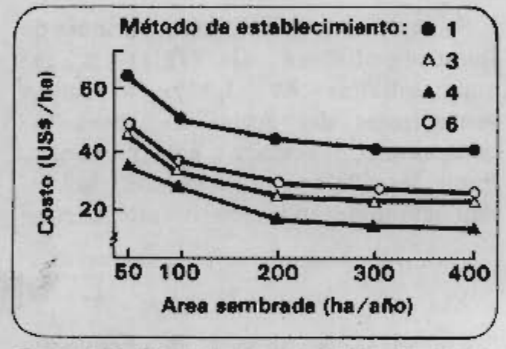


Figura 105. Costos de la preparación del terreno, utilizando métodos alternativos de establecimiento de pastos, en función del área sembrada por año.

1 En inglés "stubble mulch sweeps". Un glosario de términos agrícolas de la AID traduce "stubble mulch" como cubierta protectora de rastrojo. *N. del Ed.*

Como cada sistema presenta un período de establecimiento diferente, con el fin de poderlos comparar, todos los costos pormenorizados en cada sistema están capitalizados hasta el momento en que la pradera se encuentra en su capacidad de carga total. En el Cuadro 74 se presentan los costos capitalizados del establecimiento de 100 ha/año y dos costos alternativos para los fertilizantes y la semilla. Como se puede observar, para los niveles de fertilizante actualmente recomendados para mezclas de leguminosas/gramíneas (niveles intermedios: 50 kg de P_2O_5 + 25 kg de K_2O + 20 kg de S + 20 kg de Mg/ha), el costo de los fertilizantes representa del 42 al 60 por ciento del costo total, dependiendo del método de establecimiento.

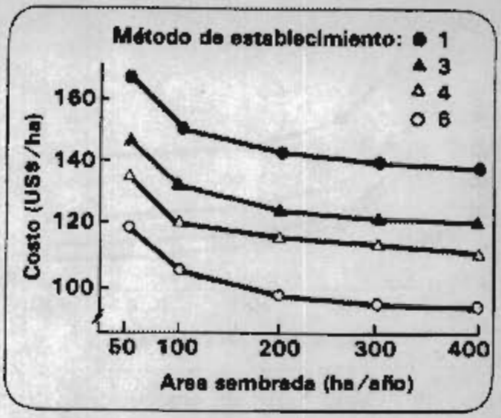


Figura 106. Costos totales del establecimiento de praderas, utilizando métodos alternativos de establecimiento, asumiendo costos intermedios de fertilizantes (US$64/ha) y de semillas (US$34/ha).

En las Figuras 106 y 107 se describe el costo total capitalizado de cada método para costos medios y bajos de fertilizantes y semilla, respectivamente. Estas cifras muestran claramente que el costo del establecimiento varía en gran medida según los métodos considerados. En segundo lugar, para cada método de establecimiento, existen economías de escala. Sin embargo, los métodos alter-

Cuadro 74.

Costos[1] del establecimiento de pastos, utilizando métodos alternativos, para 100 ha/año.

Método	Costos de establecimiento (US$/ha)			
	Preparación del terreno	Fertilizantes	Semilla	Total capitalizado
1- Intermedio	48	64	34	153
Bajo	48	45	17	116
3- Intermedio	30	64	34	133
Bajo	30	45	17	96
4- Intermedio	20	64	34	122
Bajo	20	45	17	86
6- Intermedio	32	64	3	106
Bajo	32	45	2	84

1 Precios de 1978.

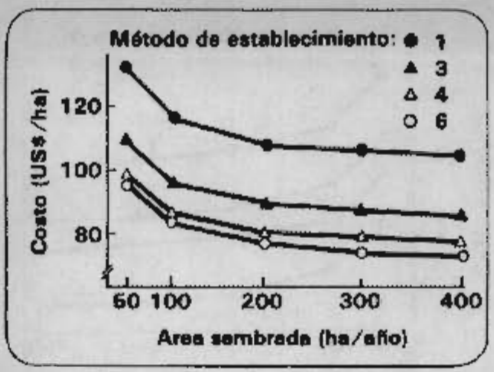


Figura 107. Costos totales del establecimiento de praderas, utilizando métodos alternativos de establecimiento, asumiendo costos bajos de fertilizantes (US$45/ha) y de semillas (US$16/ha).

nativos pueden compensar este sesgo, resultando en una tecnología global aplicable a cualquier escala de producción. Los menores costos de la semilla en el sistema de baja densidad (Método 6) tiene este efecto.

Como en su estado actual de desarrollo este método parece más factible para la siembra de áreas pequeñas, éste compensa parcialmente las economías de escala presentes en los otros sistemas. Esto es especialmente cierto cuando los costos de la semilla son altos. Se debe tener en cuenta que la utilización de equipo más pequeño y menos costoso también reduciría los costos unitarios, aunque no necesariamente en forma proporcional; es decir, el costo de un tractor de 35 HP es mayor que la mitad del costo de un tractor de 70 HP. Consecuentemente, el desarrollo de métodos de establecimiento apropiado para fincas pequeñas es un objetivo razonable. De esta manera, se desarrollan alternativas que compensan las economías de escala existentes dentro de un método.

Parámetros Seleccionados de los Sistemas de Hatos

En el Cuadro 75 se presentan parámetros seleccionados de varios sistemas de hatos para los Llanos, para fines de comparación. Estos parámetros corresponden al Experimento de Sistemas de Hatos (ESH) descritos en el Informe Anual del CIAT de 1977, al Sistema de Manejo de Hatos de Cría (SMHC), al proyecto ETES y al Hato Experimental de Carimagua en la Sección de Manejo Animal de este informe y a los sistemas que se estimularon en 1977. En los Sistemas 1 a 6, las vacas pastorean sabana nativa y en los Sistemas 3 y 4 algunos animales también pastorean ocasionalmente gramíneas introducidas.

El Sistema 1, resulta con el tiempo, en una disminución del hato. El Sistema 2, simulado en 1977, se consideró más representativo de los sistemas de producción existentes en los Llanos. Los resultados obtenidos en 1978, en el proyecto ETES (promedios de 16 fincas estudiadas en el área), dieron tasas de nacimientos y de mortalidad de adultos similares a las del Sistema 2, pero con una mayor mortalidad de terneros. Los resultados obtenidos este año en el SMHC (Sistema 8) con el pastoreo estratégico de *Brachiaria decumbens* y *Stylosanthes guianensis* (10% del área total) son similares a los del Sistema 9, un hato de cría simulado pastoreando estratégicamente una pradera a base de leguminosas.

El Cuadro 76 presenta los pesos corporales de las vacas y terneros de todos los sistemas. Los bajos pesos corporales de las vacas en lactancia de los Sistemas 1 a 3 explican las bajas tasas de nacimiento observadas. El peso corporal promedio para 375 vacas en lactancia en el proyecto ETES es de 293 kg. Muchos de los animales en esta muestra presentan una baja probabilidad de reconcepción durante

Cuadro 75.

Parámetros seleccionados de los sistemas de hatos reales y simulados, en los Llanos de Colombia.

Sistema	Período de observación (años)	Tasa de nacimientos (%)	Tasas de mortalidad (%)	
			Terneros	Adultos
Sólo sabana				
1. ESH[1] (Hatos 2-3)	4	46	26	5
2. Simulado[2] (nativo)	-	50	8	5
3. ETES[3] (fincas)	1	49	13-14	4-5[4]
4. Hato experimental	2	58	6	2
5. ESH (Hatos 4-5)	4	65	12	5
6. SMHC[5] (Hatos 1-3-5)	1	63	10	1.5
Pastos introducidos				
7. ESH (Hatos 6-7) *Melinis minutiflora* + sabana	4	64	10	5
8. SMHC (Hatos 2-4-6) 10% de *Brachiaria decumbens* + *Stylosanthes guianensis* + sabana	1	79	10	1.5
9. Pradera simulada[2], con base en leguminosas.	-	77	7	3

1 Experimento de Sistemas de Hatos.
2 En 1977.
3 ETES: Evaluación Técnico-Económica de Sistemas de Producción de Ganado de Carne.
4 Estimativos preliminares.
5 SMHC: Sistemas de Manejo de Hatos de Cría.

la lactancia puesto que su peso es considerablemente inferior al del promedio de la muestra.

El Cuadro 77 presenta las frecuencias de los nacimientos en función de los pesos de las vacas al momento de la monta para intérvalos de 2 meses en el ESH. Las cifras de frecuencia ajustadas se pueden interpretar como el porcentaje de probabilidad que una vaca no habilitada, dentro de un intérvalo de peso dado, pueda parir si se expone a un toro durante un período de 2 meses. En este sentido, las probabilidades aumentan de manera relativamente marcada hasta alcanzar pesos de 280-299 kg. La disminución de las probabilidades, en pesos mayores de 360-379 kg, se deben al hecho de que no se hizo descarte de animales, con base en su comportamiento reproductivo, en el ESH. Las vacas infértiles pero fuera de ello, sanas, no sufrieron el estrés de la lactancia y por lo tanto, tendieron a ubicarse en los intérvalos de peso más altos.

Estas probabilidades ayudan a explicar las tasas de nacimiento observadas en los diferentes sistemas y dan apoyo a la práctica del pastoreo estratégico de pastos mejorados para aumentar los pesos corporales de vacas individuales, a niveles mayores del peso crítico de 300 kg, el cual es considerado como mínimo para que haya concepción. Para las novillas, el peso crítico de concepción es de aproximadamente 270 kg.

Cuadro 76.

Peso corporal de vacas y terneros, en sistemas seleccionados, en los Llanos de Colombia.

Sistema[1]	Vacas (kg)		Terneros (kg) Edad en meses	
	Secas	En lactancia	9	18
Sólo sabana				
1. ESH (Hatos 2-3)	302	272	117	150
2. Simulado (nativo)	302	272	117	150
3. ETES (finca)	318	293	136	184
4. Hato experimental	n.a.	n.a.	143	n.a.
5. ESH (Hatos 4-5)	334	305	147	175
6. SMHC (Hatos 1-3-5)	377	320	168	n.a.
Pastos introducidos				
7. ESH (Hatos 6-7) *Melinis minutiflora* + sabana	325	297	132	165
8. SMHC (Hatos 2-4-6) 10% de *Brachiaria decumbens* + *Stylosanthes guianensis* + sabana	395	363	186	n.a.
9. Pradera simulada, con base en leguminosas	370	330	170	210

1 Para la explicación de los sistemas, ver pies de cuadro del Cuadro 75.
Fuente: Informes Anuales del CIAT, 1977 y 1978.

Simulación de Uso Estratégico de Praderas a Base de Leguminosas

Aunque aún no se ha demostrado que exista para los Llanos una pradera a base de leguminosas que persista bajo las condiciones que ahí existen, sí existen suficientes fundamentos que permiten anticipar un "paquete tecnológico" de dicha naturaleza. Por ejemplo, sería rentable, a nivel de finca, una pradera a base de leguminosas? Durante cuántos años debe persistir esa pradera para que sea rentable? Cómo afectan los costos del establecimiento y del mantenimiento dicha rentabilidad?

Obviamente, la respuesta exacta a estas preguntas dependerá de las circunstancias específicas de cada finca, del acceso de los ganaderos a los recursos necesarios para desarrollar su finca, del costo de oportunidad del capital, del manejo de las praderas y de los hatos y de la actitud de los ganaderos hacia el riesgo. Sin embargo, se puede dar una respuesta tentativa en términos de la rentabilidad esperada al cambiar del "Sistema típico nativo" al "Sistema objetivo". Para alcanzar este propósito, ambos sistemas se simularon para un período de 22 años, comenzando con el mismo hato inicial de 190 vacas y con una hacienda comercial de 2500 ha. Una vez que el hato se haya establecido, el sistema objetivo da una producción por hectárea de casi un 300 por ciento más que el sistema nativo.

Los parámetros del sistema nativo son los que se presentan en el Sistema 2,

Cuadro 77.

Frecuencia de los nacimientos, en función del peso de las vacas al momento de la monta, a intervalos de pesaje de 2 meses, en el Experimento de Sistemas de Hatos.

Intervalo de peso (kg)	No. de		Frecuencia ajustada (%)	Frecuencia relativa (%)
	Observaciones	Nacimientos		
< 220	300	1	0.1	0.1
220-239	137	9	6.6	2.8
240-259	229	34	14.8	6.3
260-279	414	105	25.4	10.7
280-299	402	125	31.1	13.1
300-319	358	105	29.3	12.4
320-339	282	97	34.4	14.5
340-359	124	37	29.8	12.6
360-379	106	31	29.2	12.4
380-399	59	9	15.3	6.4
400-419	32	1	3.1	1.3
420-440	23	4	17.4	7.3
Totales	2466	558	236.8	100.0

descrito en los Cuadros 75 y 76. Los parámetros del sistema objetivo son esencialmente los del Sistema 8 que aparece en los mismos cuadros, excepto por pesos corporales ligeramente inferiores de los animales destetos y de las vacas de descarte. Dichos parámetros corresponden a un sistema en el cual una pradera a base de leguminosas (equivalente al 10% del área de la finca) es pastoreada estratégicamente por vacas en lactancia y novillas de reemplazo. Aunque esos parámetros están basados en resultados experimentales de sólo 1 año, se consideran factibles como objetivo, a nivel de finca. Adicionalmente, se asumieron los siguientes parámetros para este sistema: 1) las novillas alcanzan un peso adecuado para el apareamiento (270 kg) a los 2.5 años de edad; 2) las cargas animales de 1.0 y 2.0 U.A./ha son factibles para las praderas mejoradas en la estación seca y estación de lluvias, respectivamente; 3) un consumo de mezclas minerales de 21 kg/U.A./año; 4) una proporción de toros/vacas de 1 a 20; 5) un descarte severo durante los primeros 2 años; 6) una tasa anual de descarte de vacas y toros del 20 por ciento para los años restantes; 7) la finca no puede comprar novillas o vacas de reemplazo; y 8) precios al nivel del año 1976.

Con el fin de hacer un análisis de sensibilidad, se consideraron tres niveles de costos de establecimiento y mantenimiento de pastos (Cuadros 78 y 79). Los niveles "medios" corresponden a los costos actuales y a las recomendaciones actuales (tentativas) de fertilizantes.

El Cuadro 80 presenta los resultados del análisis de sensibilidad, expresados en términos de las tasas de retorno al capital

Cuadro 78.

Estimativos de los costos[1] del establecimiento, utilizados en la simulación de utilización estratégica de praderas con base en leguminosas.

Niveles	Fertilizantes (kg/ha)				Costos (US$/ha)			
	P_2O_5	K_2O	S	Mg	Fertilizantes	Labranza	Semillas	Total
Alto	100	25	20	20	94	42	34	170
Intermedio	50	25	20	20	64	42	34	140
Bajo	30	15	10	10	41	42	17	100

1 Precios de 1976.

incremental y al manejo de praderas alternativas con diferentes requerimientos de fertilizantes, pero dando la misma producción animal/ha. Estas tasas de retorno se deben comparar con las obtenidas con el sistema nativo (Sistema 2) para el cual se estimó una tasa de retorno del 8.1 por ciento por año (Informe Anual del CIAT de 1977, página A-113).

Estos resultados son alentadores. El pastoreo estratégico de una pradera a base de leguminosas, la cual tenga la aptitud de persistencia de, por lo menos 6 años, con costos medios de establecimiento y mantenimiento, parece ser una alternativa económica atractiva para las operaciones de cría. Como se había anticipado en el Informe Anual de 1977, la persistencia de una pradera, durante más de 6 años, presenta menor importancia económica cuando se pastorea estratégicamente, en comparación con el pastoreo contínuo por un gran número de animales.

Las Figuras 108 a 111 ilustran los flujos de dinero en situaciones seleccionadas. Como se puede observar, la disminución de los costos de establecimiento y especialmente, del costo de mantenimiento, afectaría sustancialmente la rentabilidad. El flujo de dinero en la finca se mejora y debido a probables dificultades para los ganaderos en la obtención de mezclas apropiadas de fertilizantes, la adopción se vuelve más factible.

Cuadro 79.

Estimativos de los costos[1] de mantenimiento, utilizados en la simulación de utilización estratégica de praderas con base en leguminosas.

Niveles	Fertilizantes (kg/ha)				Costo total[2] (US$/ha)
	P_2O_5	K_2O	S	Mg	
Alto	40	20	10	10	50/año
Intermedio	20	10	5	5	28/año
Bajo (cada 2 años)	20	10	5	5	14/año

1 Precios de 1976.
2 Incluyendo los costos de la aplicación.

Cuadro 80.

Retornos con respecto al aumento de capital y al manejo de praderas mejoradas, con idéntico comportamiento animal e igual carga, pero con diferentes requerimientos de niveles de fertilidad y persistencia variable.

Costo (US$/ha)		Persistencia de la pradera (años)			
		6	8	10	12
Establecimiento	Mantenimiento	Retorno (%)			
170	50/año	10.1	11.1	11.8	12.6
	28/año	15.3	16.0	17.2	17.8
	14/año	17.9	19.1	20.5	21.3
140	50/año	12.7	13.0	13.5	14.2
	28/año	17.3[1]	18.1	19.0	19.5
	14/año	20.5	21.8	22.9	23.7
100	50/año	15.1	15.3	15.9	16.1
	28/año	20.9	21.7	22.1	22.2
	14/año	25.0	26.0	26.8	27.2

1 Disminuye a 10.9 si la pradera sólo persiste durante 3 años.

Es necesario tener precaución en la interpretación de estos resultados simulados ya que en ellos se han omitido los riesgos de producción y mercadeo y consecuentemente, los retornos esperados pueden haber sido sobreestimados. También la nueva tecnología debe ser validada a nivel de finca. Por lo tanto, es razonable concluír que, para las operaciones de cría, es apropiada la estrategia actual que caracteriza al Programa, de seleccionar especies para los Llanos que tengan bajos requerimientos de insumos. Para otras regiones con menores problemas de fer-

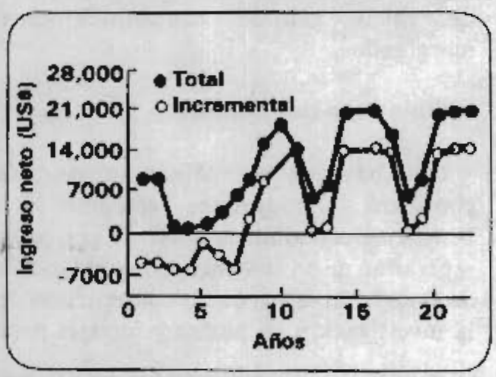


Figura 108. Ingreso neto anual total e incremental, para altos costos de establecimiento y de mantenimiento, para una pradera con persistencia de 6 años.

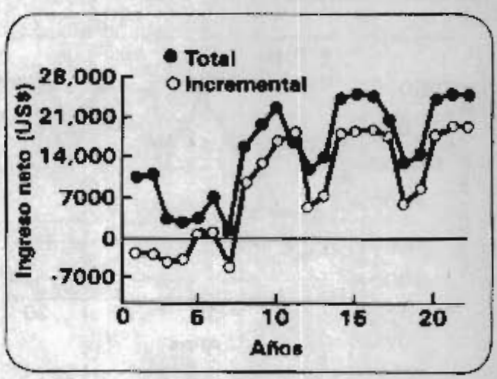


Figura 109. Ingreso neto anual total e incremental, para costos intermedios de establecimiento y de mantenimiento, para una pradera con persistencia de 6 años.

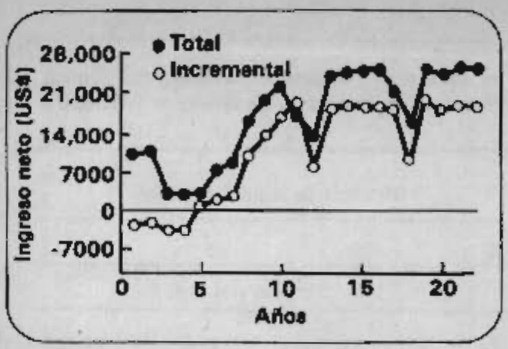


Figura 110. Ingreso neto anual total e incremental, para costos medios de establecimiento y de mantenimiento, para una pradera con persistencia de 12 años.

tilidad, la selección de especies con bajos requerimientos de fertilidad, es menos crítica, siempre y cuando: 1) las relaciones de precios de los insumos a nivel de finca/producción, sean iguales o más favorables en los Llanos; y 2) que no existan problemas serios en el suministro de insumos.

Distribución de los Beneficios de una Mayor Producción de Ganado de Carne entre los Consumidores

Una característica que es común a la mayoría de los países de América Latina,

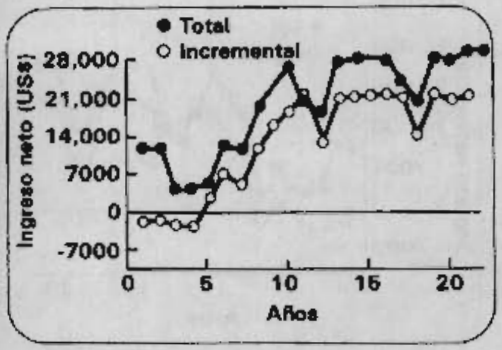


Figura 111. Ingreso neto anual total e incremental, para costos bajos de establecimiento y de mantenimiento, para una pradera con persistencia de 12 años.

durante los últimos 15 años, es la de que la demanda por carne (a precios reales constantes), ha ido aumentando a una tasa más rápida que la producción. Como se muestra en el Cuadro 81, la demanda por carne en América Latina tropical, durante 1960-1975, creció a una tasa promedio anual de 5.6 por ciento. Excepto para América Central, los aumentos en la producción, durante el mismo período, en el trópico quedaron significativamente atrás, con un promedio de 3.6 por ciento por año. Las tendencias futuras, con base en las tasas de crecimiento de la población, ingreso real y producción de carne per cápita, proyectan un aumento "potencial" muy significativo en el consumo de carne durante la siguiente década y media.[1] Se espera que América Central y las regiones templadas continúen siendo exportadores netos, pero lo más posible es que para 1990 México y el resto del trópico de América Latina se conviertan en importadores netos. Esta brecha proyectada entre la oferta y la demanda de carne en el trópico implicaría una tendencia creciente en el precio real de la carne. Debido a la importancia de este producto en el presupuesto de las familias de bajos ingresos, en los países latinoamericanos, los aumentos en los precios ejercerían un efecto considerable en la distribución del ingreso y en el consumo total de proteína de estos grupos económicamente marginados.

Objetivos del Estudio

Con base en el análisis anterior, se consideró importante estudiar los beneficios económicos potenciales que se esperarían de un aumento en la producción de ganado de carne, como consecuencia de la investigación en pastos y forrajes para

1 Ver: Valdés, A. y G. Nores. "Growth Potential of the Beef Sector in the Economic Context of Latin America". *En:* Proceedings of the IV World Conference on Animal Production. Buenos Aires, Argentina. Agosto, 1978. (En prensa).

Cuadro 81.

Crecimiento de la demanda, a precios reales constantes, y nivel de producción de carne, en América Latina (1960-1975).

Región y País	Tasa de crecimiento de Demanda[1] (%)	Tasa de crecimiento de Producción[2] (%)
América Latina Tropical	5.6[3]	3.6
México	5.3	5.2
Venezuela	6.9	5.1
Ecuador	7.5	4.2
Brasil	6.9	3.9
República Dominicana	5.8	3.7
Colombia	5.2	2.0
Perú	4.7	1.4
Bolivia	4.0	0.0
Surinam	6.2	0.0
Paraguay	3.1	-1.1
América Central	5.2[3]	5.8
Honduras	4.6	8.3
Costa Rica	5.2	7.1
Nicaragua	5.2	6.7
Panamá	5.9	5.3
Guatemala	5.6	4.6
El Salvador	4.8	1.8
El Caribe	3.7	1.0
Guyana	4.1	2.6
Haití	3.3	1.2
Jamaica	4.4	0.4
América Latina Templada	2.0[3]	0.3
Agentina	1.7	0.5
Chile	3.0	0.2
Uruguay	1.3	-1.2
América Latina	5.1[3]	2.2

1 $\dot{d} = \dot{P} + \dot{Y}\,\epsilon_y + \dot{P}\,\dot{Y}\,\epsilon_y$

donde:

$\dot{d}$ = tasa de crecimiento de la demanda
$\dot{P}$ = tasa de crecimiento de la población
$\dot{Y}$ = tasa de crecimiento del ingreso real *per cápita*
ϵ_y = elasticidad ingreso de la demanda

2 Sólo por sacrificio

3 Promedio ponderado con base en la población.

los suelos ácidos infértiles de América Latina tropical, su distribución entre los productores y consumidores, y entre consumidores de diferentes estratos en cuanto a ingresos. En 1978 se inició el estudio que trata sobre la distribución de los beneficios entre los consumidores urbanos. En un estudio previamente realizado en el CIAT se había tratado esta distribución de los ingresos para el caso de Cali, Colombia; el Cuadro 82 presenta un resumen de los resultados obtenidos en lo relacionado con la carne.

Surge el interrogante de si, como se observó en ese estudio, se puede esperar que la proporción del ingreso gastado en carne permanezca constante en los grupos de ingreso y que la elasticidad del ingreso disminuya en función del ingreso. También, el hecho de que el tamaño promedio de las familias variara sin un patrón consistente entre los estratos de ingresos pudo haber sido efecto del criterio de agrupamiento que se siguió, o bien al diseño de la toma de muestras, o fue simplemente una característica particular de la población de Cali. Por lo tanto, fue necesario verificar si los resultados del consumo de carne previamente obtenidos para Cali eran igualmente válidos para otras áreas urbanas de América Latina tropical, y de no ser así, cuáles implicaciones tendría esta validez en los resultados y conclusiones que se habían obtenido anteriormente.

Resultados Preliminares

Los datos utilizados provienen de encuestas hechas con consumidores sobre sus gastos, las cuales se realizaron en varios centros urbanos de América Latina, entre finales de 1966 y finales de 1969, por Estudios Conjuntos de Integración Económica Latinoamericana (ECIEL) y coordinadas por Brookings Institution. Los datos incluyen a un gran número de familias entrevistadas en las siguientes ciudades y países: Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, en Colombia; Río de Janeiro, Recife y Porto Alegre, en Brasil; Caracas y Maracaibo, en Venezuela; Quito y Guayaquil, en Ecuador; Lima, en Perú;

Cuadro 82.

Asignación de presupuestos y elasticidad de demanda para la carne, por estratos de ingreso, en Cali, Colombia.

Estrato de ingreso	Ingreso per capita (US$/ mes)	Tamaño de la familia (personas)	Ingreso gastado en carne (%)	Elasticidad del ingreso (%)	Elasticidad del precio (%)
I	5	5.9	10.5	1.52	1.46
II	9	6.3	10.1	1.35	1.31
III	13	6.8	12.1	0.99	0.99
IV	26	6.3	9.5	0.67	0.69
V	59	6.7	10.3	0.47	0.50

Sources: P. Pinstrup-Andersen, "Decision-making on Food and Agricultural Research Policy: The Distribution of Benefits from New Agricultural Technology Among Consumer Income Strata", *Agricultural Adm.* (4), 1977.

P. Pinstrup-Andersen y Elizabeth Caicedo, "The Potential Impact of Changes in Income Distribution on Food Demand and Human Nutrition", *A.J.A.E.*, Agosto 1978.

Asunción, en Paraguay; y Santiago, en Chile. Adicionalmente, se obtuvo información de una encuesta similar sobre presupuesto familiar hecha en 1971-72 en São Paulo, Brasil, por la Fundaçao do Instituto de Pesquisas Economicas (FIPE) de la Universidad de São Paulo y que incluyó 2380 familias. Todas estas encuestas contienen información sobre ingresos y gastos familiares, más varias características sociodemográficas de los hogares.

Se obtuvieron resultados preliminares para las cuatro ciudades colombianas y para São Paulo. El Cuadro 83 presenta una selección de características descriptivas de la muestra de familias incluídas en cada una de las encuestas. Las familias se clasifican en distritos de ingresos, cada uno de los cuales contiene el 25 por ciento de hogares en la muestra. El Cuadro 84 presenta los principales estimativos preliminares obtenidos de los datos de las encuestas. Estos consisten en una serie de estadísticas descriptivas, conjuntamente con estimativos econométricos que se obtuvieron ajustando curvas de Engel o funciones de gastos. Las cifras presentadas para la elasticidad del ingreso se estimaron ajustando regresiones logarítmicas dobles entre el gasto en carne per cápita y el gasto total per cápita. En todos los casos, los estimativos de elasticidad fueron significativos a un nivel de $P = 0.05$.

Como se puede observar, los gastos en carne para las ciudades de Colombia comprenden aproximadamente el 20 por ciento del presupuesto destinado para alimentos y del 12 por ciento en São Paulo, con cifras ligeramente mayores para los estratos de menores ingresos que para los de mayores ingresos. La proporción del ingreso total familiar destinado al consumo de carne es también alto, lo cual indica la importancia de este producto para los consumidores en todos los grupos de ingresos. Esto es particularmente cierto para el estrato de bajos ingresos, el cual gasta en comprar carne no menos del 7 por ciento (Sao Paulo) y hasta el 18 por ciento (Barranquilla) de su ingreso total. Con relación a las elasticidades del ingreso de la demanda para la carne se puede observar que, en general, estas cifras son altas, especialmente en el caso de los distritos de bajos ingresos, los cuales reflejan una alta preferencia por el consumo de carne. La elasticidad disminuye hacia los estratos socioeconómicos más altos, como es de esperarse para un alimento.

Los resultados para Cali se pueden comparar con los estimativos anteriores presentados en el Cuadro 81. Anteriormente, las familias se clasificaron según su ingreso total y se hizo énfasis en separar a los consumidores de bajos ingresos, de tal manera que los estratos I, II y III presentan diferencias relativamente pequeñas en el ingreso total per cápita. Por el contrario, los resultados nuevos se obtuvieron clasificando a las familias en grupos de ingresos según el gasto promedio per cápita de cada familia, lo cual resultó en marcadas diferencias entre los estratos y un patrón claro en el tamaño de la familia, el cual disminuye a medida que aumenta el ingreso. Con relación al consumo de carne por estrato de ingreso, los nuevos resultados muestran una mayor proporción del presupuesto para la adquisición de carne en Cali, Medellín y Barranquilla, en comparación con el estimativo anterior del 10 al 12 por ciento. Todavía más importante es el hecho de que la proporción del presupuesto total destinado a la compra de carne disminuye claramente a medida que aumenta el ingreso y por lo tanto, es consistente con una elasticidad del ingreso decreciente de la demanda.

Conclusiones Preliminares

Aunque existen diferencias entre los dos

Cuadro 83.

Características descriptivas seleccionadas para una muestra de familias, en una encuesta sobre distribución de beneficios entre los consumidores urbanos, como consecuencia de un aumento en la producción de carne.

Distrito de país, ciudad e ingreso[1]	Rango de gastos per capita	Promedio per capita: Gasto total	Promedio per capita: Ingreso monetario total	Promedio per capita: Gasto en alimentos	Tamaño promedio de la familia	No. de personas en las familias entrevistadas
	(US$/mes)				(personas)	
Colombia[2]						
Bogotá:						
I	3.9 - 16.6	12.0	11.0	6.3	7.5	1427
II	16.7 - 27.9	22.0	21.4	10.9	5.8	1103
III	28.0 - 62.0	40.8	39.8	16.1	4.7	894
IV	62.3 - 514.0	137.1	143.2	37.0	4.0	761
Barranquilla:						
I	4.2 - 17.8	12.6	10.1	7.9	7.4	1262
II	17.9 - 28.0	22.0	19.0	13.3	5.7	972
III	28.3 - 56.5	40.5	42.0	19.0	4.9	835
IV	56.7 - 399.5	105.5	113.1	32.5	4.0	682
Cali:						
I	3.3 - 15.6	10.5	9.7	6.5	6.9	1019
II	16.0 - 29.6	22.2	20.6	12.5	5.5	813
III	29.7 - 61.2	41.9	38.8	19.0	4.4	650
IV	61.4 - 541.7	129.6	136.5	37.0	3.5	517
Medellín:						
I	2.0 - 13.0	8.9	9.1	5.1	8.1	1492
II	13.1 - 26.2	18.5	18.4	6.6	5.9	1087
III	26.3 - 56.7	38.8	41.0	16.8	4.4	811
IV	56.8 - 721.2	124.7	151.2	31.9	3.9	718
Brasil[3]						
Sao Paulo:						
I	5.1 - 28.0	21.2	25.4	11.1	5.5	3273
II	28.1 - 44.8	37.6	45.2	17.1	4.4	2618
III	44.9 - 75.6	60.9	76.1	23.3	4.1	2440
IV	75.8 - 642.0	147.2	179.5	39.5	3.7	2202

1 Las familias están clasificadas en cuartillos de ingreso, según el gasto promedio *per cápita;* cada cuartillo representa el 25% de las familias.

2 A los precios de 1967; 1 dólar = Col.$15.82. Fuente: CIAT, estimativos tomados de la Encuesta Presupuestaria Familiar (CEDE-Brookings Institution, 1966-1967).

3 A precios de 1971: 1 dólar=Cr.$5.72. Fuente: CIAT, estimativos tomados de la Encuesta Presupuestaria Familiar (FIPE-Universidad de Sao Paulo, 1971-1972).

Cuadro 84.

Asignación del ingreso familiar y gastos en el consumo de carne y elasticidad ingreso de demanda, para la carne, por ciudad y estrato de ingreso.

Distrito de país, ciudad e ingreso[1]		Gasto en alimentos/ total (%)	Gastos en carne como porcentaje de:			Elasticidad del ingreso (%)
			Gasto en alimentos	Gasto total	Ingreso total	
Colombia[2]						
Bogotá:	I	54.1	18.6	10.0	10.6	1.09
	II	49.9	18.4	9.2	9.4	0.83
	III	40.2	18.5	7.5	7.5	0.52
	IV	28.0	14.3	4.0	3.7	0.20
	Total	36.3	16.5	6.0	5.8	-
Barranquilla:	I	64.0	23.1	14.8	18.0	1.01
	II	60.6	24.8	15.2	17.3	0.62
	III	47.3	23.3	11.0	10.6	0.58
	IV	33.7	21.2	7.1	6.1	0.52
	Total	45.7	22.7	10.4	9.9	-
Cali:	I	64.6	24.2	15.6	16.4	1.28
	II	56.5	24.3	13.7	14.7	0.77
	III	45.2	23.3	10.5	11.4	0.42
	IV	31.2	18.6	5.8	5.5	0.41
	Total	42.4	21.6	9.1	9.0	-
Medellín:	I	57.9	23.1	13.3	12.9	0.79
	II	50.8	23.0	11.7	11.3	0.88
	III	43.9	23.1	10.2	9.5	0.64
	IV	27.8	15.8	4.4	3.3	0.38
	Total	37.6	19.8	7.4	6.3	-
Brasil[3]						
Sao Paulo:	I	52.5	9.5	9.0	6.7	0.86
	II	45.5	12.5	8.8	7.0	1.18
	III	38.3	12.8	6.5	4.8	0.47
	IV	26.8	13.4	4.6	3.6	0.43
	Total	40.8	12.0	6.0	4.6	-

1 Las familias están clasificadas en cuartillos de ingreso, según el gasto promedio *per capita;* cada cuartillo representa el 25% de las familias.
2 CIAT: estimativos tomados de la Encuesta Presupuestaria Familiar (CEDE-Brookings Institution, 1966-1967).
3 CIAT: estimativos tomados de la Encuesta Presupuestaria Familiar (FIPE-Universidad de Sao Paulo, 1971-1972).

estudios realizados por el CIAT acerca de la distribución de los beneficios resultantes de una mayor producción de carne entre los consumidores divididos por estratos de ingresos, las siguientes conclusiones basadas en estimativos anteriores para Cali aún son válidas; con base en estos estimativos preliminares, tales conclusiones parecen ser aplicables a otras áreas urbanas en la región:

1. Si la oferta de cualquiera de los 17 productos alimenticios (considerados en el estudio anterior realizado por el CIAT) aumenta en un 10 por ciento, el beneficio absoluto más grande que obtienen los consumidores se deriva de la carne. Sin embargo, es necesario señalar que esta conclusión no contempla los costos involucrados en el aumento de la oferta.

2. Un aumento del 10 por ciento en la oferta de carne proporciona un impacto neto más grande en el consumo de proteína entre los grupos con deficiencias de proteína, en comparación con un aumento similar en la oferta de cualquier otro alimento. Esta conclusión tiene ahora una mayor base de sustentación.

3. Se espera que los beneficios que reciben los consumidores por un aumento en la oferta de carne se distribuyan menos regresivamente que la distribución actual de los ingresos. Esta conclusión está también reforzada por el estudio que se está llevando a cabo en la actualidad.

ADIESTRAMIENTO Y PRUEBAS REGIONALES

En 1978, las actividades de la Sección de Adiestramiento y Pruebas Regionales se concentraron en el desarrollo y fortalecimiento de una red de científicos y técnicos que trabajan en la producción y utilización de forrajes en los suelos ácidos de baja fertilidad del trópico. Esta red validará, adoptará y ayudará en la transferencia de la tecnología desarrollada por el CIAT y por las instituciones nacionales de investigación. A su vez, se establecieron contactos con las instituciones nacionales de investigación y desarrollo para todas las actividades colaborativas del Programa, especialmente aquellas relacionadas con las pruebas regionales.

Adiestramiento

Durante 1978, un total de 39 profesionales recibió adiestramiento en las diversas disciplinas que integran el Programa. El fortalecimiento de la capacidad investigativa, para la validación de tecnología a nivel regional, se está logrando mediante la selección de técnicos de instituciones nacionales que trabajan en los países latinoamericanos incluídos en el Area de Actuación del Programa de Ganado de Carne.

Entre estos profesionales, ocho asociados de investigación visitantes están participando en proyectos de investigación en varias disciplinas del Programa en colaboración con universidades de Canadá, Francia, México, Estados Unidos y Alemania Occidental. Estos trabajos se llevan a cabo en cumplimiento de algunos de los requisitos para obtener el MS, PhD, o grados equivalentes. De esta manera, el Programa de Ganado de Carne está contribuyendo a la preparación de líderes de investigación quienes fortalecerán los lazos colaborativos existentes con las instituciones nacionales y con las universidades, en los países que tienen una tecnología más avanzada.

Durante el segundo semestre de 1978, se llevó a cabo el Primer Curso de In-

vestigación para el Manejo de Pastos Tropicales. En este curso participaron 20 técnicos procedentes de 8 países del Area de Actuación, representando instituciones de investigación y desarrollo, como lo muestra el Cuadro 85. Los principales objetivos de este curso fueron: 1) ofrecer adiestramiento específico en relación con la identificación, interpretación y validación de nuevas tecnologías de producción de forrajes, y 2) el desarrollo de estrategias para la introducción de prácticas adecuadas de manejo para pastos mejorados, a fin de prestar asistencia a los ganaderos. Los participantes del curso dedicaron el 25 por ciento de su tiempo a la fase teórica, en CIAT-Palmira, y el 60 por ciento en el adiestramiento práctico en CIAT-Quilichao y fincas seleccionadas en áreas circundantes. El resto del tiempo, incluyendo la evaluación del curso, se dedicó a viajes de estudio de la costa norte y los Llanos de Colombia, especialmente, a la estación experimental del ICA, en Carimagua.

Pruebas Regionales

El Cuadro 86 muestra las localidades y las características edáficas y climatológicas de los sitios en donde en 1978 se establecieron o bien se proyectó el establecimiento de pruebas regionales para la adaptación de especies forrajeras seleccionadas por el CIAT. Las 25 localidades distribuidas por el Area de Actuación, con diversos niveles de fertilidad y de humedad del suelo, ofrecen al Programa una excelente oportunidad para verificar el potencial de producción de especies de leguminosas y gramíneas forrajeras promisorias, en comparación con especies testigo consideradas como las más productivas en cada localidad (Cuadros 87 y 88). Las evaluaciones se harán por períodos de, por lo menos, 2 años bajo condiciones de corte y pastoreo que son comunes para cada localidad, con el fin de seleccionar las especies más productivas, las cuales se evaluarán midiendo su potencial de producción animal en asociación con gramíneas y leguminosas. Los resultados preliminares indican que la gramínea promisoria *Andropogon gayanus* 621 está presentando un buen comportamiento en todas las localidades en donde se está evaluando.

Cuadro 85.

Distribución de los participantes del Primer Curso en Investigación sobre Manejo de Pastos Tropicales, por países e instituciones de Investigación y de Desarrollo Agropecuario.

País	Institución nacional dedicada a:		Total
	Investigación	Desarrollo	
Bolivia	1	0	1
Brasil	3	4	7
Colombia	1	3	4
Cuba	1	0	1
Nicaragua	1	1	2
Panama	0	1	1
Perú	2	1	3
Venezuela	1	0	1
Total	10	10	20

Cuadro 86.

Localidades, colaboradores y características de las zonas en las cuales se han establecido pruebas regionales para evaluar la adaptación de germoplasma forrajero.

Localidad	Institución	Colaborador principal	Fecha de siembra	Precip. anual (mm)	Clima (mm)	Suelo	Características del suelo[2]		
							pH	P disp. (ppm)	Satur. de Al (%)
Bolivia									
San Ignacio	CIAT	G. Sauma	Ene. 18	1142	II	Ultisol	5.5	5	19
Ecuador									
Santo Domingo	INIAP	R. Santillán	Feb. 15	3230	III	Alfisol	5.7	5	0
Perú									
Pucallpa	IVITA	V. Morales	Feb. 28	1708	III	Ultisol	(4.2)	2	61
Yurimaguas	CRIA-III	D.E. Bandy	May. 9	2002	IV	Ultisol	4.0	2	85
Tarapoto	CRIA-III	H. Schiere	May. 9	1150	(III)	Ultisol	4.5	4	88
Venezuela									
Jusepín	Univ. Oriente	C. Alcalá	Junio 1	1052	I	Ultisol	5.8	(7)	(20)
El Tigre	CIARNO	O. Parra	Junio 8	1234	II	Oxisol	5.1	(3)	(70)
Atapirire	IUTET	O. Parra	Junio 9	1023	II	Oxisol	5.1	(6)	(25)
Calabozo	CIARLLACEN	D. Escobar	Junio 12	1326	II	Inceptisol	(6.0)	(8)	(0)
Uracoa	FUSAGRI	N. Tafur	Junio 13	1325	II	Ultisol	-	-	-
Guachi	Univ. Zulia	I. Urdaneta	Junio 15	2740	I	Ultisol	4.0	3	52

1 Con base en la evapotranspiración potencial durante la estación lluviosa: I < 910; II = 910-1060; III = 1060-1300; IV > 1300.
2 Los números entre paréntesis corresponden a datos estimados. Los datos para el P se obtuvieron con diferentes extractos.

(continúa)

Cuadro 86. (continuación)

Localidad	Institución	Colaborador principal	Fecha de siembra	Precip. anual (mm)	Clima[1]	Suelo	Características del suelo[2] pH	P disp. (ppm)	Satur. de Al (%)
Colombia									
Santander de Quilichao	CIAT	-	Mar. 20	1845	-	Ultisol	3.8	4	70
La Libertad	ICA	R. Pérez	Jul. 13	2639	IV	Oxisol	4.7	11	78
El Nus (Medellin)	ICA	S. Monsalve	Set. 21	2200	-	Oxisol	4.9	4	15
Nicaragua									
Nueva Guinea	INTA	D. Padgett	Jul. 26	2894	IV	Ultisol	-	-	-
Brasil[3]									
Sête Lagoas	EPAMIG	N. Costa	Diciembre	1209	III	Oxisol	(4.8)	(2)	(75)
Goiania	EMGOPA	M. Sobrinho	"	1487	II	Oxisol	(5.0)	(5)	(70)
Belém	CPATU	A. Serrão	"	2762	IV	Oxisol	(4.8)	(2)	(75)
Paragominas	CPATU	A. Serrão	"	1068	III	Oxisol	6.4	6	2
Marabá	CPATU	A. Serrão	"	1988	III	Oxisol	5.4	5	14
S. do Araguia	CPATU	A. Serrão	"	1727	III	Ultisol	5.2	5	0
Marajó	CPATU	A. Serrão	"	(2000)	III	Ultisol	5.1	5	83
Macapa	CPATU	A. Serrão	"	1309	II	Oxisol	5.1	5	75
Itacoatiara	CPATU	A. Canto	"	2101	III	Oxisol	4.6	5	27
Boa Vista	CPATU	A. Canto	"	1941	II	Oxisol	(5.3)	(5)	(20)
Porto Velho	CPATU	A. Serrão	"	2232	III	Ultisol	(5.1)	(3)	(75)
Guiomar Santos	CPATU	A. Serrão	"	(2200)	III	Ultisol	6.5	3	0

1 Con base en la evapotranspiración potencial durante la estación lluviosa: I <910; II = 910-1060; III =1060-1300; IV > 1300.
2 Los números entre paréntesis corresponden a datos estimados. Los datos para el P se obtuvieron con diferentes extractos.
3 Proyectadas.

Cuadro 87.

Accesiones de gramíneas bajo evaluación, en las pruebas regionales, por adaptación de especies forrajeras seleccionadas por el CIAT.

Especie	CIAT No.	No. de localidades
Andropogon gayanus	621	25
Brachiaria decumbens	606	25
Panicum maximum (Común)	604	25
Hyparrhenia rufa	Testigo	12
Melinis minutiflora	Testigo	1
Paspalum plicatulum	Testigo	1
Digitaria decumbens	Testigo	1
Digitaria unfolozi	Testigo	1
Cenchrus ciliaris	Testigo	1

Conferencias

El Programa de Ganado de Carne copatrocinó dos importantes conferencias celebradas en abril de 1978, con una asistencia total de 257 científicos y otros profesionales.

La primera conferencia fue una Reunión de Discusión sobre la Colección, Preservación, Distribución y Caracterización de Recursos Forrajeros, organizada en colaboración con la Universidad de Florida (EEUU) y patrocinada por la Agencia para el Desarrollo Internacional (EEUU). A esta reunión de discusión asistieron 68 personas representando 40 instituciones en 20 países.

Su principal objetivo fue producir un manual que luego sirva de guía para el

Cuadro 88.

Especies y ecotipos de leguminosas forrajeras y cepas de *Rhizobium* recomendadas, bajo evaluación en las pruebas regionales de adaptación de especies forrajeras seleccionadas por el CIAT.

Especie	CIAT No.	Cepa de *Rhizobium* (CIAT No.)	No. de localidades
Stylosanthes guianensis	184	71	4
Stylosanthes guianensis	136	71	25
Stylosanthes capitata	1019	71	25
Stylosanthes capitata	1405	71	25
Stylosanthes capitata	1078	71	17
Stylosanthes capitata	1097	71	17
Stylosanthes hamata	147	71	25
Desmodium heterophyllum	349	80	6
Desmodium ovalifolium	350	46	25
Macroptilium sp.	535	313	25
Centrosema sp.	438	590	25
Zornia latifolia	728	103	15
Pueraria phaseoloides	Testigo	79	25
Centrosema pubescens	Testigo	590	7
Macroptilium atropurpureum	Testigo	79	5
Macroptyloma axilare	Testigo	79	1
Zornia sp. (nativa)	Testigo	103	1
Stylosanthes guianensis cv. Schofield	Testigo	71	2

establecimiento de un sistema unificado de colección, clasificación, preservación, distribución y evaluación de especies forrajeras nativas del trópico. En 1979, el manual se publicará en español, portugués e inglés.

La segunda conferencia, un Seminario sobre la Producción y Utilización de Forrajes en los Suelos Acidos e Infértiles del Trópico, tuvo la participación de 189 personas, de 69 instituciones de 23 países.

El objetivo central de este seminario fue revisar el estado actual del conocimiento sobre la producción, el manejo y la utilización de forrajes bajo las condiciones de los suelos ácidos e infértiles (Oxisoles y Ultisoles) del trópico de América Latina y áreas similares. Se presentaron 30 ponencias en 7 grupos de trabajo, incluyendo una sesión en la cual se intercambiaron experiencias sobre transferencia de tecnología a los productores de ganado de carne. Las memorias del seminario se están produciendo en español, portugués e inglés, para su distribución en el primer semestre de 1979. Ambas conferencias incluyeron reuniones para la discusión de los mecanismos de colaboración existentes entre las instituciones nacionales, regionales e internacionales y el Programa de Ganado de Carne del CIAT, con el fin de estimular el desarrollo y la transferencia de tecnología sobre producción de pastos a los productores de ganado de carne en el Area de Actuación del Programa. Los participantes también visitaron las estaciones experimentales situadas en Santander de Quilichao y en Carimagua.

PUBLICACIONES

Aycardi, E. 1978. La Leptospirosis una enfermedad poco conocida en los bovinos de carne. Veterinario Práctico. Marzo 1978 3:1

Aycardi, E., V. Sanclemente y J.M. Cortes. 1978. Prevalencia de anticuerpos para el virus de rinotraqueitis infecciosa en ganado de carne en Colombia y aislamiento del virus de casos clínicos. Veterinaria y Zootécnica. 30(85-86): 14-19.

Buol, S.W. y P.A. Sánchez. 1978. Rainy tropical climates: physical potential, present and improved farming systems. Trans. XI. Congr. Int. Soc. Soil Sci. (Edmonton, Canada) 2:292-312.

Corrier, D.E., J.M. Cortés, E.R. Aycardi, E.A. Wells, M. Bohorquez y J.J. Salazar. 1978. A survey of cattle health problems in the eastern plains of Colombia. British Veterinary Journal 134: 101-107.

Couto, W. 1978. Algumas alternativas para o desenvolvemento das pastagens no Cerrado. *En:* Gartner, A. (ed):Ecología das Pastagens Nativas. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, EMBRAPA, Campo Grande, MS.

Date, R.A. y J. Halliday. 1979. Selecting *Rhizobium* for acid infertile soils of the tropics. Nature 277:5691 pp. 62-64.

Halliday, J., F. Gutiérrez y G. Sánchez, 1977. *Rhizobium* strain selection for tropical forages adapted to acid, infertile soils. Proceedings VI American *Rhizobium* Conference. University of Florida, Gainesville.

Halliday, J. 1978. Comparative physiology of nitrogen-fixing symbioses. *En:* Proceedings 2nd Latin American Botanical congress. Brasilia, Brazil (en inglés y español) (en prensa).

Halliday, J. 1978. Maximizing N fixation in tropical forages. *En:* Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. pp. 344-345. Ed. J. Dobereiner, R.H. Burris, A. Hollaender. Plenum, New York.

Halliday, J. y **P.H. Graham.** 1978. Coal compared to peat as a carrier for *Rhizobium*. Turrialba (en prensa).

Howeler, R.H. y **J.M. Spain.** 1978. Fertilización potásica en algunos suelos de clima cálido. Suelos Ecuatoriales. 9(2): 59-67.

Jones, C.A. 1979. The potential of *Andropogon gayanus* Kunth for the Oxisol and Ultisol savannas of tropical America. Herb. Abs. 49: 1-8.

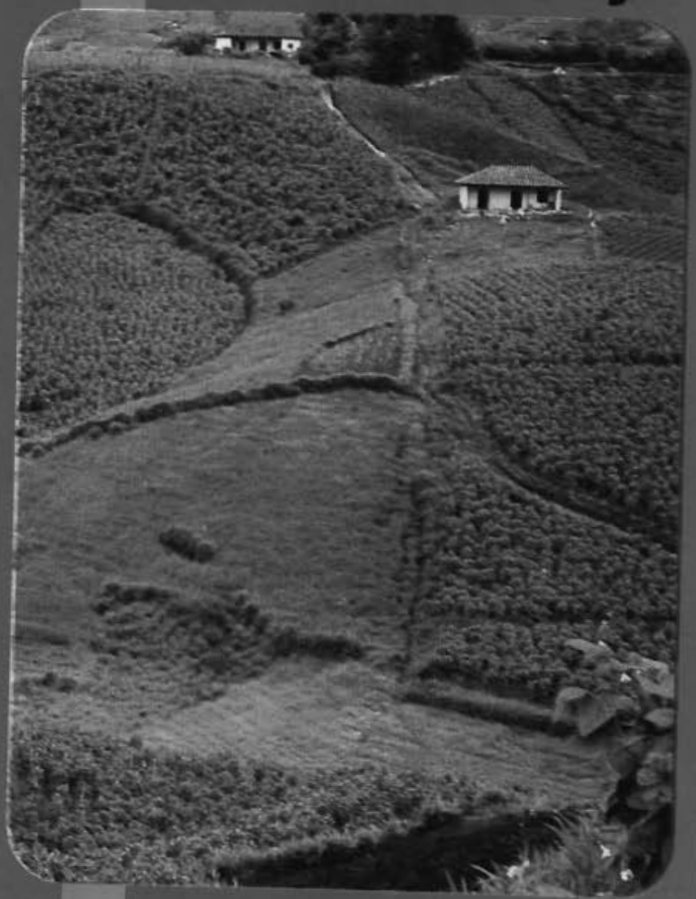
León, L.A., A. Riaño, E. Owen, M. Rodríguez y **L.F. Sánchez.** 1978. Investigaciones realizadas en Colombia sobre el uso de diversas fuentes de fósforo como fertilizante. ICA-ABOCOL, Bogotá.

Paladines, O. 1978. Sistemas de producción ganadera en el trópico de América. *En:* Proc. IV Congreso Mundial de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. Agosto 1978 (en prensa).

Sánchez, P.A. 1977. Manejo de solos da Amazonia para producao agropecuaria intensiva. Bol. Ing. Soc. Bras. Ciencia Solo 2(3): 60-63.

CIAT

Programa de Fríjol



1978

11143

Programa de Fríjol

En informes anteriores que han descrito las actividades de este Programa, se ha documentado ampliamente qué se pretende con la búsqueda de germoplasma sobresaliente y con el fortalecimiento gradual de las actividades de hibridación de fríjol en el CIAT. El año 1978 fue de avances significativos para el Programa, con la transferencia de grandes cantidades de material híbrido hacia pruebas diversas, en generaciones avanzadas. En el Vivero del Equipo de Fríjol (VEF) se seleccionó un total de 1464 materiales, entre los cuales 937 fueron selecciones del programa de mejoramiento genético y en el Ensayo Preliminar de Rendimiento (EP), se evaluaron 700 materiales, incluyendo 200 selecciones mejoradas. La selección de estas líneas por factores como el rendimiento, la tolerancia o resistencia a la roya, a la antracnosis, al añublo bacterial común, al virus del mosaico común (BCMV) y a *Empoasca*, como también a la sensibilidad del fotoperíodo, demandó una excelente coordinación y cooperación, y demostró nuevamente que el enfoque multidisciplinario, adoptado por el equipo de fríjol es una valiosa estrategia de trabajo. Los resultados de los EP fueron particularmente espectaculares, demostrando el logro de mayores ganancias en rendimiento entre los materiales de color y una proporción muy alta de líneas en proceso de mejoramiento que son resistentes al BCMV. Muchas líneas mostraron tener resistencia múltiple a enfermedades con logros, en esta área, generalmente mucho mayores que los que se habían anticipado.

El Programa continuó haciendo énfasis en las pruebas de rendimiento y de resistencia a enfermedades, a nivel internacional. En 1978, se distribuyeron 150 Viveros Internacionales de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN) (88 de color, 62 negros) a 34 países. Hasta el momento en estos ensayos se han incluído 95 variedades diferentes, con la característica especial de que el IBYAN de 1978 mostró un aumento marcado en el número de materiales seleccionados por el CIAT. También, se distribuyeron viveros para la roya, el virus del mosaico dorado del fríjol (BGMV) y el añublo bacterial común.

Otros avances logrados en 1978 incluyeron: 1) la iniciación de un programa de mejoramiento para cultivares trepadores aptos para su cultivo en asociación con maíz; 2) la determinación de las condiciones de temperatura que posiblemente limitarían la fijación de nitrógeno por los nódulos radicales en la planta de fríjol; 3) la identificación de cultivares de fríjol tolerantes al bajo

contenido de P en el suelo; 4) la identificación de microregiones en la producción de fríjol en América Latina y la iniciación de un estudio agroclimatológico; 5) la comprobación de que, en los ensayos a nivel de finca, las prácticas agronómicas de bajo costo pueden aumentar los rendimientos a este nivel en un 50 por ciento y que las mismas fueron rentables en las principales zonas de producción de fríjol en Colombia, y 6) la intensificación del trabajo de mejoramien to genético por resistencia a la antracnosis a la mancha angular y a otras condicione comunes a los climas más frescos.

Como en años anteriores, se hizo mucho énfasis en el adiestramiento de posgrado y en el proceso de documentación. Se realizaron dos cursos de fríjol, con la participación de 59 científicos de 14 países.

ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE FRIJOL EN 1978

El objetivo principal del Programa de Frijol es aumentar los rendimientos de *Phaseolus vulgaris* en América Latina. Dada la ventaja comparativa que tienen los centros internacionales en el proceso de evaluación y de manipulación de germoplasma, y comprobada la necesidad de contar con científicos adiestrados que den apoyo a la investigación en programas nacionales de fríjol, se espera lograr este objetivo a través de cuatro estrategias:

1) La producción de germoplasma mejorado que presente altos rendimientos y resistencia a los principales patógenos y plagas de la región. Los esfuerzos iniciales se han concentrado en la roya del fríjol (*Uromyces phaseoli*), antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), virus del mosaico común del fríjol (BCMV), añublo bacterial común (*Xanthomonas phaseoli*) y el lorito verde (*Empoasca kraemeri*). Adicionalmente, los materiales mejorados deben ser aceptables para el consumidor en cuanto al tipo de grano y calidad culinaria.

2) El desarrollo de un "paquete" complementario de prácticas agronómicas que sea adecuado para el germoplasma mejorado pero basado en prácticas agronómicas sencillas y utilizando el mínimo posible de insumos técnicos para obtener buenos rendimientos.

3) El adiestramiento de científicos de instituciones nacionales para aumentar sus habilidades en los campos de investigación en fríjol y de extensión.

4) La cooperación internacional con programas nacionales de fríjol y con instituciones que trabajan con este cultivo.

Con el fin de alcanzar logros concretos en la implementación de estas estrategias, el Programa de Fríjol desarrolló actividades, en el año 1978, en siete áreas básicas: 1) selección de cultivares por características deseables; 2) hibridación de materiales promisorios y evaluación de sus progenies; 3) evaluación y mejoramiento de prácticas agronómicas ya existentes; 4) estudios detallados de "áreas problema" específicas; 5) validación de tecnología en pruebas a nivel de finca; 6) adiestramiento a nivel de posgrado de científicos que trabajan en programas de fríjol y 7) colaboración con programas nacionales y otras instituciones interesadas en el cultivo.

Muchas de las áreas de investigación dependen de la cooperación multidisciplinaria que ejercen los miembros del equipo de fríjol del CIAT; por tal razón, este informe no se presenta por áreas disciplinarias sino por tópicos básicos de investigación.

SELECCION DE CULTIVARES POR CARACTERISTICAS DESEABLES

En 1976, la Junta Internacional de Recursos Genéticos Vegetales (IBPGR) asignó al CIAT como la institución responsable de la colección, el manejo, la evaluación y la distribución del germoplasma de *Phaseolus*. Las instalaciones del banco de germoplasma en el CIAT contienen actualmente unas 21,000 introducciones, entre las cuales más de 11,000 han sido caracterizadas a fondo.

Aunque en 1978 la urgencia de la evaluación del germoplasma algo disminuyó, esta actividad continuó siendo un componente principal del programa de investigación, prácticamente con el aporte de todas las disciplinas. Tales actividades se presentan en detalle en las siguientes secciones de este informe.

Selección por Resistencia a Patógenos y a Plagas

Resistencia a Patógenos

En esta área, los estudios iniciales buscaron materiales con resistencia al virus del mosaico común del fríjol (BCMV), a la roya, antracnosis, añublo bacterial común y mancha angular (ver Informes Anuales del CIAT, 1974 a 1977). Ya se han identificado fuentes confiables de resistencia a estos patógenos; por esta razón, también, se dio énfasis a la selección por resistencia al virus del mosaico dorado del fríjol (BGMV), *Ascochyta, Cercospora* y a la mustia hilachosa *(Thanatephorus cucumeris).* Se ha procurado hacer una distinción entre las fuentes disponibles de resistencia, utilizando estudios genéticos y los viveros internacionales de enfermedades. Finalmente, los métodos de selección se han mejorado continuamente y también se ha considerado la presencia de diferentes razas de los hongos patógenos en el Continente Americano.

Métodos Mejorados para Efectuar las Evaluaciones por Resistencia al BCMV y a la Antracnosis. En años anteriores, la contaminación de plantas inoculadas con BCMV por virus del mosaico rugoso del fríjol y la baja eficiencia de la inoculación obtenida en materiales susceptibles al BCMV, han complicado el proceso de evaluación de accesiones y de líneas mejoradas de germoplasma. El método descrito a continuación reduce el efecto causado por estos problemas.

Para evitar la contaminación con otro virus, el inóculo se obtuvo de plántulas de Diacol Calima, con 12 días de edad provenientes de semilla infectada con BCMV y fue evaluado serológicamente por presencia de los virus del mosaico rugoso del fríjol y del mosaico sureño del fríjol. Para efectos de inoculación, el virus se extrajo (1:10, peso/volumen) en una solución amortiguadora de fosfato de potasio 0.01 *M* a pH 7.6 y se inoculó (utilizando guantes desechables) mediante la ayuda de una almohadilla de gasa estéril (Figura 1). En el campo, el inóculo se virtió en botellas plásticas de 150 ml y se aplicó utilizando una almohadilla de gasa estéril, pegada a la boca de la botella (Figura 2).

Siguiendo esta metodología, se inocularon manualmente 1158 materiales (aproximadamente, 16,000 plantas) y luego se evaluaron bajo condiciones de invernadero, sin que se presentara un solo caso de contaminación y con una eficiencia de inoculación del 95-100 por ciento en los materiales susceptibles. Con el fin de ampliar la capacidad actual de los invernaderos (limitados a 10,500 plantas/ciclo de 20 días) se hizo un estudio para determinar la factibilidad de seleccionar bajo condiciones semicontroladas; para el

Figura 1. Inoculación de plantas de fríjol utilizando almohadillas de algodón estéril.

Figura 2. Inoculación de plantas de fríjol en el campo, utilizando envases plásticos con almohadillas de algodón estéril.

efecto, se inocularon manualmente 21,500 plantas bajo condiciones de casa de malla. La eficiencia fue igual a la obtenida en el invernadero.

Para hacer la selección a nivel de campo, en 1978B, la utilización de botellas para aplicar el inóculo facilitó la inoculación y la evaluación de 4684 materiales de fríjol arbustivo y trepador y resultó en tasas de infección que oscilaron entre el 80 y el 90 por ciento. La utilización de recipientes y almohadillas desechables de gasa estéril mantuvo la contaminación en los campos de selección a un nivel de el 0.1 por ciento de los materiales inoculados. El virus contaminante se identificó serológicamente como virus del mosaico dorado del fríjol, un patógeno albergado en la semilla.

Para facilitar aún más la selección de materiales de germoplasma y de líneas genéticas, se estudió la factibilidad de la inoculación múltiple (BCMV y antracnosis), bajo condiciones controladas.

En el invernadero, se sembraron casi 300 introducciones (10 semillas de cada una) en bandejas; siete días después, se inocularon con BCMV y 24 horas más tarde, con una mezcla de razas de antracnosis. Las plántulas se incubaron durante 12 días en una cámara húmeda, a temperaturas moderadas, y se evaluaron por su resistencia a la inoculación combinada. A los 20 días después de la siembra, fue posible detectar con precisión materiales que eran resistentes al BCMV y a la antracnosis. Las selecciones se transplantaron posteriormente para producir semilla o bien para establecer ensayos posteriores, a nivel de campo. Fue imposible determinar la reacción de cada una de las introducciones a ambos patógenos, puesto que algunas de éstas murieron como consecuencia del ataque del hongo causal de la antracnosis, antes de que se expresaran los síntomas del BCMV. Sin embargo, este método es muy útil como forma práctica para identificar eficientemente la resistencia de nuevos materiales a varios patógenos.

Fuentes de Resistencia a la Cepa Florida (USA 5) del BCMV. En estudios realizados recientemente, se ha demostrado la presencia de la cepa Florida (USA 5) en infecciones naturales de fríjoles cultivados en el CIAT. Como esta cepa puede superar la resistencia de dos grupos de cultivares que no son atacados por la cepa tipo del BCMV utilizada en las selecciones iniciales, se ha comenzado a buscar resistencia a la cepa USA 5 del BCMV entre los materiales existentes en la colección de germoplasma del CIAT. En 1978B, se seleccionaron 290 líneas promisorias, otras 104 accesiones del germoplasma y 35 materiales más. Entre estos tres grupos, 120, 54 y 15, respectivamente probaron ser resistentes (o, al

menos, no presentaron síntomas de afección), a la cepa USA 5 del BCMV.

Metodología para la Evaluación de la Resistencia a la Mancha Angular. Para evaluar la resistencia a la mancha angular, se hace una preparación de esporas en platos de agar V-8, cultivada 10-15 días, en la oscuridad, a 19°C. Las conidias se obtienen frotando las colonias esporulantes con un cepillo de alambre suave y se recogen en un recipiente con agua. Para obtener una infección uniforme, se adiciona tritón o goma arábiga a las inoculaciones, utilizando una concentración de esporas de 10^4/ml. Para medir las resistencias, se utiliza una escala de evaluación de la enfermedad basada en el porcentaje de área de las hojas afectadas. En una escala de 1 a 5, los materiales inmunes (1) no muestran infección; los materiales resistentes (2) presentan menos del 2 por ciento de su área foliar infectada; los intermedios (3) presentan 3-10 po ciento de su área foliar infectada; lo susceptibles (4) un 11-25 por ciento de s área foliar aparece infectada y alguna veces, una clorosis limitada; los mu susceptibles (5) muestran más del 26 po ciento de su área foliar infectada frecuentemente acompañada por clorosi y/o defoliación.

Fuentes de Resistencia al Mildeo Polvoso. En un vivero de más de 140 accesiones de germoplasma, sembrado en Popayán, se presentó una epifitotia natural y severa de mildeo polvoso (*Erysiphe polygoni*) (Figura 3). Las evaluaciones posteriores de la enfermedad permitieron identificar las siguientes 18 accesiones que presentaron alta resistencia: G-1841, 2092, 2325, 2351, 2546, 3038, 3716, 3777, 3783, 3791, 3988, 4721, 5508, 6636, 6638, 6640, 6641 y 7464.

Figura 3. Reacciones susceptibles y resistentes, en una epidemia natural de oidio, en un vivero de germoplasma sembrado en Popayán.

Pudriciones Radicales. El CIAT ha desarrollado una metodología para evaluar germoplasma y progenies por su resistencia a la infección causada por *Rhizoctonia solani, Sclerotium rolfsii Fusarium* sp. y *Pythium* spp. Las inoculaciones de campo y en el invernadero, y los ensayos de infestación natural, se utilizaron para encontrar escalas de evaluación que resultaran ser las más eficientes y prácticas para el Programa de Fríjol, durante el proceso de desarrollo de progenies.

La evaluación de la resistencia a la infección por *R. solani, S. rolfsii* y *Pythium* spp. (principalmente, *Pythium aphanidermatum* y *Pythium debaryanum),* se logró hacer en forma más eficiente midiendo el porcentaje de germinación y la supervivencia de planta cuando se someten, a nivel de invernadero o en el campo, a la presión del inóculo natural o artificial. No se encontró correlación alguna entre la profundidad y/o la frecuencia de las lesiones y la magnitud de la pérdida en rendimiento, debida a una mayor compensación del crecimiento y disminución de la competencia de plantas, entre plantas sobrevivientes de los ensayos inoculados.

La evaluación de la resistencia a la infección por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* se logró realizar en forma más eficiente, determinando la profundidad del desarrollo de las lesiones en hipocotilos de plántulas, según la siguiente escala: (1) Resistente, sin desarrollo de lesiones; (2) intermedias, con lesiones poco profundas confinadas al 50 por ciento de la parte exterior del tejido cortical; (3) susceptibles, extendiéndose las lesiones hasta el punto medio de la corteza o bien más allá, pero sin llegar hasta el sistema vascular; y (4) muy susceptible, extendiéndose el desarrollo de las lesiones hasta el sistema vascular y/o la región de la médula. El programa de fitomejoramiento de fríjol está utilizando materiales prenatales resistentes; las plántulas se evaluarán en generaciones avanzadas, a través de pruebas repetidas, hechas con familias de materiales seleccionados, a una densidad de siembra de 20-30 plantas/m^2 bajo una alta infestación natural que se presenta en los campos de CIAT-Palmira. En las generaciones tempranas, se está sometiendo el material bajo estudio a una presión indirecta de selección contra progenies susceptibles o altamente susceptibles a *Fusarium solani* y/o a otros patógenos causantes de pudriciones radicales.

Se descartaron otros métodos de evaluación utilizados durante las etapas de la floración o posfloración, debido a los efectos confusos causados por la senescencia fisiológica de las raíces, la profundidad de la siembra, heridas en las raíces e infecciones secundarias internas, adaptación y factores ambientales. Es necesario adelantar estudios adicionales para determinar la correlación que existe entre la resistencia de las plántulas y la resistencia de las plantas adultas, especialmente a *S. rolfsii.*

Resistencia a Plagas Insectiles

Empoasca kraemeri. Aproximadamente, 4000 materiales provenientes de los trabajos de selección hechos por las diversas disciplinas del Programa de Fríjol, fueron sometidos a evaluaciones por resistencia al lorito verde *(Empoasca kraemeri).*

Se evaluaron los siguientes grupos de materiales: el Vivero Internacional de Rendimiento de Adaptación del Frijol (IBYAN); el Vivero Internacional del Mosaico Dorado del Fríjol (IBGMN); el Ensayo Preliminar de Rendimiento-F_3 (Fríjoles Trepadores); el Ensayo Preliminar de Rendimiento de 1978 (EP) y el Vivero del Equipo de Fríjol (VEF); también se

incluyeron introducciones de *Phaseolus acutifolius* y *Phaseolus filiformis*, y otros cultivares en diversas etapas de selección por resistencia a *Empoasca*. Se están utilizando los mejores materiales seleccionados de los diferentes viveros y etapas de selección para formar parte del Vivero Internacional para *Empoasca*.

Entre todos los materiales estudiados, aproximadamente 400 (10%) mostraron tener altos niveles de resistencia al daño ocasionado por el lorito verde. El Cuadro 1 presenta una lista de los cultivares clasificados en 1978 como los más resistentes a *E. kraemeri*. Entre los mejores 27 materiales, el 63 por ciento tenía grano negro. Como ha ocurrido en años anteriores, no se encontraron muchas fuentes de resistencia entre los fríjoles de grano rojo. Se debe señalar que se observaron fríjoles de grano no negro que presentaron clasificaciones de daño visual menores que 2 en la escala correspondiente a *Empoasca*. Los materiales trepadores estudiados, presentaron bajos niveles de resistencia; la mayoría de ellos cambiaron su hábito de crecimiento del Tipo IV al Tipo II, como resultado de los ataques de *E. kraemeri*.

Tetranychus desertorum. En 1977, se iniciaron evaluaciones en casas de malla con variedades y cultivares de fríjol para determinar su resistencia al ácaro rojo *(Tetranychus desertorum)*. Se encontró que el período óptimo de infestación de estos materiales es a los 15 días después de la siembra; se estableció una escala visual para evaluar el daño ocasionado por los ácaros. En total, se estudiaron 561 variedades, entre las cuales 124 eran muy susceptibles y se seleccionaron 139 para proseguir investigaciones.

Por primera vez, se estudió en 1978 la resistencia varietal al ácaro rojo, a nivel de campo, comenzando con un grupo de 64 variedades. Los materiales P-83, 84, 85, 179 y 301 presentaron resistencia, en tanto que P-52, 172, 217, 277 y 363 se clasificaron como los más susceptibles. Este experimento incluyó las variedades Oregón 58 y 58R, y CRIA-1, las cuales habían sido evaluadas como resistentes en Perú. Bajo condiciones de casa de malla, estos materiales mostraron tener mayor resistencia que otras líneas, pero Oregón 58 y 58R fueron susceptibles en el campo, lo cual indica que es necesario hacer estudios para correlacionar las evaluaciones obtenidas en la casa de malla, en el campo y en el laboratorio, y determinar así cuáles son los métodos de selección que se deben seguir.

También, en este año se evaluaron, por su resistencia de campo a los ácaros, las especies *P. acutifolius* var. *acutifolius* y *P. acutifolius* var. *latifolius*. Generalmente, estos materiales mostraron tener mayor grado de resistencia que *P. vulgaris*. Algunas accesiones de *P. acutifolius* mostraron poco daño hasta el final del período vegetativo.

Evaluación del Germoplasma por su Arquitectura y su Rendimiento

Cultivares de Frijol Arbustivo

En 1978, se evaluaron más de 6000 accesiones de germoplasma por resistencia al volcamiento, tipo de follaje, madurez, y características de las vainas y del grano.

Se identificaron, entre materiales cultivados que formaban parte del banco de germoplasma, algunas líneas de los Tipos II y III con semillas de tamaño mediano a grande, follaje pequeño e inflorescencias multiples (las cuales producen varias vainas) y una línea (G8063) con esterilidad masculina (Cuadro 2); se observó una mínima variación en cuanto a resistencia al volcamiento y

Cuadro 1.

Cultivares y variedades de *Phaseolus* que presentaron los mayores grados de resistencia a *Empoasca kraemeri* durante las evaluaciones hechas en 1978.

Vivero u otra fuente	Identificación	Color primario	Clasificación promedio[1]	Total de materiales: Evaluados	Resistentes[2]
Vivero de Roya (IBRN) (siembras de 1976-77)	G124	Blanco	1.4	135	27
	G4463	Negro	0.9		
	G5773	Negro	1.2		
	G5942	Negro	1.1		
Etapas de selección	G8058	Blanco	1.2	296	92
	G8059	Blanco	1.0		
	G8062	Blanco	1.2		
	G8475	Negro	1.0		
Vivero Internacional del Mosaico Dorado (IBGMN)	Sucre 7	Negro	1.8	235	21
	G1257	Negro	1.8		
	G1157	Crema moteado	1.0		
Vivero del Equipo de Frijol de 1978 (VEF)	78 VEF 89	Negro	1.2	2221	204
	78 VEF 92	Negro	1.2		
	78 VEF 276	Crema	1.1		
	78 VEF 460	Negro	1.2		
	78 VEF 846	Negro	1.4		
	78 VEF 1006	Variable	2.0		
Ensayo Preliminar de Rendimiento de 1978 — Frijol Arbustivo (EP 78)	P14	Negro	1.7	780	36
	P785	Negro	1.8		
Ensayo Preliminar de Rendimiento F_3 - Frijol Trepador	FF0016-23-3-CM-CM-CM	Marrón	2.0	300	4
	FF0594-7	Negro	2.0		
	FF0611-1	Negro	2.0		
	FF0623-29	Negro	2.0		
Otros *Phaseolus* spp.					
Phaseolus acutifolius	G3568	Negro	1.2	93	23
	G4401	Negro	1.2		
	G5917	Blanco	1.3		
Phaseolus filiformis	NI-31	Crema	1.6		

1 Promedio de dos repeticiones y de tres observaciones, en una escala de 0-5; 0= alto grado de resistencia; 5 =sin resistencia.
2 Resistentes: clasificación promedio ≤ 2.

Cuadro 2.

Selecciones de *Phaseolus vulgaris* hechas según caracteres deseables de arquitectura y de rendimiento.

Carácter	Hábito de crecimiento	No. de introducciones	Fuentes
Resistencia al volcamiento	II	7	Viveros de mejoramiento
Follaje pequeño	II, III	9	Banco de germoplasma
Hoja lanceolada	II	2	Viveros de mejoramiento
Madurez retardada	I, II, III	7	Viveros de mejoramiento
Madurez temprana	I, II	6	Banco de germoplasma
Inflorescencia saliente	I	2	Banco de germoplasma
Grano mediano o grande	II, III	22	Banco de germoplasma
Esterilidad masculina	III	1	Banco de germoplasma

maduración tardía. En los viveros de mejoramiento, se identificaron algunas selecciones con estas últimas dos características y también se encontró una planta con hojas lanceoladas, la cual parece ser promisoria. Sin embargo, los tipos con hojas lanceoladas se asocian con baja productividad. Se está tratando de purificar esta línea y determinar su valor genético.

Cultivares de Fríjol Trepador

A pesar de que en años anteriores la colección disponible de fríjoles trepadores (1950 accesiones) había sido seleccionada cuidadosamente en CIAT-Palmira, poco se conocía sobre su comportamiento en otras altitudes. Para el efecto, todos los cultivares se sembraron en tres localidades altas (Popayán, La Selva y Obonuco) utilizando sistemas de monocultivo, relevo y asociación directa con maíz, respectivamente.

Una selección preliminar hecha durante el primer semestre del año (1978A) con 30 materiales, mostró que es posible encontrar alguna respuesta del hábito de crecimiento a la temperatura y a otros factores climatológicos (Figura 4). Por ejemplo, G2540 (blanco) trepó más que el promedio, en todas las localidades; G413 (amarillo) se adaptó mejor, en su respuesta trepadora, a las temperaturas frescas en tanto que G3565 (blanco) se adaptó mejor a las temperaturas más cálidas. G1813 (amarillo) mostró una respuesta estable a la temperatura, pero trepó menos que el promedio, en todas las localidades. La respuesta a la floración fue también muy variable: sólo dos materiales (G3371 y G2545) mostraron una formación de vainas satisfactorias y una estabilidad en su hábito de crecimiento, en todas las localidades.

En el segundo semestre, se sembró una muestra de la selección completa de todos los materiales, en parcelas no repetidas, bajo un sistema de siembra en montículos, utilizando tres plantas de fríjol más tres plantas de maíz en el mismo montículo al establecer la asociación. Este método de siembra ha probado ser muy barato y efectivo para evaluar grandes cantidades de material en una área pequeña de tierra. Los viveros no se protegieron contra enfermedades; sin embargo, las plantas que presentaron síntomas del BCMV fueron eliminadas. Se hicieron evaluaciones por adaptación del hábito trepador, precocidad, formación de vainas

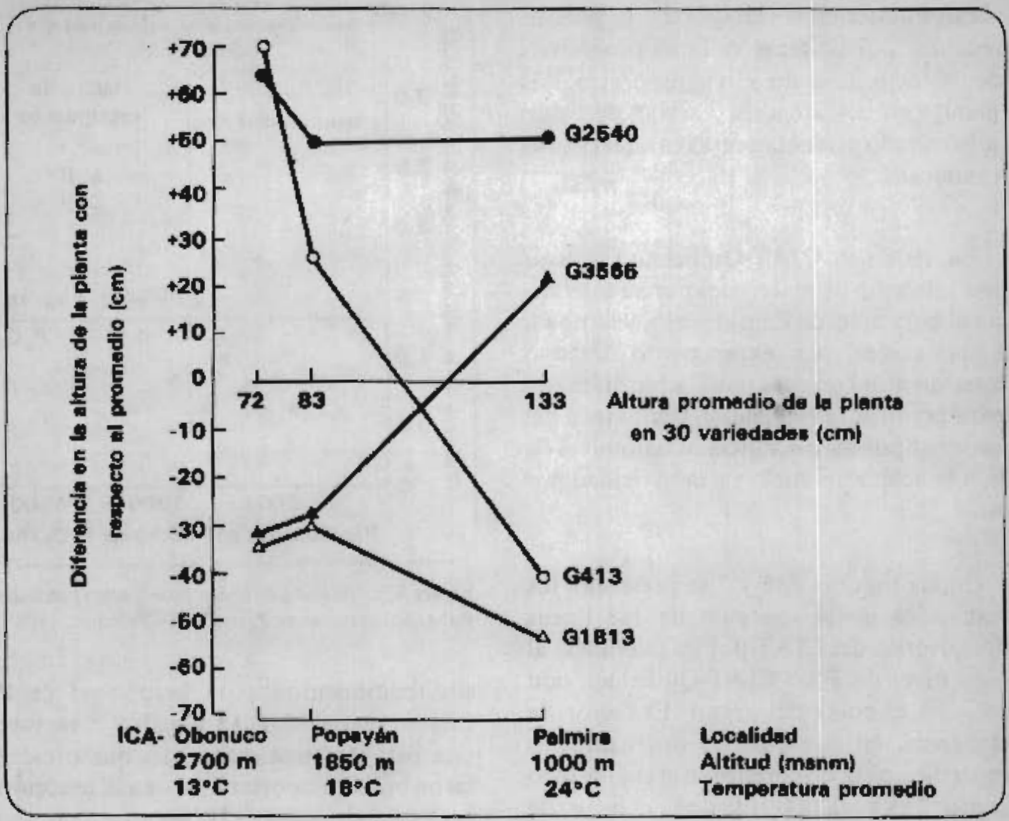


Figura 4. Cambio en la altura de crecimiento para cuatro variedades de fríjol trepador, causado por diferencias en las altitudes de las localidades

e incidencia de enfermedades. Los primeros resultados provenientes de la estación experimental ICA-La Selva, en cultivos de relevo, mostraron que el 24 por ciento de la colección trepó satisfactoriamente (Tipo IV verdadero). Los materiales que demostraron tener una adaptación excepcional a las tierras altas provinieron, en su mayor parte, de México, Turquia y Africa del Sur. Sin embargo, hasta el momento, hay un número relativamente bajo de accesiones procedentes de los países de la zona Andina.

Selección por Tolerancia a Suelos Moderadamente Acidos

Aunque el fríjol comúnmente no se cultiva bajo condiciones de suelos muy ácidos, con frecuencia se siembra en suelos con baja disponibilidad de fósforo y bajo condiciones de acidez moderada.

En Popayán, se hizo una selección preliminar de las variedades promisorias de fríjol (líneas P) por su tolerancia a bajos niveles de fósforo en el suelo. Con base en esta selección se determinó que, aparentemente, el fríjol (*P. vulgaris*) se puede dividir en cuatro categorías, según sus requerimientos de P: 1) variedades ineficientes a un bajo nivel de P y que no responden a los fertilizantes aplicados; 2) ineficientes a un bajo nivel de P pero que sí responden a los fertilizantes; 3) eficientes a un bajo nivel de P pero que no responden a los fertilizantes; y 4) eficientes a un bajo nivel de P y que también responden a los fertilizantes.

Las plantas en la Categoria 1 se pueden rechazar por no tener valor en programas de fitomejoramiento y/o agronómico. Las plantas en la Categoría 3 serían de valor sólo cuando presentan otras características ventajosas.

En 1978, en CIAT-Quilichao, se hizo una selección de materiales por su tolerancia al bajo nivel de P en el suelo, y también a la acidez. El experimento incluyó tratamientos con cal y con P y fue diseñado para permitir la evaluación simultánea del material por su tolerancia al bajo nivel de P, a la acidez del suelo y a la toxicidad por Al.

En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan los resultados de la selección de 188 líneas promisorias del CIAT por su tolerancia al bajo nivel de P en CIAT-Quilichao, con base en el color del grano. El factor de eficiencia, en el eje de las ordenadas, es específico para el semestre en el cual se hizo la prueba y para la fuente de P; el factor de eficiencia proviene de la fórmula:

$$\frac{\left(\begin{array}{c}\text{Rendimiento con un}\\ \text{alto nivel de P}\end{array}\right)-\left(\begin{array}{c}\text{Rendimiento con un}\\ \text{bajo nivel de P}\end{array}\right)}{\text{Diferencia en unidades de } P_2O_5 \text{ aplicado}}$$

Partiendo de la base de que los rendimientos del fríjol están sujetos a las variaciones edáficas y climatológicas, los rendimientos variarán en cada estación de siembra. Los únicos fríjoles que se seleccionan como tolerantes al bajo nivel de P en el suelo son los que permanecen ubicados en el cuadrante superior derecho. Estos materiales corresponden a las plantas de la Categoría 4, previamente mencionada.

Los dos materiales del ICA, P692 (Diacol Calima) y P637 (Línea 17), ambos fríjoles rojos y con un hábito de crecimiento del Tipo I, tienen un alto factor de eficiencia en la utilización del P aplicado;

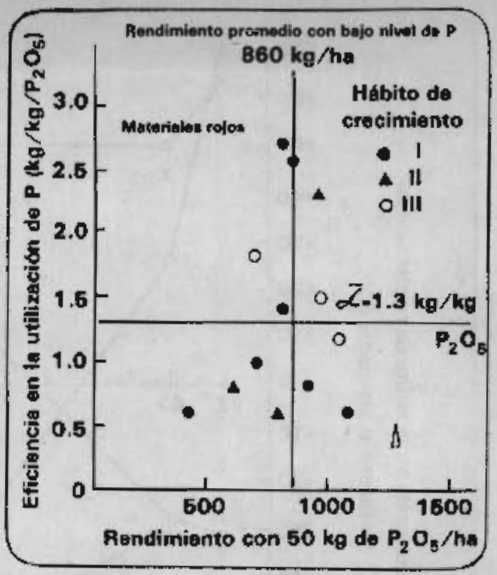


Figura 5. Evaluación de líneas promisorias con bajas y altas aplicaciones de P, en CIAT-Quilichao, 1978A.

sus rendimientos a un bajo nivel de P fueron razonables. El Cuadro 3 incluye una lista de otros materiales que presentaron buen comportamiento en la selección hecha en el semestre 1978A.

Solo 11 de los 188 materiales probados sobrevivieron y dieron rendimientos de más de 100 kg/ha en las parcelas sin cal (pH 4.1, 4.1 meq. de Al/100 g) (Cuadro 4). Para determinar niveles más realistas de cal para hacer una buena selección, se sembraron 60 variedades de fríjol (30 negras y 30 de color) en parcelas con cal, a niveles de 0, 0.5, 2 y 6 ton de cal/ha en la forma de cal cálcica. El contenido inicial de Al en esta prueba fue inferior al del otro experimento (3.5 meq/100 g). La Figura 8 muestra la respuesta promedio y la respuesta de los diversos fríjoles de color al encalamiento. Como se había observado en experimentos anteriores (Informe Anual del CIAT, 1973), los cultivares negros probaron ser más tolerantes a los suelos ácidos que los cultivares de otros colores. Los rendimientos promedios de fríjol aumentaron desde 0.5 ton/ha a un

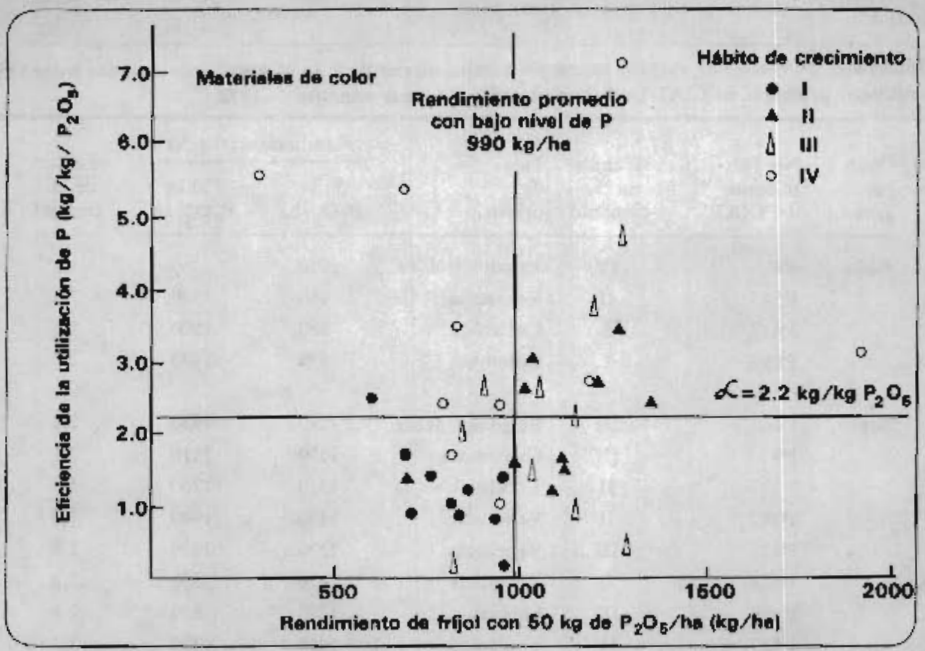


Figura 6. Evaluación de líneas promisorias de frijol, con bajos y altos niveles de aplicación de P, en CIAT-Quilichao, 1978A.

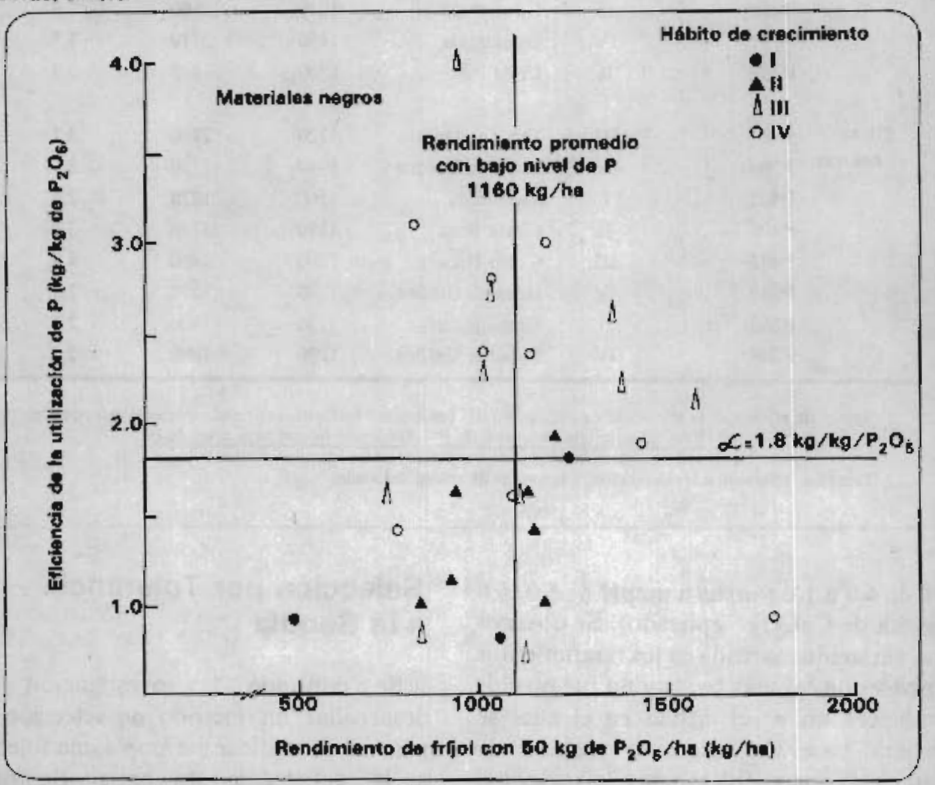


Figura 7. Evaluación de líneas promisorias de frijol, con bajos y altos niveles de aplicación de P, en CIAT-Quilichao, 1978A.

Cuadro 3.

Materiales de *Phaseolus vulgaris* tolerantes a bajos niveles de P en el suelo, seleccionados entre 188 cultivares probados en CIAT-Quilichao, durante el primer semestre de 1978.

Color del grano	No. (promisorio) del CIAT	Hábito de crecimiento	País de origen	Rendimiento (kg/ha) 50 kg P_2O_5/ha	Rendimiento (kg/ha) 330 kg P_2O_5/ha	Factor de eficiencia[1]
Rojo	P4	IV	Estados Unidos	1050	1360	1.2
	P543	II	Venezuela	960	1540	2.3
	P637	I	Colombia	860	1500	2.6
	P692[2]	I	Colombia	820	1490	2.7
Negro	P6	III	Estados Unidos	1390	1930	2.2
	P9	III	Guatemala	1590	2110	2.1
	P337[2]	II	Estados Unidos	1310	1760	1.8
	P382	II	Venezuela	1490	1940	1.8
	P420	III	Venezuela	1370	2020	2.6
	P423	II	Venezuela	1470	2030	2.2
	P499	III	México	1300	1830	2.1
	P527	IV	Venezuela	1450	1920	1.9
	P566	III	Honduras	1190	1500	1.2
	P700[2]	II	Guatemala	1230	1880	2.6
	P717	IV	Guatemala	1450	2270	3.3
	P752	II	Chile	1300	1840	2.2
Otros colores	P46	III	Estados Unidos	1220	2140	3.7
	P260	IV	Estados Unidos	1940	2720	3.1
	P402	I	Venezuela	1360	1970	2.4
	P476[2]	II	Costa Rica	1280	2120	3.4
	P482[2]	III	Costa Rica	1290	2460	4.7
	P589	IV	Estados Unidos	1290	3070	7.1
	P654	II	Costa Rica	1220	1900	2.7
	P749	IV	Estados Unidos	1200	1880	2.7

1 Factor de eficiencia: la eficiencia de utilización del fertilizante fosfórico expresado como la relación de:

$$\frac{\text{Rendimiento con alto nivel de P - Rendimiento con bajo nivel de P}}{\text{Diferencia de unidades de fertilizante entre los niveles altos y bajos}}$$

2 También, tolerante a las condiciones extremas de acidez del suelo.

pH de 4.0 a 1.6 ton/ha a un pH de 5.0 (6.0 ton/ha de $CaCO_3$ aplicado). Se observó una variación marcada en los rendimientos a niveles de cal más bajos y no fue posible establecer un nivel crítico en el cual se pudiera hacer la selección efectiva de materiales por su tolerancia a la acidez del suelo.

Selección por Tolerancia a la Sequía

Se continuó la investigación para desarrollar un método de selección que permita identificar germoplasma tolerante a la deficiencia de agua. Se tienen resultados de dos amplias selecciones (100

Cuadro 4.

Materiales de *Phaseolus vulgaris* que sobrevivieron las condiciones extremas de acidez del suelo (86% de saturación de Al y pH 4.1), en CIAT-Quilichao, durante el proceso de selecciones hechas en el primer semestre de 1978.

Color del grano	No. (promisorio) del CIAT	Hábito de crecimiento	País de origen	Rendimiento (kg/ha) Sin cal	Rendimiento (kg/ha) Con 5 ton/ha de cal
Rojo	P623	I	Costa Rica	130	970
	P692	I	Colombia	190	1490
Negro	P337	II	Estados Unidos	120	1760
	P699	IV	El Salvador	170	1930
	P700	II	Guatemala	140	1880
	P709	II	Guatemala	150	1810
Otros colores	P166	I	Estados Unidos	280	940
	P476	II	Costa Rica	350	2120
	P482	III	Costa Rica	170	2460
	P473	III	Brasil	170	1220
	P786	III	Brasil	200	1610

y 168 materiales) hechas durante las dos estaciones secas, en CIAT-Palmira. El método utilizado fue un "tamizado" de campo, en el cual las introducciones se sembraron de tal manera que comenzaran a florecer durante el mismo período de tres días. El riego se suspendió en el tratamiento de falta de agua antes de la floración (50% de las plantas con una o más flores por planta) y las parcelas testigo se regaron para evitar la carencia de agua. El número de días bajo deficiencia de agua fue diferente en los dos experimentos debido a la caída de 10 mm de precipitación en tres lluvias ligeras que se presentaron en el experimento 7818, durante el período de falta de agua. En el experimento 7728 se aplicó un total de 14 días sin agua y 29 en el experimento 7818. La reducción del rendimiento fue más severa en el experimento 7728 que en el experimento 7818. Se observó variabilidad entre las repeticiones en el tratamiento de deficiencia de agua debido principalmente al movimiento lateral de agua en el suelo, en el experimento 7818, a la incidencia del moteado clorótico en introducciones susceptibles del experimento 7728 y a una densidad variable de plantas en algunas variedades. La Figura 9 presenta los porcentajes comparativos de reducción del

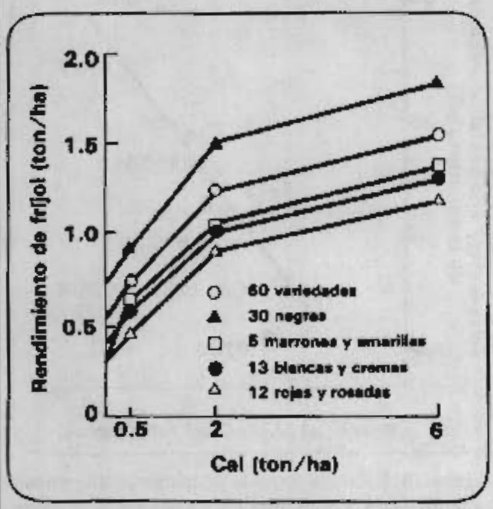


Figura 8. Respuesta promedio de 60 variedades de fríjol de varios colores, en conjunto y según su color de grano, a las aplicaciones de cal, en CIAT-Quilichao.

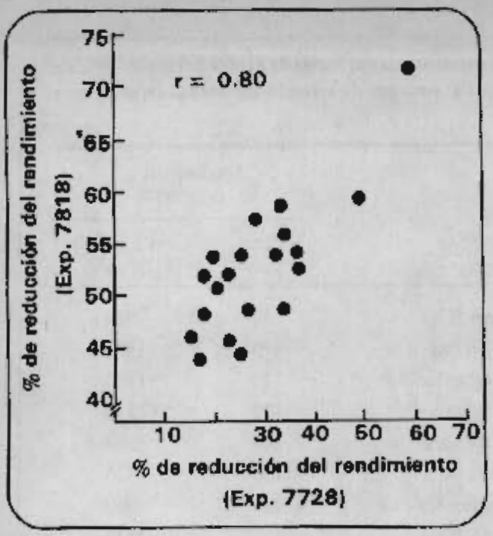


Figura 9. Comparación de la reducción del rendimiento (rendimiento del testigo — rendimiento bajo condiciones de estrés)/(rendimiento del testigo), debida a la falta de agua, en 19 variedades testigo, en dos selecciones hechas en CIAT-Palmira. (Se excluyeron tres accesiones del juego de datos, debido a una variabilidad explicable que ocurrió entre repeticiones en un ensayo.)

rendimiento debido a la falta de agua, en 19 cultivares incluídos en los dos experimentos. Se excluyeron los datos para tres variedades, ya que en el experimento 7818 hubo movimientos laterales de agua de las parcelas testigo (a las cuales se les aplicó riego) hacia las parcelas a las cuales se estaba aplicando el tratamiento de sequía. La consistencia de estos datos indica que el método de selección puede ser confiable y que existe una tolerancia relativa a la deficiencia de agua en el germoplasma de *Phaseolus*.

Durante casi todos los días del período de sequía se tomaron las temperaturas de la cubierta foliar para las parcelas húmedas y secas (en cualquiera de los lados de un sendero o paso de acceso a las parcelas, de 1 m) utilizando termometría infrarroja y haciendo las lecturas entre las 11:00 y las 14:00 horas de cada día. La diferencia diaria en la temperatura de la cubierta foliar (Δ T°C) se sumó para todo el período de sequía ($\Sigma \Delta$ T) y esta suma se utiliza como un índice de la sequía a que fue sometida cada parcela tratada durante el ciclo de sequía. En las Figuras 10 y 11 se muestra la relación que existe entre el Δ T con la resistencia de los estomas y el potencial hídrico de las plantas. Estos datos indican que Δ T se puede utilizar como índice de los niveles internos de estrés por agua. En la Figura 12 se muestra el diagrama de dispersión del porcentaje de reducción del rendimiento *versus* $\Sigma \Delta$ T para 127 cultivares en el experimento 7818. En cada uno de los cuadrantes se presenta el número de introducciones (n). Los materiales con baja reducción del rendimiento y bajo estrés aparecen en el cuadrante inferior izquierdo del diagrama. Aunque la variabilidad del suelo pudo influir en alguna medida en el bajo estrés experimentado en estos últimos materiales estos datos indican que, entre estas introducciones, existen grandes diferencias en la reducción del rendimiento debido a la falta de agua. P730 se había identificado anteriormente como un material tolerante

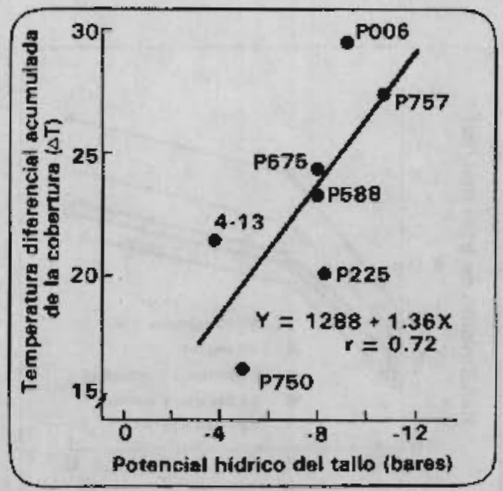


Figura 10. Relación entre la temperatura diferencial acumulada de la cobertura (Δ T), por 6 días, durante el ciclo de secamiento en siete cultivares *versus* la media del potencial hídrico de los tallos (n = 8), medida durante 4 horas, alrededor del medio día, por 1 día, durante el ciclo de cultivo (Experimento 7728).

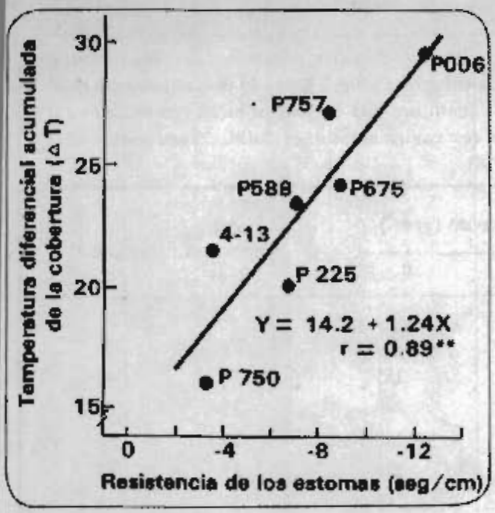


Figura 11. Relación entre la temperatura diferencial de la cobertura (Δ T) por 6 días, durante el ciclo de secamiento, en siete cultivares *versus* la media de la resistencia de los estomas (n = 16) de hojas expuestas, medida durante 4 horas, alrededor del medio día, por 1 día, en el ciclo de cultivo (Experimento 7728).

a la sequía (o sea, al estrés por agua). En experimentos anteriores, P637 no se había identificado como tal. Será necesario confirmar mediante experimentación cuál es el nivel de tolerancia relativa de estos materiales a la sequía. El uso directo de la metodología de Σ Δ T, como técnica de selección por tolerancia a la sequía en materiales avanzados, parece ser promisorio.

Los datos en el Cuadro 5 del experimento 7818 muestran materiales que presentan un alto grado de tolerancia a la sequía y un índice de estrés generalmente bajo. Para los efectos de la comparación se presentan también materiales contrastantes con un bajo grado de tolerancia. Algunos cultivares que no se presentaron en la Figura 12 ó en el Cuadro 5, principalmente del Tipo III, probaron tener un alto grado de abscisión floral bajo condiciones de

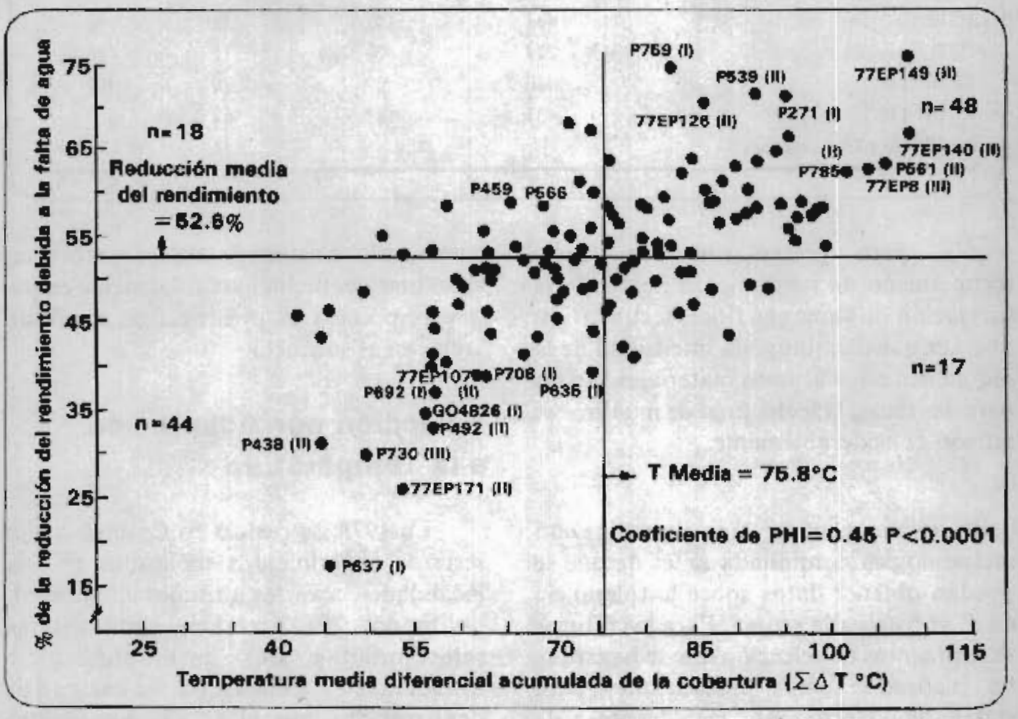


Figura 12. Reducción del rendimiento debido a la falta de agua, en 127 accesiones, *versus* la temperatura media diferencial acumulada de la cobertura (Experimento 7816). Se excluyeron los datos de 41 accesiones, debido a problemas en la variabilidad del suelo y/o a la recuperación de los materiales, una vez disminuido el estrés. (Media de tres replicaciones para cada accesión.)

Cuadro 5.

Rendimiento promedio del testigo, rendimiento bajo condiciones de estrés, porcentaje de reducción en el rendimiento y temperatura diferencial acumulada de la cobertura ($\Sigma \Delta T$), por 23 días durante un ciclo de secamiento en posfloración de 29 días, para 10 accesiones que presentan bajas reducciones del rendimiento debido a la falta de agua, en comparación con cuatro accesiones con altas reducciones en el rendimiento. (Experimento 7818, CIAT-Palmira, 1978).

Identificación	Rendimiento (g/m²)		Reducción del rendimiento (%)	$\Sigma \Delta T$ (°C)
	Testigo	Estrés		
Grupo tolerante bajo estrés				
77 EP 107	378	230	39	62
P438	372	255	31	45
G4826	369	240	35	56
77 EP 171	360	265	26	54
P692	355	224	37	57
P637	345	286	17	46
P708	340	208	39	63
P730	335	234	30	50
P635	266	161	40	75
P492	254	170	33	57
Grupo susceptible bajo estrés				
P539	441	127	72	92
P271	273	78	71	96
77 EP 149	410	99	76	109
77 EP 140	431	143	67	109
Media de 127 accesiones			53	76

sequía, pero presentaron una fuerte recuperación de rendimiento mediante la formación de vainas en flores secundarias, una vez que disminuyó la intensidad de la sequía. En estos últimos materiales, en las parcelas secas, la fecha final de madurez se retrasó considerablemente.

Se requiere hacer una investigación metodológica continuada antes de que se puedan obtener datos sobre la tolerancia de *P. vulgaris* a la sequía. Para los futuros experimentos de selección que se hagan, se ha planeado tomar precauciones para evitar el efecto de las fuentes de variabilidad mencionadas. Otra fuente de variabilidad, la cual será también necesario considerar cuando se hagan futuras selecciones, es la relacionada con los cambios en la textura del suelo, particularmente en los que respecta a la presencia de capas de arena en el subsuelo.

Selección por Adaptación a la Temperatura

En 1978, se realizó en Colombia una serie de experimentos replicados en seis localidades, a varias altitudes (Cuadro 6), utilizando 250 accesiones promisorias seleccionadas del germoplasma y materiales genéticos avanzados desarrollados por el CIAT. Los cuatro hábitos de crecimiento estuvieron representados en esa serie. Lo efectivo de este trabajo era definir el nivel de adap-

Cuadro 6.

Localidades en Colombia, seleccionadas para hacer estudios de adaptación de germoplasma de fríjol a la temperatura.

Localidad	Departamento	Colaborador	Altitud (msnm)	Temperatura media (°C)
Santa Fé	Antioquia	Univ. Nal. de Medellin	350	27.0
El Estrecho	Cauca	Agricultor	520	26.0
CIAT-Palmira	Valle	-	1001	23.9
Popayán	Cauca	Sec. de Agricultura	1880	17.6
Manizales	Caldas	Univ. de Caldas	2350	16.0
Pasto	Nariño	ICA - Obonuco	2710	12.7

Cuadro 7.

Datos de rendimiento para los materiales de *Phaseolus vulgaris* de rendimiento más alto, entre 250 accesiones, en tres localidades con diferentes condiciones de temperatura[1], en Colombia.

Identificación	Hábito de crecimiento	Rendimiento (ton/ha, 14%) en: Santa Fé	Popayán	Pasto
Grupo 1: Materiales de mayor rendimiento a altas temperaturas (Santa Fé)				
P589	IV	2.23	3.10	0.00
P518	II	2.22	2.72	0.00
P723	II	2.14	2.63	0.00
P757	II	2.14	2.66	0.00
FF00036-3	II	2.12	2.87	0.00
Grupo 2: Materiales de mayor rendimiento a temperaturas moderadas (Popayán)				
P449	IV	1.22	3.32	0.00
P693	IV	0.96	3.28	0.53
G3144	IV	1.53	3.27	0.19
P738	II	2.10	3.22	0.00
G2227	IV	0.96	3.21	0.14
Grupo 3: Materiales de mayor rendimiento a bajas temperaturas (Pasto)				
P637	I	1.63	2.02	1.41
G5772	I	0.02	1.88	1.32
G8042	I	0.64	1.32	1.04
P590	IV	0.02	1.83	0.94
P706	IV	1.26	2.72	0.92
Rendimiento promedio por localidad		1.26	2.38	
D.M.S.		0.47	0.69	
C.V. (%)		23.5	17.9	

1 Temperaturas (°C): Santa Fé — Media, 26.7, Max., 31.3, Min., 22.1; Popayán — Media, 17.9, Max., 23.9, Min., 11.0; Pasto — Media, 12.7, Max., 16.4, Min., 9.7.

tación global a la temperatura (temperaturas medias de 12° a 27°C) en un grupo grande y representativo de germoplasma de *P. vulgaris*. Las condiciones experimentales se diseñaron para minimizar los efectos de las enfermedades, los insectos y de la variabilidad del suelo, y para optimizar la disponibilidad de agua mediante el riego, cuando sea necesario. De esta manera, se podrían evaluar los efectos fisiológicos de la temperatura entre sí, sin que se confundieran con otros efectos ambientales. El Cuadro 7 presenta los datos para 1978A, obtenidos en tres localidades, en las cuales fue posible satisfacer en buena parte estas condiciones. Cuando estén disponibles, se analizarán tales datos para las seis localidades estudiadas.

En la localidad de baja temperatura, sólo 67 de 250 introducciones alcanzaron a formar semillas; en todas las etapas se presentaron problemas reproductivos, incluyendo el fracaso en algunas líneas de llenar embriones aparentemente fertilizados. El grupo de mayor rendimiento tolerante al frío incluyó materiales de Colombia (P637, P590 y G5772) y de Kenya (G8042). Las tierras altas de Kenya y de Colombia son similares climatológicamente, razón por la cual se ha planeado hacer más evaluaciones de la colección de materiales de Kenya, en localidades colombianas altas.

Entre los 17.9° y los 12.7°C existe una gran brecha en la adaptación; un ejemplo claro es que el grupo que dio el mayor rendimiento en Popayán (entre 250 introducciones) produjo en Obonuco un rendimiento muy bajo o bien, no formó semilla. En contraste, algunos materiales, como P589 (IV) y P518 (II), presentaron un comportamiento relativamente bueno, tanto en Santa Fé como en Popayán.

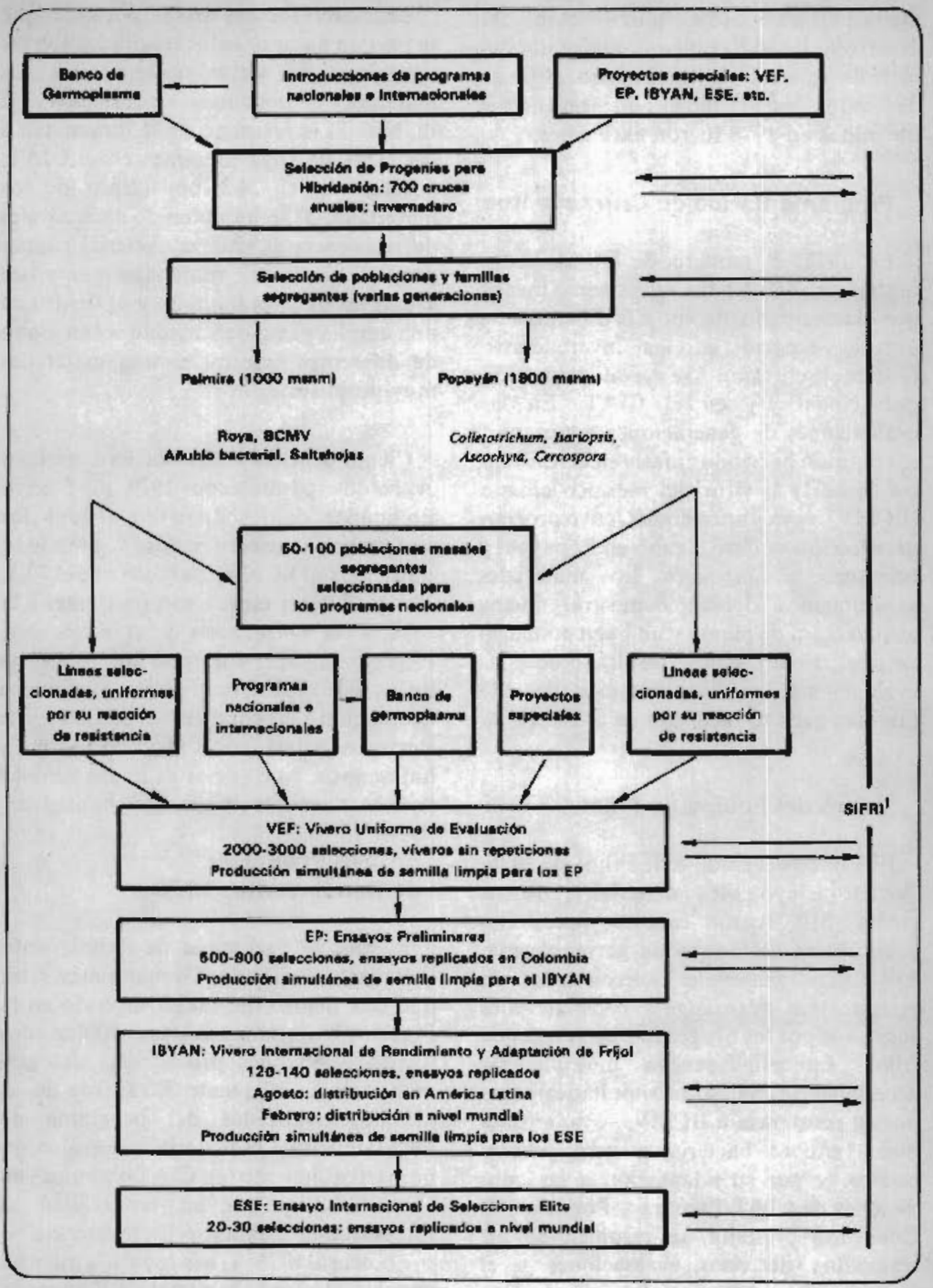
Los datos completos del estudio de adaptación a la temperatura, obtenidos en las seis localidades, serán utilizados para definir la estrategia más apropiada en relación con las selecciones futuras por "amplia" adaptación a la temperatura, en materiales avanzados. Los datos preliminares del estudio del área objetivo (ver página C-52) indican que la mayor parte del fríjol se cultiva en un rango relativamente estrecho de condiciones de temperatura media, en comparación con el rango considerado en este estudio.

HIBRIDACION DE MATERIALES PROMISORIOS Y EVALUACION DE SUS PROGENIES

Actividades dentro de los Programas Básicos de Mejoramiento

En 1977, el Programa de Fríjol desarrolló un sistema para la evaluación secuencial de materiales híbridos. En el Informe Anual del CIAT correspondiente a ese año se incluyó una gráfica que corresponde a ese sistema.

En el presente informe se incluye nuevamente esa gráfica (Figura 13). Virtualmente, todas las fases del Programa entraron en operación, por primera vez, en 1978, con la evaluación de generaciones avanzadas en varios niveles: el Vivero del Equipo de Fríjol (VEF), los Ensayos Preliminares de Rendimiento (EP), y el Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN). Esta actividad múltiple requirió los aportes prácticamente de todos los miembros del equipo y de otros investigadores del Centro, incluyendo la Unidad de Servicios de Datos; además, requirió de un esfuerzo



1 Sistema de Información de Fríjol (Information System for Beans).

Figura 13. Flujo establecido en el programa para el desarrollo y la evaluación (simultánea y secuencial) de germoplasma de fríjol, propuesto por el Programa de Fríjol del CIAT en 1977. (SIFRI = Sistema de Información de Fríjol).

logístico y de coordinación, así como del desarrollo de varias metodologías nuevas para llevar a cabo tal evaluación. A pesar de todos estos retos, los resultados obtenidos en 1978 fueron excelentes.

Programa Básico de Cruzamientos

En 1978, el número de hibridaciones hechas en el CIAT fue ligeramente menor que el anticipado, debido a la dificultad de obtener espacio en los invernaderos. Durante el año, se evaluaron 558 poblaciones F_2 en el CIAT. En las evaluaciones de generaciones tempranas, se continuó haciendo énfasis en la resistencia (gene I) al virus del mosaico común (BCMV), roya y antracnosis (cuyo proceso de selección se llevó a cabo en Popayán) y tolerancia a *Empoasca*. Los materiales seleccionados debían demostrar buena arquitectura de planta y un buen potencial de rendimiento. Como resultado de estas evaluaciones, se han seleccionado 185 familias para su inclusión en el EP 1979.

Vivero del Equipo de Fríjol

El Vivero del Equipo de Fríjol, de 1978, (VEF) incluyó 1464 materiales, de los cuales 510 fueron nuevas accesiones promisorias del banco de germoplasma, 937 fueron materiales seleccionados de generaciones avanzadas y 67, materiales sugeridos por los programas nacionales de fríjol. En esta prueba múltiple las accesiones se evaluaron simultáneamente por su resistencia a BCMV, roya, antracnosis, añublo bacterial común y *Empoasca*, y por su adaptación a las condiciones de CIAT-Palmira y Popayán. El Cuadro 8 presenta un resumen de los resultados de estas evaluaciones y el Cuadro 9, enumera algunos de los materiales mas promisorios y los caracteriza con base en sus principales características.

Las observaciones más importantes que se pueden hacer de estos resultados son las siguientes: 1) virtualmente, todos los materiales mostraron resistencia a BCMV; 2) la resistencia o la inmunidad a las razas de roya presentes en el CIAT ocurren en el 24.3 por ciento de los materiales; 3) se ha obtenido altos niveles de resistencia al añublo bacterial común pero el número de materiales que posee esta resistencia es limitado y 4) dentro de una amplia gama de variedades con grano de diferentes colores, existen materiales muy promisorios.

Ciento ochenta y cinco de los materiales evaluados pasarán en 1979 al Ensayo Preliminar de Rendimiento. Todos los materiales seleccionados presentan resistencia al BCMV, en tanto que el 73.5, 38.9 y 17.8 por ciento, son resistentes a la roya, a la antracnosis y al *Empoasca* respectivamente. Un total de 16 de las líneas seleccionadas presenta una buena adaptación a las condiciones de CIAT y de Popayán, y resistencia al BCMV, roya y antracnosis; cinco de estas líneas también presentan resistencia a la mancha angular.

Ensayo Preliminar de Rendimiento, 1978

El Ensayo Preliminar de Rendimiento (EP) incluyó más de 700 materiales, cifra que está dentro del rango sugerido en la Figura 13; aproximadamente 500 de ellos fueron selecciones promisorias del germoplasma, y solamente 200 fueron líneas híbridas avanzadas del programa de mejoramiento. Los materiales se evaluaron por su rendimiento (en CIAT-Palmira y en Candelaria) y por su sensibilidad al fotoperíodo, adaptación, resistencia o tolerancia al BCMV, a la roya, a la mancha angular, al añublo bacterial y a *Empoasca* (en CIAT-Palmira y en Popayán). El Cuadro 10 presenta un resumen de los resultados para el ensayo.

Cuadro 8.

Resumen de las evaluaciones de 1464 accesiones, en el Vivero de Evaluación del Equipo de Fríjol de 1978 (VEF).

Categoría	Lorito verde	Virus del mosaico común del fríjol	Añublo bacterial común	Roya	Antracnosis[1]
	Evaluaciones por insectos y enfermedades				
Resistente	15	1211	5	206	188
Intermedio	165	0	35	67	59
Susceptible	1282	180	1373	782	1173
Variable	0	65	0	407	17
No evaluadas	2	8	51	2	27

	Evaluaciones por Adaptación	
	CIAT-Palmira	Popayán
Excelente	0	0
Buena	12	9
Promedio	539	305
Mala	805	446
Muy mala	91	687
No evaluadas	17	17

	Evaluaciones Agronómicas
	Tamaño/color de la semilla
Grande/Colores variables	12
Mediana/Colores variables	187
Pequeña/Negra	622
Pequeña/Roja	100
Pequeña/Otros colores	543

1 Reacción a inoculaciones mixtas con dos aislamientos, cada uno de las razas beta y gamma.

Los resultados muestran ganancias significativas en varias áreas, incluyendo las siguientes:

1) Virtualmente, todas las selecciones híbridas incluídas en el ensayo presentaron resistencia al BCMV. Casi el 99 por ciento de las selecciones hechas para someterlas a estudios posteriores presentan esta característica. Con base en este hecho, ha sido posible para el Programa tomar la decisión de que todos los materiales del CIAT que se incluyan en los ensayos internacionales, deben tener esta característica. Esta determinación eliminará la posibilidad de una transmisión accidental del patógeno a través de la semilla.

2) Hubo un cambio significativo en la proporción de líneas de grano rojo y de otros colores que dieran rendimientos

Cuadro 9.

Características de las mejores accesiones según los principales tipos de grano, registradas en el Vivero de Evaluación del Equipo de Fríjol (VEF) de 1978.

Características	1978 VEF No. 1681	1064	1740	2068	1787	1176
Origin	Híbrido	Híbrido	Híbrido	Banco Germ.	Híbrido	Híbrido
Color del grano	Rojo	Blanco	Crema	Rosado moteado	Marrón	Negro
Tamaño del grano	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Mediano	Pequeño	Pequeño
Días hasta la floración	38	41	39	35	38	42
Hábito de crecimiento	3	3	2	2	3	2
BCMV	R	R	R	R	R	R
Añublo bacterial[1]	4	3	2	4	2	3
Roya	R	R	R	Ip[3]	S	Ip
Lorito verde[1]	2.3	2.7	3.7	3.7	3.2	3.5
Adaptación[2]:						
CIAT-Palmira	4	3	4	3	3	3
Popayán	3	3	3	4	4	3
Antracnosis	R	S	R	R	R	R
Mancha angular[1]	3	3	1	-	-	-

1 Escala de 1-5; 1=resistente, 5= totalmente susceptible.
2 Escala de 1-5; 1=altamente adaptada, 5= mal adaptada.
3 Intermedia, con pústulas pequeñas.

superiores a 2.0 ton/ha. En tanto que sólo un 7 por ciento de las accesiones del germoplasma de estos grupos de color dieron rendimiento de más de 2.0 ton/ha, el 46-48 por ciento de las selecciones mejoradas sobrepasaron este nivel. Los Cuadros 11 y 12 presentan los materiales que dieron los mejores rendimientos, en cada grupo con grano de color.

En ambas localidades, los materiales mejorados del CIAT, en todos los colores de grano, superaron en rendimiento a las líneas promisorias y a los materiales del banco de germoplasma. Algunas de estas líneas promisorias son los progenitores de los materiales avanzados del CIAT. Además, entre los diez mejores materiales en cada grupo de grano de color, por lo menos un 50 por ciento presenta buena resistencia a por lo menos dos de los principales patógenos o plagas insectiles. Esto indica que se ha logrado un progreso considerable en la incorporación de buena resistencia con alto potencial de rendimiento. Este logro es especialmente válido en los materiales de grano rojo y de otros colores, en tanto que el mejoramiento del rendimiento, en las líneas de grano negro, no fue tan significativo. El hábito de crecimiento II dominó entre los mejores materiales avanzados del CIAT; sin embargo, entre los primeros diez materiales se observaron algunas pocas líneas sobresalientes del Tipo III. Muchas de las líneas promisorias son inferiores a las líneas avanzadas del CIAT y a las accesiones del germoplasma, lo cual indica que la adición de nuevo material parental al programa de mejoramiento, sería ventajosa.

Cuadro 10.

Porcentajes de frecuencia de características deseables, en selecciones híbridas y en el germoplasma, evaluadas por las disciplinas del Programa de Fríjol, en el Ensayo Preliminar de 1978 (EP).

Características	Germoplasma seleccionado				Selecciones híbridas			
	Color del grano			Número de entradas seleccio-nadas	Color de grano			Número de entradas seleccio-nadas
	Negro	Rojo	Otros		Negro	Rojo	Otros	
1. Rendimiento > 200 g/m²[1]	37.0	7.0	7.2	455	61.05	46.4	48.5	277
2. Adaptación > 2.5[2]	44.4	2.2	10.5	498	29.1	7.1	13.9	277
3. Añublo bacterial < 3.5[3]	11.5	49.4	31.3	472	44.3	71.4	47.5	278
4. Roya, resistencia alta o intermedia	6.4	28.4	14.1	401	57.1	35.7	34.7	278
5. BCMV, resistencia o segregación de resistencia	72.6	5.6	40.3	208	99.3	88.9	96.0	274
6. Mancha angular ≤ 3.0[3]	67.8	28.2	41.5	464	29.3	68.4	48.5	267
7. Empoasca ≤ 3.0[3]	64.1	14.3	21.1	493	65.8	32.1	29.7	278
8. Insensibilidad al fotoperíodo o ligeramente sensible	95.8	54.6	86.8	150	81.8	56.3	62.3	206
9. 1 + 2 + 3 + 5 + 7	0	0	0	500	19.5	10.7	5.9	278
10. 1 + 2 + 5 + 6	0	0	0	500	4.0	1.0	3.5	278

1 Promedio combinado de ensayos replicados en dos localidades
2 Escala en evaluación: 5 = excelente; 1 = deficiente.
3 Con base en: 1 = inmune; 2 = muy resistente; 3 = resistente; 4 = susceptible; 5 = muy susceptible.

Cuadro 11.

Rendimientos promedio, en comparación con las medias del grupo, de los materiales sobresalientes incluídos en los Ensayos Preliminares (EP), de 1978, en CIAT-Palmira.

	Rendimiento (ton/ha) de:		
	Materiales genéticos del CIAT	Líneas promisorias	Materiales del germoplasma
Materiales rojos			
Mejor material	2.94	1.87	2.24
Media de los 10 mejores materiales	2.05	1.48	1.44
Media de todos los materiales evaluados	1.72	1.19	0.97
	(22)[1]	(12)	(12)
D.M.S. (0.05)	0.60	0.48	0.45
C.V. (%)	21	24	28
Materiales negros			
Mejor material	2.62	2.24	2.05
Media de los 10 mejores materiales	2.33	2.02	1.82
Media de todos los materiales evaluados	1.84	1.51	1.41
	(122)	(110)	(47)
D.M.S. (0.05)	0.68	0.53	0.73
C.V. (%)	23	22	31
Materiales de otros colores			
Mejor material	2.55	2.00	1.78
Media de los 10 mejores materiales	2.20	1.73	1.48
Media de todos los materiales evaluados	1.79	1.23	1.09
	(64)	(51)	(36)
D.M.S. (0.05)	0.54	0.56	0.49
C.V. (%)	19	28	27

1 Los valores entre paréntesis representan el número de materiales evaluados en el grupo.

Los materiales que produjeron los mejores rendimientos en CIAT-Palmira no dieron necesariamente los mejores rendimientos en Candelaria. Esto sugiere que es necesario tener en cuenta ciertos factores, además de la temperatura o la altitud, al evaluar los materiales por su amplia adaptación.

3) El Cuadro 13 desglosa los resultados para sensibilidad del fotoperíodo en 353 líneas avanzadas de mejoramiento, de las cuales 206 provinieron del ensayo EP. Aunque en esta etapa, la respuesta al fotoperíodo no se está utilizando como un estricto criterio de selección, es interesante notar un aumento marcado en la proporción de líneas insensibles entre el material avanzado de mejoramiento, en comparación con los datos combinados de selecciones anteriores hechas en las colecciones de germoplasma. Sin embargo, hay indicaciones de una disminución en la proporción de material insensible al fotoperíodo del germoplasma seleccionado en relación con las líneas avan-

Cuadro 12.

Rendimientos promedio, en comparación con la media del grupo, de los materiales sobresalientes incluídos en los Ensayos Preliminares (EP) de 1978, en Candelaria, Departamento del Valle, Colombia.

	Rendimiento (ton/ha) de:		
	Materiales genéticos del CIAT	Líneas promisorias	Materiales del germoplasma
Materiales rojos			
Mejor material	2.91	2.20	2.03
Media de los 10 mejores materiales	2.50	1.91	1.82
Media de todos los materiales evaluados	2.34 (13)[1]	1.54 (30)	1.51 (20)
D.M.S. (0.05)	0.82	0.82	0.66
C.V. (%)	21	37	27
Materiales negros			
Mejor material	3.55	2.75	3.01
Media de los 10 mejores materiales	2.88	2.66	2.79
Media de todos los materiales evaluados	2.02 (117)	2.12 (92)	2.24 (43)
D.M.S. (0.05)	0.71	0.45	1.05
C.V. (%)	23	13	29
Materiales de otros colores			
Mejor material	2.92	2.83	2.48
Media de los 10 mejores materiales	2.69	2.20	2.20
Media de todos los materiales evaluados	2.08 (64)	1.61 (18)	1.58 (35)
D.M.S. (0.05)	0.67	0.97	1.04
C.V. (%)	20	36	40

1 Los valores entre paréntesis representan el número de materiales evaluados en el grupo.

zadas del mejoramiento (Cuadro 10). Aún cuando no forman parte del sistema EP, durante 1977-78 se evaluó un total de otras 541 líneas promisorias y selecciones de mejoramiento, en ensayos de rendimiento. El Cuadro 14 presenta una lista de las introducciones sobresalientes.

Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol

En 1976, se inició una red de ensayos internacionales de rendimiento de fríjol, al iniciar la operación del programa del Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN[1]). En los tres años en los cuales ha operado esta red de investigación, han participado 48 países y se ha distribuído, por todo el mundo, un total de 348 experimentos. El 80 por ciento de los ensayos ha sido enviado a países de América Latina (Cuadro 15).

Durante los primeros dos años de operación de la red, la fuente principal de

1 International Bean Yield and Adaptation Nursery.

Cuadro 13.

Resumen de los resultados de selección por fotoperíodo entre las líneas genéticas avanzadas (etapa EP), en CIAT-Palmira, durante 1978A, en comparación con la distribución de la sensibilidad al fotoperíodo, en todas las colecciones de germoplasma previamente seleccionadas.

Hábito de crecimiento	Clasificación de la respuesta al fotoperíodo[1]					
	<4 1	4-10 2	11-20 3	21-30 4	>30 5	Total
I	25[2]	-	-	-	-	25
	(100)					(100)
II	194	28	46	3	4	275
	(71)	(10)	(17)	(1)	(1)	(100)
III	29	6	13	4	1	53
	(55)	11	(25)	(7)	(2)	(100)
Total	248	34	59	7	5	(353)
	(70)	(10)	(17)	(2)	(1)	(100)
% de distribución[3] en la colección de germoplasma	41	12	23	12	12	(100)

1 Rango de retraso (en días) en la floración en días de 18 h, en comparación con la longitud natural del día (12 h 20 m).
2 Los datos que no están entre paréntesis corresponden al número de accesiones, en cada clasificación, por hábito de crecimiento y los que están entre paréntesis, al porcentaje para cada grupo de hábito de crecimiento.
3 Ver el Cuadro 34, página B-42, Informe Anual del CIAT, 1977.

materiales experimentales fue el banco de germoplasma de *Phaseolus* del CIAT. En 1976, se evaluaron 20 variedades, todas proporcionadas por los programas nacionales; en 1977, se evaluaron 39 introducciones nuevas entre las cuales

Cuadro 14.

Mejores materiales promisorios y selecciones para utilizar en mejoramiento, evaluadas en pruebas de rendimiento, durante 1977-78.

Identificación	Hábito de crecimiento	Color del grano	Rendimiento (ton/ha)	Localidad	Media del ensayo (ton/ha)
FF-28-6-1	II	Negro	3.4	Popayán	2.8
P300	II	Negro	3.3	Popayán	2.8
FF 26-6-1	II	Negro	3.3	Popayán	2.8
ICA Linea 39	II	Negro	3.1	Popayán	2.4
FF 1964-1-CM (8-C)	II	Crema	3.1	Popayán	2.3
FF 2-6-3	II	Negro	2.9	CIAT	2.5
FF 16-20-1-M.M.	II	Rojo	2.8	Popayán	2.3
FF 28-6	II	Negro	2.8	Popayán	2.4

Cuadro 15.

Número de ensayos en el Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN), despachados durante 1976-78.

Región y país	Ensayos despachados					
	IBYAN, 1976		IBYAN, 1977		IBYAN[1] 1978	
	Ensayos despachados	Datos recibidos	Grano de color	Grano negro	Grano de color	Grano negro
América del Sur						
Argentina	-	-	-	1	2	2
Bolivia	3	-	-	-	1	1
Brasil	15	9	3	11	16	16
Chile	4	3	2	3	3	2
Colombia	7	6	8	4	4	4
Ecuador	5	2	1	2	1	-
Guyana	-	-	-	1	1	-
Perú	6	5	1	2	5	3
Uruguay	-	-	-	1	-	1
Venezuela	4	1	-	3	-	3
Total	44	26	15	28	33	32
América Central y México						
Belice	1	-	1	1	3	1
Costa Rica	1	-	2	4	4	5
El Salvador	5	5	-	4	5	4
Guatemala	2	-	-	5	-	5
Honduras	4	3	5	2	11	3
México	3	3	1	1	3	5
Nicaragua	3	2	1	-	2	-
Panamá	1	-	-	-	2	-
Total	20	13	10	17	30	23
Area del Caribe						
Cúba	-	-	-	1	3	3
Rep. Dominicana	3	2	3	-	3	-
Haiti	1	-	1	-	2	-
Jamaica	-	-	2	-	2	-
Puerto Rico	-	-	-	1	1	1
Trinidad & Tobago	1	-	2	-	1	-
Total	5	2	8	2	12	4

1 Hasta noviembre 30, 1978

(continúa)

Cuadro 15. (continuación)

Región y país	Ensayos despachados					
	IBYAN, 1976		IBYAN, 1977		IBYAN[1], 1978	
	Ensayos despachados	Datos recibidos	Grano de color	Grano negro	Grano de color	Grano negro
América del Norte, Europa y Oceanía						
Australia	1	1	-	-	-	-
Bulgaria	-	-	1	-	-	-
Canadá	1	1	1	-	2	1
Gran Bretaña	2	2	-	1	-	-
Portugal	-	-	1	1	-	-
Rusia	1	-	-	-	-	-
España	-	-	1	-	-	-
Estados Unidos	2	2	2	1	1	1
Yugoslavia	1	-	-	-	-	-
Total	8	6	6	3	3	2
Asia						
India	-	-	-	1	-	-
Irán	1	1	-	-	1	-
Israel	1	1	1	-	-	-
Japón	2	1	-	-	-	-
Filipinas	1	1	6	6	-	-
Siria	-	-	-	-	1	-
Tailandia	4	1	-	-	-	-
Total	9	5	7	7	2	-
Africa						
Camerún	-	-	-	-	1	-
Egipto	-	-	1	-	1	-
Gabon	-	-	-	-	3	-
Lesotho	-	-	-	-	1	1
Malawi	1	1	1	-	-	-
Sur Africa	-	-	1	1	1	-
Suazilandia	-	-	1	-	1	-
Tanzania	3	1	-	-	-	-
Total	4	2	4	1	8	1
Gran Total	90	54	50	58	88	62

1 Hasta noviembre 30, 1978.

solamente dos líneas fueron desarrolladas por el CIAT. Sin embargo, en 1978, se evaluaron 36 materiales nuevos, 30 de los cuales fueron líneas mejoradas del CIAT. En resumen, hasta el momento la red de pruebas ha evaluado, bajo un amplio rango de condiciones agroclimáticas, 95 materiales, incluyendo 32 líneas del CIAT (Figura 14).

El Cuadro 16 presenta los resultados para el tercer IBYAN (1978) de materiales

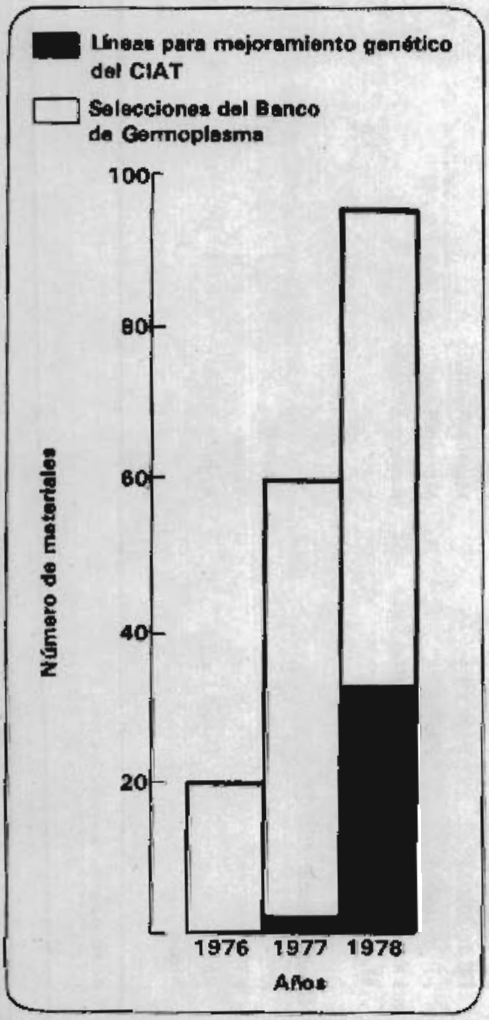


Figura 14. Número acumulado de nuevos materiales evaluados en los Viveros Internacionales de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN), durante 3 años.

de grano de color, sembrados en el primer semestre a nivel local, en CIAT-Palmira y en Popayán. Los rendimientos de las líneas del CIAT fueron excelentes, con niveles que anteriormente sólo habían sido alcanzados por los fríjoles de grano negro. Las cinco mejores líneas de color del CIAT, en estos dos ensayos, dieron rendimientos tan altos como los de ICA-Pijao que es la mejor variedad negra que actualmente se cultiva a nivel comercial en Colombia. Las variedades de zonas templadas —Pinto Dorado y Tórtola Diana— no son aptas para las condiciones ambientales de CIAT-Palmira o Popayán, pero ambos materiales dan excelentes rendimientos en Chile, su lugar de origen.

El IBYAN 1978 formado con materiales de grano negro incluyó un grupo de líneas de mejoramiento muy promisorias, entre ellas, los materiales FF2-6-3M-M, FF24-1-M-CB-M, FF26-6-1 -M-M-M y FF28-6 1-M-M-M. El primero de ellos dio, en especial, un buen rendimiento en CIAT-Palmira y en Popayán y el último dio el mayor rendimiento en Popayán, entre todos los materiales evaluados (Cuadro 17).

Implicaciones Fisiológicas y Metodológicas del IBYAN de 1976. Se han iniciado estudios sobre las implicaciones fisiológicas de los resultados obtenidos en los ensayos IBYAN de 1976. Como primer paso en esta evaluación, se agruparon las fenologías de floración de 20 introducciones internacionales por la similitud de su comportamiento en diversas localidades del mundo (en un rango de latitud de 0° a 53°). La Figura 15 presenta los grupos definidos por el análisis de agrupamiento, según los días hasta la floración. El hábito de crecimiento observado para cada línea en el CIAT y la clasificación, según el fotoperíodo, se presentan a la izquierda de los grupos. El agrupamiento había sido muy eficiente para discriminar los grupos

Cuadro 16.

Rendimiento de variedades y líneas avanzadas no negras, en el Tercer Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN), cultivado en CIAT-Palmira y en Popayán, en 1978A.

Accesión	Pedigrí o nombre	Color del grano	Hábito de crecimiento	Palmira		Popayán	
				Rendimiento (ton/ha)	No. en evaluación jerárquizada	Rendimiento (ton/ha)	No. en evaluación jerárquizada
Mejores líneas genéticas del CIAT[1]							
FF 16-3-M	P459 x P4	Amarillo		3.4	1		
FF 16-3-1-M	P459 x P4	Amarillo		3.3	2		
FF 16-26-2-M	P459 x P4	Rojo		2.8	7		
FF 12-13-1-M	P459 x P567	Blanco		2.8	8	2.8	7
FF 16-10-2- CM-M	P459 x P4	Rojo-Marrón-Amarillo		2.8	9		
FF 16-10-1- CM-M	P459 x P4	Rojo				2.9	1
FF 16-20-1-M	P459 x P4	Marrón-Amarillo				2.9	2
FF 16-20-2-M	P459 x P4	Marrón-Rojo				2.9	3
FF 16-20-3-M	P459 x P4	Rosado-Amarillo				2.8	5
Media				3.0		2.9	
Líneas estándar P[1]							
P402	Brasil 2	Marrón	I	3.2	3	2.7	9
P756	-	Blanco	II	2.7	10	2.7	13
P692	Diacol Calima	Rojo (moteado)	I	2.6	19	2.6	14
Media				2.8		2.6	

1 Accesiones comunes para cada ensayo.

(continúa)

Cuadro 16. continuación.

Accesión	Pedigrí o nombre	Color del grano	Hábito de crecimiento	Palmira		Popayán	
				Rendimiento (ton/ha)	No. en evaluación jerárquizada	Rendimiento (ton/ha)	No. en evaluación jerárquizada
Accesiones de los programas nacionales[1]							
INIA-Chile	Pinto Dorado	Crema (moteado)	I	2.4	24	2.6	16
INIA-Chile	Tortola Diana	Gris	III	1.9	25	1.9	25
Media				2.2		2.2	
Testigos locales							
	ICA-Pijao	Negro	II	3.1	4	2.7	12
	C-63 S-630-B	Crema	II	3.1	5	2.6	17
	Puebla 152	Marrón	III	3.0	6	2.8	4
	Flor 76	Rojo	I	2.7	15	-	
	Porr. Sintetico	Negro	II	2.6	18	2.4	23
	Nep-2	Blanco	I			2.7	10
Media				2.9		2.6	
Media de 25 materiales				2.7		2.6	
D.M.S. (0.05)				0.5		0.4	
C.V. (%)				11.28		8.71	

1 Accesiones comunes para cada ensayo.

Cuadro 17.

Rendimiento de variedades y líneas avanzadas negras, en el Tercer Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN), cultivado en CIAT-Palmira y Popayán, en 1978A.

Accesión		Pedigrí o nombre	Hábito de crecimiento	Palmira		Popayán	
				Rendimiento (ton/ha)	No. en evaluación jerarquizada	Rendimiento (ton/ha)	No. en evaluación jerarquizada
Mejores líneas genéticas del CIAT[1]							
FF 2-6-3-CM-M	F_7	P459 x P6	III	2.9	3	2.8	3
FF 49-1-1-M-M	F_5	(P459 x P8) (P8 x P568)	III	2.8	4		
FF 24-9-1-M-CB-M	F_6	(P459 x P488) (P459 x P568)	II	2.8	5		
FF 831-CB-CM-CM	F_5	P346 x P720	II	2.7	7		
FF 1282-CB-CM-M	F_5	(P538 x P337) (P556 X P685)	II	2.6	9		
FF 28-6-1-M-M-M	F_6	(P459 x P568) (P488 x P568)	II			3.0	1
FF 26-6-1-M-M-M	F_6	(P566 x P568) (P459 x P568)	II			2.8	2
FF 551-CB-CM-M	F_5	P511 x P5	II			2.6	6
FF 45-2-M-M-M-M	F_5	(P459 x P568) (P8 x P568)	III			2.6	8
Media				2.8		2.8	
Líneas estándar P[1]							
P675		ICA-Pijao	II	2.9	2	2.3	18
P737		Jamapa	II	2.6	10	2.4	15
P566		Porrillo Sintetico	II	2.3	18	2.1	24
Media				2.6		2.3	
Accesiones de programas nacionales[1]							
INIA-Chile		Negro Argel	II	2.8	6	-	
ICA 77A 10103		Venezuela 44 x Jamapa	II	2.7	8	2.4	13
Media				2.8		2.4	
Testigos locales							
		Ex Rico	II	3.0	1	2.8	4
		ICA-Tui	II	2.5	12	2.6	7
		S-166-A N-555	II	2.5	13	2.4	14
		PI 309 804	II	2.5	14	2.7	5
		Venezuela 2	II	2.1	23	1.4	25
Media				2.5		2.4	
Media de 25 materiales				2.5		2.4	
D.M.S. (0.05)				0.5		0.4	

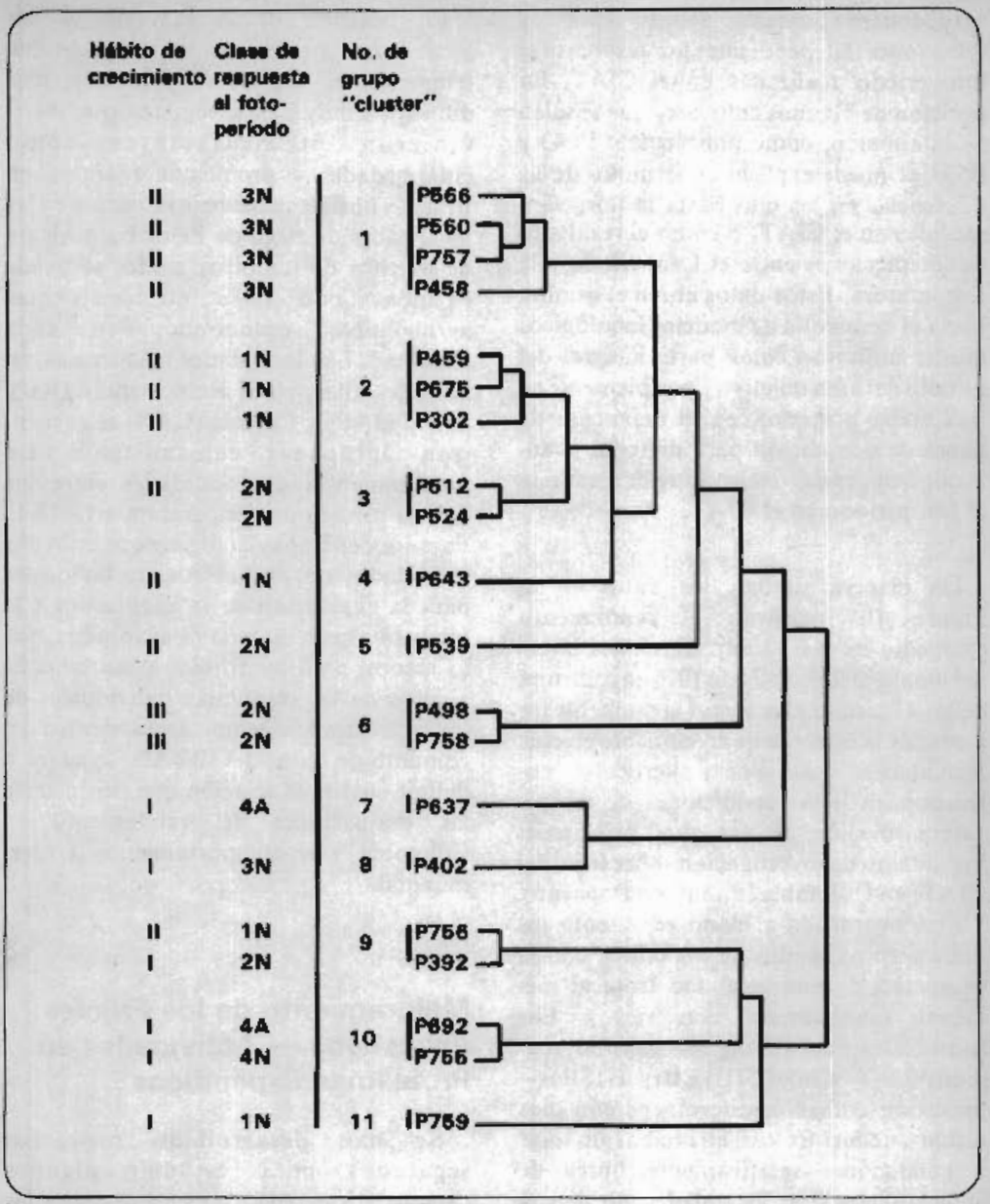


Figura 15. Diagrama del análisis "cluster"* sobre la similitud de la fenología de la floración, en 27 localidades del mundo, en las cuales se evaluó el IBYAN de 1976 (a la derecha de la línea vertical), en comparación con la evaluación independiente de la sensibilidad al fotoperíodo en CIAT-Palmira (a la izquierda de la línea vertical). Clases de fotoperíodo: 1 = <4 días de retraso en la floración en 18 horas (h) en comparación con 12 h 20 min; 2=4-10 días; 3=11-20 días; 4=21-30 días; 5= >30 días. N= floración normal (en 18 h) cuando se inicia la floración; A=floración anormal, con abición. (*Análisis de conglomerados, traducción del término inglés "cluster analysis").

por hábitos de crecimiento y respuesta al fotoperíodo, dentro de un hábito de crecimiento. Esto significa que los cultivares, dentro de cada grupo, se comportaban en forma similar en términos de su fenología en todas las localidades y el

agrupamiento estaba acorde con las selecciones independientes por respuesta al fotoperíodo realizadas en el CIAT. La posición de algunos cultivares que se salen de este marco, como por ejemplo P643 y P539, se puede explicar en términos de las diferencias en los días hasta la floración, medidas en el CIAT, o como el resultado de interacciones entre el fotoperíodo y la temperatura. Estos datos abren el camino hacia el desarrollo de modelos fenológicos que se utilizarán como parte integral del estudio del área objetivo y posiblemente en una etapa posterior, en la definición de zonas de adaptación para material avanzado, después de su selección por respuesta al fotoperíodo en el CIAT.

De manera similar, los datos en la Figura 16 muestran el rendimiento promedio de las 20 introducciones internacionales del IBYAN de 1976 en cada una de las 41 localidades *versus* la temperatura media de la estación de crecimiento en esas localidades. Las líneas verticales corresponden a las condiciones de temperatura medias en las dos principales localidades de investigación sobre fríjol del CIAT, en Colombia (Palmira y Popayán). La curva trazada a mano representa los límites aproximados de los datos, con la excepción de una localidad tropical mexicana (subhúmeda, con riego). Las localidades que dieron los mayores rendimientos — Chile (CHI) e Israel (ISR) — presentan climas mediterráneos con días cálidos, noches frescas, alta radiación solar y condiciones relativamente libres de enfermedades. Las localidades que dieron el menor rendimiento — la zona costanera de El Salvador (ELS) y Filipinas (FIL) — presentaron altas temperaturas, alta humedad y alta presión por enfermedades. La localidad colombiana de temperatura alta (Santa Fé) presenta un clima subhúmedo y libre de enfermedades, pero el riego no fue adecuado para prevenir la sequía severa.

La posición de la mayoría de las localidades brasileras y peruanas en temperaturas "óptimas" pero con rendimientos muy bajos, sugieren que intervinieron otros factores como enfermedades y problemas edáficos, en Brasil, y posiblemente baja radiación en las localidades de riego de Perú. La posición de muchos de los otros puntos se puede explicar con base en problemas agronómicos encontrados en cada localidad. Las localidades más frescas, en latitudes altas, en el Reino Unido (RU), Japón (JAP) y Canadá (CAN) se encuentran agrupadas cercanamente. La predominancia de localidades entre los límites medios de temperatura en CIAT-Palmira y en Popayán sugiere que estas dos localidades son, probablemente, las ideales para la evaluación de la adaptación a la temperatura en materiales avanzados, por lo menos, para los fríjoles arbustivos. El análisis de las respuestas individuales de los cultivares a la temperatura, dentro del conjunto de datos del IBYAN, ayudará a definir cuál es la relación que existe entre las evaluaciones del rendimiento en Colombia y el comportamiento a nivel mundial.

Mejoramiento de los Fríjoles Arbustivos — Actividades en Problemas Específicos

Se han desarrollado proyectos separados para estudiar algunas características, en casos en los cuales las evaluaciones del germoplasma disponible han fallado en indicar cuál es la magnitud del rango de la diversidad que se considera adecuada. Se ha planeado que estos proyectos hagan resaltar los niveles de tolerancia a enfermedades o a insectos y faciliten obtener plantas con mejor arquitectura, las cuales presenten también un mayor potencial de rendimiento.

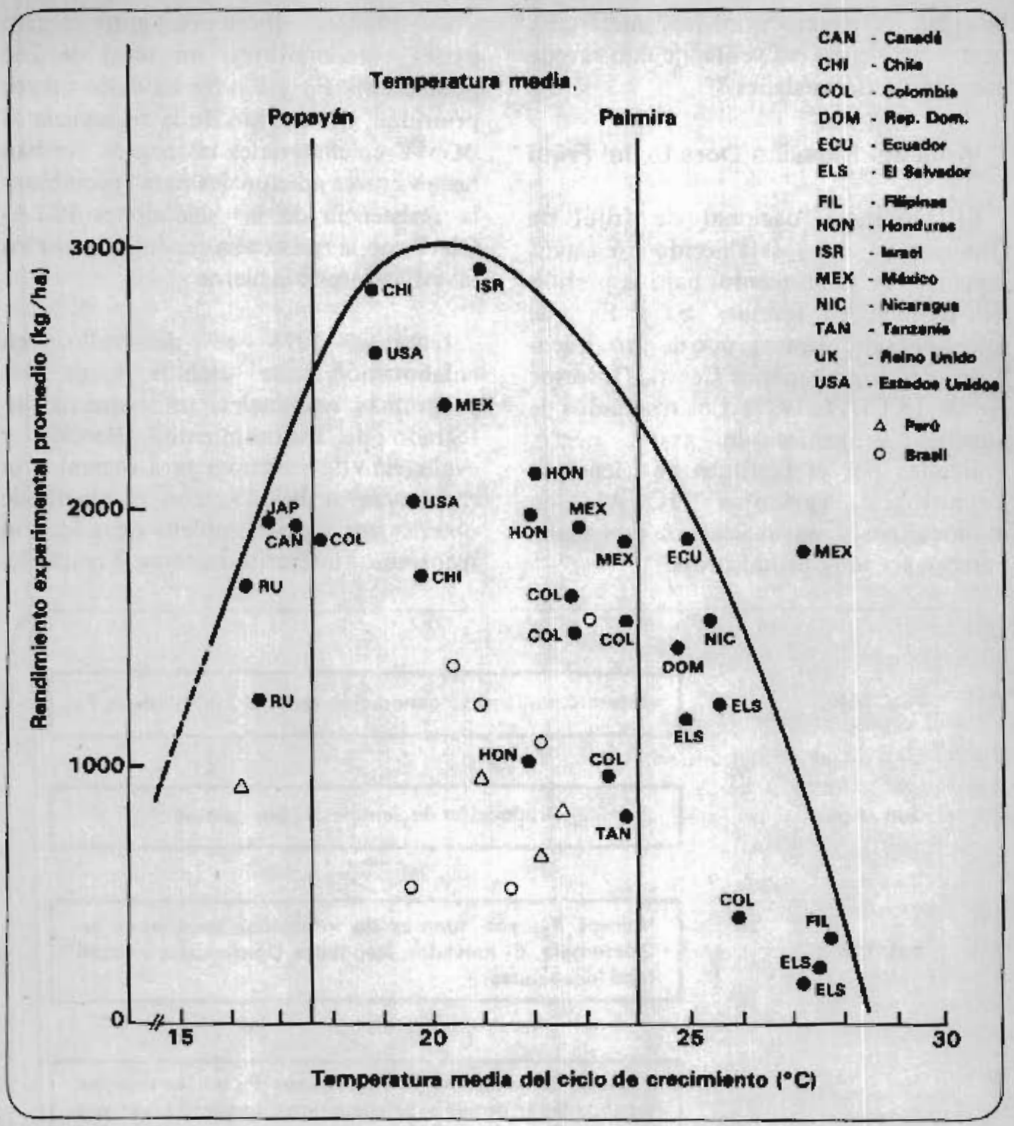


Figura 16. Rendimiento promedio de 20 accesiones comunes, en el IBYAN de 1976, *versus* la temperatura media del ciclo de crecimiento para cada una de las 41 localidades de las cuales se dispone de datos sobre temperatura. Los datos para Brasil y Perú se identifican separadamente. Chile e Israel presentan los dos niveles de rendimiento más altos. Los otros países se identifican por sus tres primeras letras.

Añublo Bacterial Común

Se están evaluando cruces provenientes del intercruzamiento de selecciones de progenies de P698 y P684, y varias familias de los programas básicos de mejoramiento que han demostrado tener resistencia al añublo. Se están intensificando las actividades de mejoramiento para aumentar la resistencia genética a *Xanthomonas phaseoli*, bacteria que parece ser la más ampliamente difundida y uno de los factores limitantes del rendimiento de fríjol en América Latina. Los resultados de la selección de una diversidad de materiales del germoplasma del banco y de progenies

híbridas, sugieren que los materiales negros no tienen esa ventaja como sucede con otras enfermedades.

Virus del Mosaico Dorado del Frijol

El programa nacional de fríjol de Guatemala ha establecido ensayos repetidos de rendimiento, bajo la presión del BGMV, en familias F_4 y F_5 de selecciones del primer grupo de cruzamientos evaluado en América Central (Informe Anual del CIAT, 1977). Los resultados de aquellas progenies de grano negro, evaluadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), en monocultivo y en asociación con maíz, parecen ser muy promisorios.

En 1977, se distribuyó, entre cuatro países colaboradores, un total de 766 poblaciones F_2 y F_3. Se ha dado mayor prioridad al aumento de la resistencia al BGMV en materiales no negros. Se han hecho cruces adicionales para recombinar la resistencia de las selecciones ICTA-CIAT con la resistencia encontrada por los investigadores brasileros.

Durante 1978 se desarrolló, en colaboración con científicos de los programas nacionales, un esquema integrado de mejoramiento, selección y evaluación de progenies para aumentar la resistencia al BGMV, con el objeto de obtener un ciclo completo de selección recurrente e intercruzamientos (Figura 17).

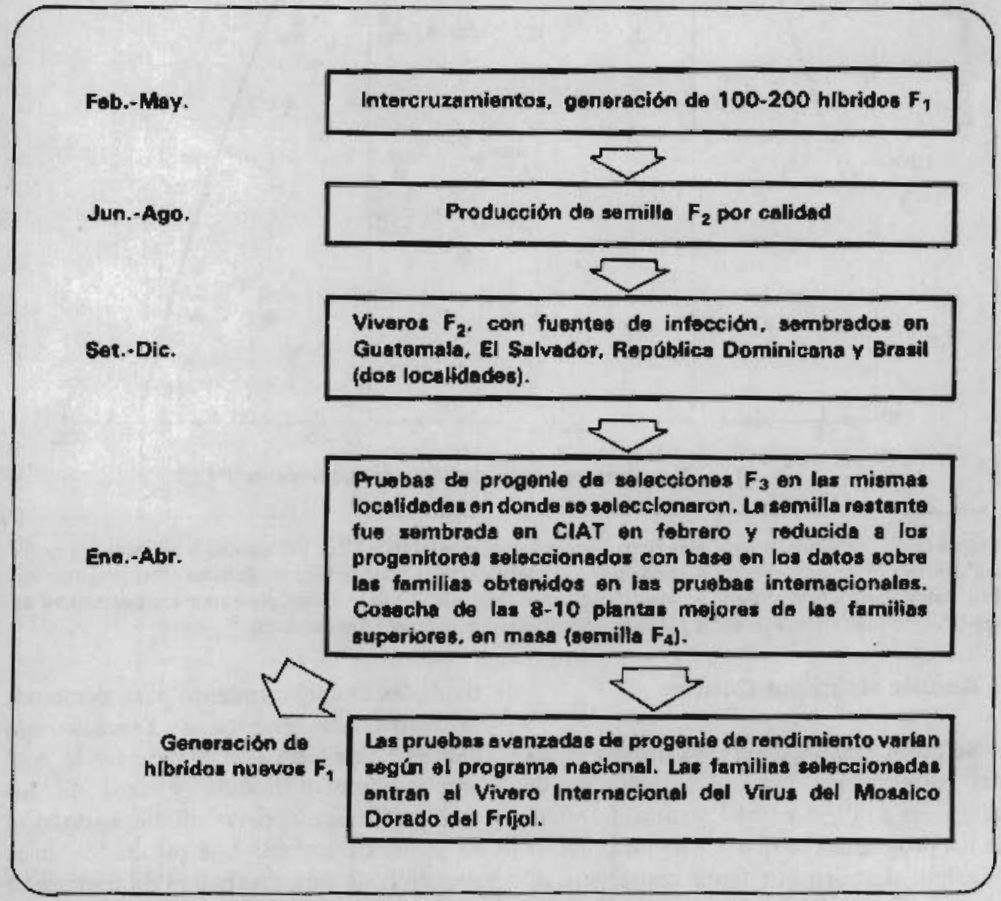


Figura 17. Mejoramiento genético por resistencia del fríjol al virus del mosaico dorado.

Empoasca kraemeri

El mejoramiento por resistencia a *Empoasca kraemeri* ha mejorado a través de tres generaciones de intercruzamientos y selección recurrente desde que se hicieron los cruces iniciales sencillos y dobles (Cuadro 18). Las progenies F_1 se dividen en grupos de invernadero (hembras) y de campo (machos), utilizando semilla F_2 del ciclo anterior para evaluar las progenies bajo la presión del *Empoasca* a nivel de campo. Con base en la evaluación de las progenies se seleccionan los progenitores y se hacen los cruzamientos.

Cuadro 18.

Etapas en el desarrollo de los intercruzamientos de la selección recurrente por resistencia a *Empoasca* spp.

1976-77	- 224 cruces simples y dobles entre progenitores originales, por *Empoasca*. - 100 selecciones evaluadas en 1977. - 54 familias para el VEF, 1978.
1977	- 175 cruzamientos y cruces de tres vías. - 15 progenitores nuevos provenientes del germoplasma. - Inicio de los cruzamientos y pruebas de progenie. - Las mejores 30 familias para el VEF, 1979. - Iniciación de los estudios de heredabilidad.
1978	- 135 cruzamientos. - Pruebas de progenie en el campo 1978B. - Las 28 mejores familias para el VEF, 1979.
1979	- Cruzamientos, pruebas de progenie y selección. - Enfasis en los tipos de grano más grande y no negros. - Examen de las especies relacionadas con *Phaseolus*.

Se hizo una comparación a nivel de campo entre los materiales producidos por diferentes cantidades y métodos de selección (Cuadro 19). Cada material se evaluó visualmente por el daño ocasionado por *Empoasca* (0 = sin daño, 5 = altamente susceptible) y rendimiento de semilla seca por planta. Es evidente la superioridad de los materiales que han sufrido una mayor selección. Las medias de los cuadrados de las varianzas son lo suficientemente similares entre los grupos como para considerar que vienen de una misma población para los dos caracteres evaluados. Las comparaciones entre los grupos indicaron que las selecciones por pedigrí de la población de base y las selecciones utilizadas como progenitores femeninos, para el tercer ciclo de cruzamiento, fueron superiores a la población de base.

El comportamiento relativamente bajo de las selecciones utilizadas como progenitores masculinos, para el tercer ciclo de cruzamientos, tal vez se explica por la confusión de efectos como consecuencia de un ataque severo de moteado clorótico en el vivero, en el cual se hicieron estas selecciones. Los resultados del mejoramiento por *Empoasca* son muy alentadores cuando se tiene en cuenta que la presión de selección se está ejerciendo en favor de las progenies no negras, en tanto que la mayoría de los progenitores resistentes a *Empoasca* son de grano negro o "mulatinho" (de color crema claro).

Arquitectura de la Planta

Con base en el germoplasma disponible, se iniciaron proyectos de mejoramiento en

Cuadro 19.

Puntaje promedio de resistencia a *Empoasca* y rendimientos de ocho grupos de materiales que son representativos de diferentes etapas de selección, evaluados bajo presión de poblaciones de *Empoasca*, en CIAT-Palmira.

Grupo de germoplasma	Evaluación por *Empoasca*[1]			Rendimientos (g/planta)	
	No.	Prom.	Cuadrados medios	Prom.	Cuadrados medios
Progenitores y cruces simples	59	2.39	.812	15.4	46.63
Progenitores iniciales[2]	19	2.34	1.008	16.3	58.42
Cruces dobles	40	2.44	.884	16.8	41.57
Selección masal de cruces dobles	40	2.16	.870	17.6	68.07
Selecciones por pedigrí de cruces simples	40	2.08	.851	17.9	60.51
Nuevo germoplasma[3]	15	2.33	1.062	14.9	82.39
Progenitor masculino para el cuarto ciclo de cruces	67	2.26	.861	18.6	49.15
Progenitor femenino para el cuarto ciclo de cruces	37	1.91	.909	19.7	58.00

1 Escala de evaluación de 1-5: 1 = altamente resistente; 5 = altamente susceptible.
2 Considerada como población de base.
3 Nuevas accesiones del banco, introducidas al bloque de cruces.

el ciclo de siembra 1978B por: resistencia al volcamiento, poco follaje, madurez temprana, floración y senescencia foliar tardía. El Cuadro 20 presenta el número de progenitores utilizados y el número de cruzamientos hechos. Durante el ciclo de siembra 1978B, en Popayán, se seleccionaron aproximadamente 400 familias F_3 y 128 poblaciones F_2, que sean de interés por las características de la arquitectura de las plantas. Para hacer evaluaciones posteriores se seleccionaron aproximadamente 45 familias F_3 y 483 selecciones de plantas individuales de 48 poblaciones F_2 con resistencia a la antracnosis y con buena adaptación.

Tolerancia a la Sequía

El fisiólogo del equipo de fríjol identificó materiales con niveles moderados de tolerancia a la sequía. Con base en los resultados obtenidos en observaciones adicionales, se seleccionaron 12 fuentes de tolerancia a la sequía y 4 cultivares importantes en las áreas objetivo, para iniciar el proyecto de mejoramiento. Se hicieron seis cruzamientos para contribuir al mejoramiento de la tolerancia a la sequía pero la técnica actual de selección parece que es inadecuada para evaluar poblaciones segregantes y familias en generaciones tempranas.

Mejoramiento de Fríjoles Trepadores

En 1978, el programa de mejoramiento de fríjoles trepadores se desarrolló rápidamente. Este programa está enfocado principalmente hacia el mejoramiento de variedades de fríjol aptas para incorporarlas a sistemas de cultivos asociados con maíz. Dentro del rango de

Cuadro 20.

Resumen sobre los progenitores utilizados en los trabajos de cruces de campo, empleados por el Programa de Fríjol, 1978.

Objetivos	No. de progenitores utilizados	No. de cruces
1. Resistencia a la antracnosis	22	107
2. Resistencia al volcamiento	4	14
3. Follaje no frondoso	5	8
4. Tolerancia a la sequía	4	6
5. Heterosis	15	14
6. Misceláneos (no específicos)	29	142
Total	79	291

temperaturas más adecuadas para la producción de fríjol en América Latina (ver página C-52), la producción de fríjol trepador tiende a ubicarse hacia el segmento más fresco de la escala. Es decir, actualmente la producción de fríjol trepador proviene, en su mayor parte, de las regiones de tierras altas de América Central y del Sur, en donde está integrada en sistema de asociación directa o de relevo con maíz. Se considera que el rango de temperaturas más determinante para América del Sur está bien representado por dos localidades de Colombia: Popayán (1850 m) e ICA-La Selva (2200 m), y para América Central por: CIAT-Palmira (1000 m) y Popayán. Se está localizando una cuarta localidad ICA-Obonuco (2700 m), para evaluar materiales por su adaptación a tierras muy altas; en esta forma, se está cubriendo casi totalmente el rango de temperaturas del cual proviene la mayor parte de la producción de fríjol.

Programa de Cruzamientos y Selección en Generaciones Tempranas

En 1978, se hizo un total de 231 cruzamientos de fríjol trepador, todos ellos cruzamientos simples, divididos en proyectos, según los colores de grano preferidos en diferentes localidades; tales cruzamientos constituyen la base sobre la cual, posteriormente, se dirigirá el programa de selección y nuevas combinaciones genéticas (Cuadro 21). También, se inició un programa de retrocruzamientos en colaboración con el ICA (Colombia) para fríjoles trepadores adaptados a las tierras altas, con un tipo de grano comercialmente aceptable en los países andinos, en las tierras altas de México y algunas áreas frijoleras de América Central. Los progenitores recurrentes seleccionados fueron: Cargamanto (grano grande, con un moteado crema/rojo), Ecuador 51 (grano grande, amarillo), e ICA L.32980 M (4) (grano grande, rojo). Estas variedades presentan características agronómicas útiles para el cultivo de relevo y la asociación con maíz, bajo condiciones de temperaturas medias inferiores a aproximadamente 20°C. El programa de retrocruzamientos tiene por objetivo el de introducir resistencia a la antracnosis y al BCMV, en las variedades mencionadas.

También, se sembró un total de 129 poblaciones híbridas F_2 para evaluarlas por resistencia al BCMV, a la roya y a la

Cuadro 21.

Híbridos realizados según el color del grano proyectado, en las actividades de cruzamientos de fríjoles trepadores, en el Programa de Fríjol del CIAT, 1978.

Color de grano proyectado	No. de hibridaciones	Porcentaje del total
Negro	111	48
Rojo	57	25
Amarillo	23	10
Crema	18	8
Café	15	6
Blanco	7	3

Cuadro 22.

Algunas selecciones de fríjoles trepadores hechas en los ensayos de pruebas de progenie y de los ensayos preliminares de rendimiento, en 1978.

Identificación		No. de selecciones de plantas individuales F_2	Reacción a:			Rendimiento(kg/ha)		Hábito de crecimiento	Color[6] del grano
Código del fríjol trepador	Cruzamiento		Lorito verde[1]	BCMV[2]	Antracnosis[3]	Palmira[4]	Popayán[5]		
16	P459 x G2115	4	2.5	R	U	503	1801	III b	Rojo
248	G3762 x G3738	9	2.5	R	R	2004	1342	IV b	Negro
259	G5710 x G3736	6	5.0	R	R	1452	1042	IV a	Crema moteado
615	G1813 x G3738	5	3.8	R	R	1574	1111	IV a	Amarillo
623	G3130 x G3738	15	2.2	R	R	1573	1123	IV a	Negro
623	G3130 x G3738	20	3.2	R	S	1590	2257	IV a	Negro
623	G3130 x G3738	29	2.0	R	S	1262	1991	IV a	Negro
3632	G881 x G2540	16	2.8	R	S	1385	1478	IV b	Blanco

1 Media de tres valuaciones; los valores hasta 3 indican tolerancia aceptable.
2 Prueba de plántulas en invernadero; R= resistencia uniforme.
3 Bajo inoculaciones de campo; R = resistente, I = incierto, S = susceptible.
4 Sembrado a una densidad de 40,000 plantas/ha, conjuntamente con maíz a la misma densidad, con dos aplicaciones de insecticidas.
5 Sembrado a una densidad de 40,000 plantas/ha, bajo tallos maduros de maíz a la misma densidad, con dos aplicaciones de insecticidas.
6 Selección masal, al momento de la cosecha, hecha por uniformidad de color del grano.

antracnosis. Las plantas que presentaron resistencia o tolerancia se seleccionaron individualmente, según el tipo de planta, tipo de vaina y color del grano.

Pruebas de Progenie y Ensayos Preliminares de Rendimiento

En el primer ciclo de siembra de 1978, se evaluó un total de 300 progenies correspondientes a selecciones individuales de plantas, hechas en CIAT-Palmira, en evaluaciones paralelas: en el invernadero, por su resistencia al BCMV; en el campo (Popayán), por antracnosis; en el campo (Palmira — estación seca) por *Empoasca;* y en los ensayos preliminares de rendimiento (dos repeticiones), en Palmira y en Popayán. Esta metodología permite manejar la gran cantidad de semilla producida por las selecciones individuales de plantas de fríjoles trepadores.

Entre estos materiales, el 74 por ciento fue totalmente resistente al BCMV y el 22 por ciento presentó niveles aceptables de tolerancia a *Empoasca.* El Cuadro 22 presenta datos para algunas de las selecciones sobresalientes.

Ensayos Internacionales de Fríjoles Trepadores

En 1978, se organizó el primer Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Fríjol para fríjoles trepadores (IBYAN-trepadores). La metodología utilizada es, básicamente, la ya desarrollada para los fríjoles arbustivos pero cada país colaborador tiene la alternativa de sembrar el fríjol trepador simultáneamente con variedades locales de maíz o en sistemas de relevo, dependiendo de la práctica común o del sistema más apropiado para el área. Se considera que este es el primer ensayo internacional de variedades seleccionadas para sistemas de cultivos asociados.

Los objetivos de este programa cooperativo son: primero poner a la disposición de los programas nacionales los mejores materiales seleccionados por el CIAT e incluidos en el banco de germoplasma o procedentes de los proyectos de mejoramiento, y segundo, evaluar el progreso logrado año tras año, con los materiales seleccionados por el CIAT, en comparación con las variedades locales testigo, bajo una diversidad de condiciones ambientales.

Debido a las estrictas preferencias del consumidor, a nivel local, el ensayo está dividido según el color del grano: materiales negros, con nueve variedades y un testigo; y otros colores, con 24 variedades y un testigo.

Los ensayos se distribuirán todos los años, en setiembre. En setiembre de 1978, se despacharon 19 ensayos a 13 países, principalmente en América Latina.

EVALUACION Y MEJORAMIENTO DE PRACTICAS AGRONOMICAS

Respuesta a la Densidad de Siembra

Para evaluar la respuesta de las plantas de diferentes hábitos de crecimiento a la densidad de siembra, se sembraron 55 cultivares de los hábitos de crecimiento I, II y III a densidades de siembra de 8 plantas establecidas/m² (una densidad frecuentemente encontrada en los campos de los agricultores) y 24 plantas/m² (una densidad que, en varios ensayos de fríjol

hechos por el CIAT, se ha encontrado como óptima). En la Figura 18 se presentan los rendimientos de las 55 variedades en cada densidad de siembra. En términos generales, los cultivares del Tipo I respondieron significativamente a las mayores densidades, en tanto que los cultivares del Tipo II mostraron una respuesta moderada a la densidad aunque, una vez más, los dos materiales que dieron los rendimientos más altos a una baja densidad (P498 y P758) pertenecen a este hábito de crecimiento.

En otros estudios realizados se demostró que las relaciones espaciales de las plantas, a cualquier densidad, es un factor importante. Por ejemplo, para una planta del Tipo I, con ramificación limitada, el rendimiento a una densidad de 20 plan-

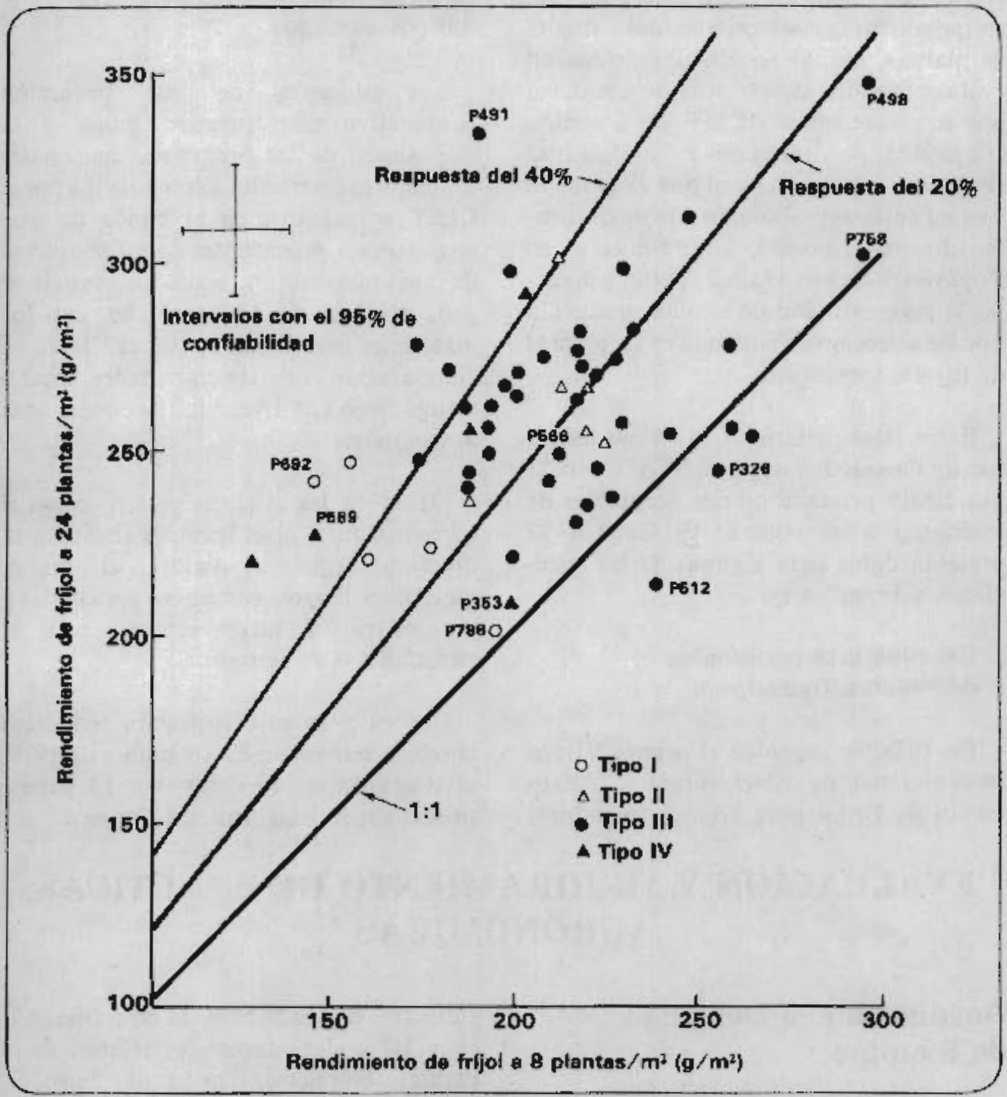


Figura 18. Rendimiento de cultivares seleccionados de fríjol, con hábitos de crecimiento I-IV, en monocultivo, sin soporte, cultivados a razón de 8 plantas/m², en comparación con el rendimiento medido a una densidad de 24 plantas/m², en CIAT-Palmira, en 1978A (Experimento 7807).

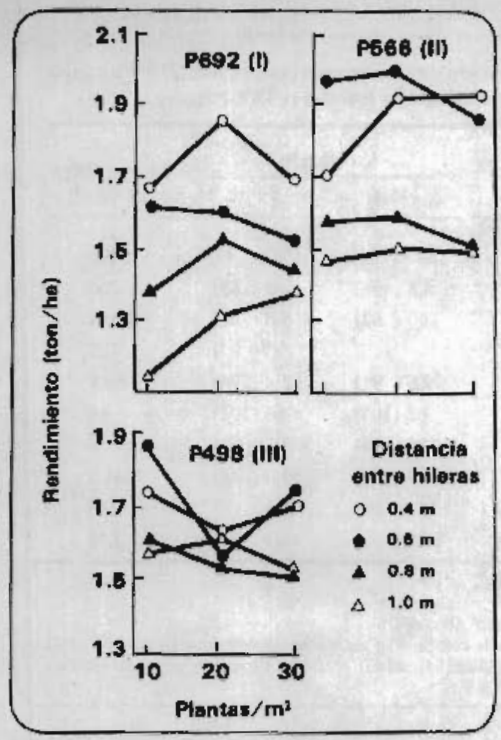


Figura 19. Respuesta de tres cultivares de fríjol, con diferentes hábitos de crecimiento, a diversas densidades de siembra y distancias entre hileras.

tas/m² varió entre 1300 kg/ha cuando las hileras se distanciaron 1.0 m y las semillas se sembraron muy juntas, dentro de la hilera, hasta casi 1900 kg/ha, cuando las hileras se separaron 0.4 m (Figura 19). Un resultado similar ocurrió en la variedad Porrillo Sintético (P566), material del Tipo II, pero el efecto fue mucho menos notorio que en el caso de P498.

Asociación Maíz/Fríjol

Crecimiento y Desarrollo del Maíz y del Fríjol

En 1977-78, se hizo un análisis del crecimiento y del desarrollo de una variedad de fríjol del Tipo IV cultivada en asociación directa con maíz (para asegurar la resistencia al volcamiento se utilizó un híbrido braquítico del ICA). Los rendimientos de ambos cultivos disminuyeron considerablemente cuando se cultivaron en en asociación (Cuadro 23). La variedad de fríjol trepó vigorosamente por los tallos del maíz, los cuales tenían una altura relativamente corta, resultando en una disminución en el rendimiento del maíz del orden del 45 por ciento. En experimentos recientemente hechos en CIAT-Palmira con maíz de altura normal, se registraron reducciones del rendimiento de maíz del orden del 20-30 por ciento. Por otra parte, la reducción del rendimiento del 51 por ciento en fríjol es normal, en la mayoría de las asociaciones directas. Las curvas del área foliar, para las dos especies, se muestran en las Figuras 20 y 21. La competencia temprana del maíz se asoció con una tasa de desarrollo del área foliar más lenta en fríjol, y una menor área foliar máxima en comparación con el monocultivo. En fríjol la duración del área foliar (DAF) se redujo como consecuencia de la competencia presentada por el maíz, en tanto que el maíz presentó una DAF menor después de la floración, presumiblemente debido a una senescencia foliar más rápida, como consecuencia de la competencia presentada por el fríjol. La comparación de los valores de la DAF y del rendimiento/DAF, para las dos especies, sugiere que el fríjol sufrió una mayor reducción en la DAF pero una menor reducción relativa en la eficiencia de la DAF. El perfil vertical del área foliar del fríjol, ubicado por encima de la mayor parte del área foliar del maíz, en la fase final del crecimiento, probablemente contribuyó al sombrío y a la senescencia más rápida de las hojas del maíz, lo cual resultó en una mayor reducción de la eficiencia foliar del maíz.

En un segundo ensayo se tomaron diez genotipos de fríjol y se sembraron en asociación con tres genotipos de maíz (ICA H-210, el maíz braquítico utilizado en el experimento anterior; Suwan I; una

Cuadro 23.

Rendimiento y otros parámetros claves para la asociación directa de maíz (var. ICA H-210) y un fríjol trepador (P 589), en comparación con el monocultivo de ambas especies (CIAT-Palmira, 1977B).

Parámetro	Monocultivo de maíz	Asociación		Monocultivo de fríjol
		Maíz	Fríjol	
Rendimiento (kg/ha)[1]	5734	3185 (55)[2]	1943 (49)[2]	3925
Carozo* o vainas/m²	4.1	2.8 (68)	163 (63)	258
Granos/carozo o vaina	453	280 (62)	5.6 (81)	6.9
Tamaño del grano (mg/semilla)	-	-	183 (97)	189
Indice de cosecha (%)	32.6	29.6 (91)	57.4 (94)	60.9
Días hasta la madurez/floración	59	62 (105)	49 (102)	48
Días hasta la madurez fisiólogica	117	129 (110)	102 (109)	94
Rendimiento por día (kg/ha/día)	49.0	24.7 (50)	19.0 (46)	41.7
Duración del área foliar[3] (DAF)	176	141 (80)	119 (64)	185
Rendimiento/EAF[4]	3.25	2.26 (70)	1.63 (77)	2.12

1 Contenido de humedad del grano; 15%, maíz y 14%, fríjol.
2 Porcentaje de los valores en monocultivo de cada especie.
3 DAF: desde la emergencia hasta la madurez fisiológica (m² días/m²).
4 EAF: Eficiencia del área foliar (g/m² días/m²) (rendimiento con base en un contenido de humedad del 14 ó 15%).
* Raspa de la mazorca o espiga del maíz. Sinónimos: zuro (España); tusa (Colombia, Venezuela y área del Caribe); olote (México y América Central).

selección del CIMMYT de altura intermedia; y La Posta, un maíz alto del CIMMYT). En el cultivo asociado establecido con 40,000 plantas de maíz/ha, La Posta dio rendimientos consistentemente mayores que Suwan I en tanto que el híbrido del ICA, generalmente, dio el menor rendimiento (Figura 22). En contraste, los rendimientos de fríjol generalmente fueron más altos cuando se sembró en asociación con Suwan I. Dos cultivares de fríjol fueron extremadamente vigorosos: G2258 y P503 (Tipo IVb) los cuales presentaron muy buen comportamiento en la asociación (Cuadro 24).

En Colombia, el diferencial de precios para fríjol/maíz es de más de 3:1. Con un diferencial de precios superior a 2.5:1 fue más económico utilizar Suwan I en la asociación que La Posta,variedad que tiene un rendimiento mayor (Figura 23). Cuando se asumió una relación de precios de 3:1, no se observó una diferencia en el ingreso neto entre los cultivares de Tipo IVa y IVb. Sin embargo, los cultivares del Tipo IVb resultaron ser más ventajosos a medida que el diferencial de precios de fríjol/maíz aumentó (Figura 24). Las plantas del Tipo IVa fueron más productivas en monocultivo y por lo tanto, pueden ser preferibles para un sistema de relevo con maíz.

Efecto del Genotipo de Maíz

Se hizo un ensayo con varios genotipos de maíz en asociación directa con el fríjol trepador P589, con el fin de determinar un tipo ideal de maíz para la asociación. En tanto que los rendimientos del maíz disminuyeron en todos los casos, los tipos más altos no sufrieron tanto como los maíces bajos o braquíticos y los maíces con un alto porcentaje de volcamiento radical, tendieron a comportarse relativamente mejor en asociación (Cuadro 25). En casi todos los casos el volcamiento radical se redujo en gran medida como consecuencia

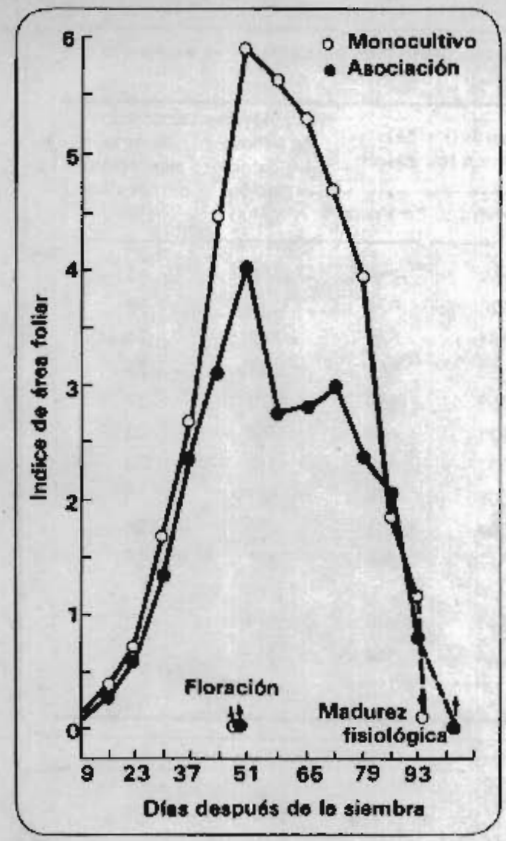


Figura 20. Curva de crecimiento del área foliar para el cultivar de fríjol P589 (IV), cuando se sembró en monocultivo y en asociación con maíz (ICA H-210), en CIAT-Palmira, 1978A.

de la asociación debido al efecto físico del anclaje ejercido por el fríjol trepador sembrado en cualquiera de los costados de la planta de maíz. Por otra parte, en casi todos los casos, el volcamiento de los tallos aumentó en la asociación. Consecuentemente, los genotipos de maíz para sistemas asociados deben ser considerablemente altos y tan resistentes al volcamiento como sea posible.

Evaluación de Herbicidas

Estudios realizados en años anteriores han demostrado que, para las condiciones locales de CIAT-Palmira, la combinación de linuron y fluorodifen, en aplicaciones

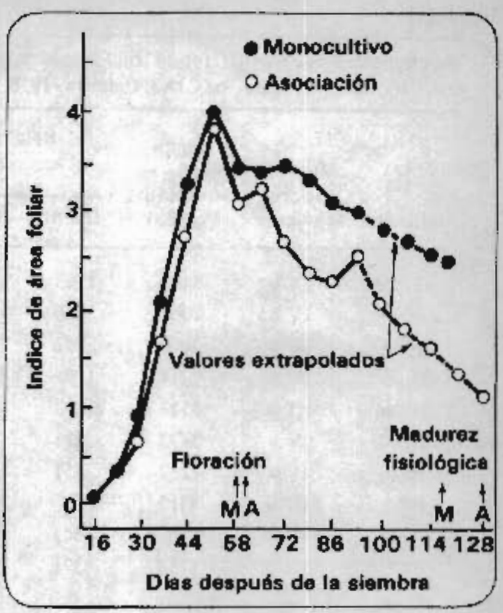


Figura 21. Curva de crecimiento del área foliar para el híbrido braquítico de maíz ICA H-210, en asociación con el cultivar de fríjol P589 (IV), y en monocultivo, en CIAT-Palmira.

preemergentes, controla adecuadamente la mayoría de las malezas que se desarrollan en los campos de fríjol.

Con el fin de encontrar la forma más económica para controlar las malezas, se

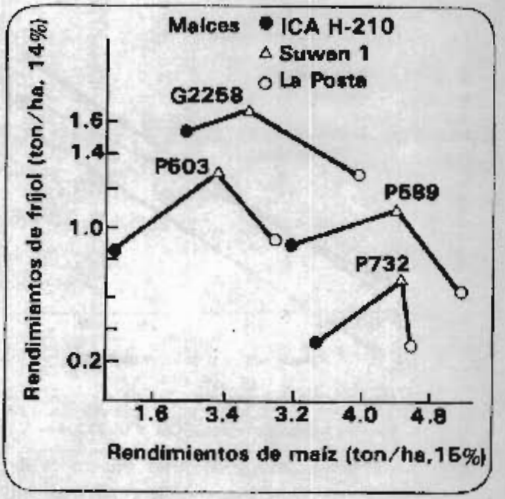


Figura 22. Rendimientos de cuatro variedades de fríjol trepador y tres tipos de maíz, en CIAT-Palmira.

Cuadro 24.

Rendimientos de 10 cultivares de fríjol trepador, en monocultivo (con espalderas) y en asociación con tres variedades de maíz, en CIAT-Palmira, 1978.

Cultivares	Hábito de crecimiento	Rendimiento en monocultivo (kg/ha)	Rendimientos (kg/ha) en asociación con los maíces: H-210	Suwan I	La Posta	Rendimiento promedio en asociación (kg/ha)	Rendimiento de la asociación/ monocultivo (%)
G2258	IV b	3499	1563	1669	1298	1510	43
P503	IV b	2062	856	1320	924	1033	50
P589	IV a	3610	902	1108	636	882	24
P105	IV a	3214	1205	526	668	799	25
P326	III b	3513	893	762	656	770	22
G2801	IV a	3872	821	825	640	762	20
P526	IV a	3263	851	737	603	730	22
P758	III b	3310	597	509	476	527	16
P732	IV a	1762	343	704	321	456	26
P472	III b	1757	371	313	268	317	18
Media		2986	840	847	649	779	
D.M.S. (0.05)		519	364	364	364	210	
Prueba F		21.15***	7.99***	10.14***	5.25***	20.03***	

hizo un experimento en el primer ciclo de siembra de 1978. Se evaluaron cinco compuestos en varias combinaciones y se compararon con el testigo (control manual

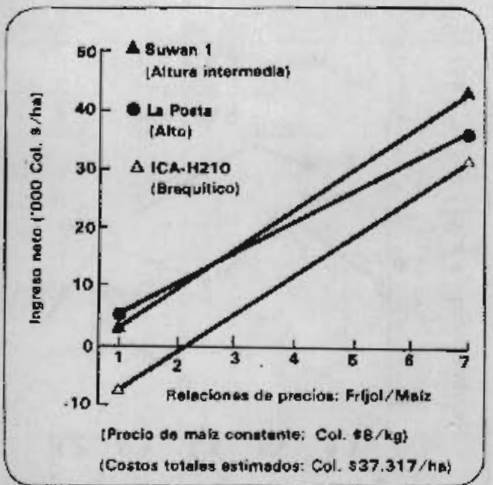


Figura 23. Ingreso neto con varias relaciones de precio fríjol/maíz, para tres genotipos de maíz en asociación con 10 variedades trepadoras de fríjol. (Datos promedios de rendimiento.)

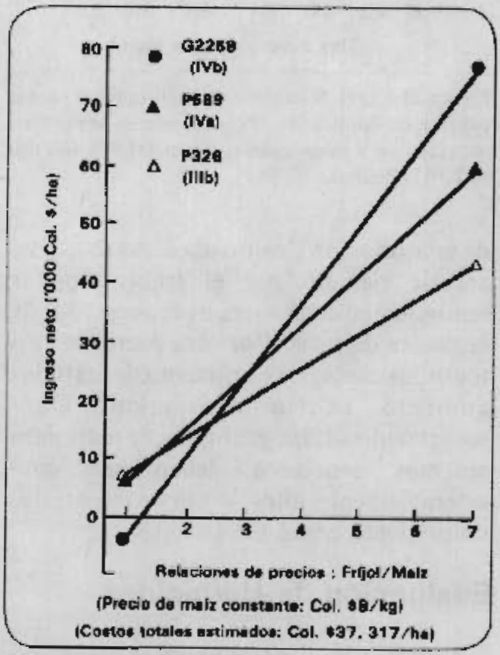


Figura 24. Ingreso neto con varias relaciones de precios de fríjol/maíz, para las variedades de fríjol de mayor rendimiento para cada tipo de planta, en asociación con maíz Suwan I.

Cuadro 25.

Relación entre los rendimientos de siete genotipos diferentes de maíz en asociación (con la variedad de fríjol trepador P589) y los rendimientos del maíz en monocultivo, en CIAT-Palmira, 1978.

Variedad de maíz	Rendimiento de la asociación/ monocultivo (%)	Altura del mono cultivo (cm)	Volcamiento de de los tallos (%)		Volcamiento de tallos inferiores (%)	
			Monocult.	Asocia.	Monocult.	Asocia.
ICA H-209	139	262	1	4	77	17
La Posta	76	256	1	6	43	25
Antigua x Rep. Dominicana	89	246	2	9	81	51
Amarillo Subtropical	81	232	1	26	87	41
ICA H-210	65	191	1	0	2	2
Mezcla Tropical Blanco	78	240	3	1	22	8
ICA-7431 Br. 2	79	228	1	0	6	2

de las malezas a diferentes edades de cultivo). La variedad de fríjol Diacol Calima se sembró en camas con una distancia entre surcos de 0.5 m. Todos los tratamientos químicos se hicieron en aplicaciones preemergentes.

Prácticamente, todas las combinaciones de herbicidas fueron igualmente efectivas para el control de las malezas. Los rendimientos de fríjol con los tratamientos químicos fueron estadísticamente similares al control manual, hasta el momento de la floración (Cuadro 26).

Fertilización del Fríjol con Fósforo

Los estudios realizados en Popayán (Informe Anual del CIAT, 1977), utilizando dosis de fertilización de 0 a 2060 kg de P_2O_5/ha en la forma de superfosfato triple, mostraron que el fríjol tiene un alto requerimiento de P. Cuando estas parcelas se sembraron por tercera vez, para evaluar los efectos residuales de la fertilización, los máximos rendimientos se obtuvieron con 1280 kg P_2O_5/ha.

Se determinó que el requerimiento externo de P, calculado como el 95 por ciento del rendimiento máximo, es de 0.06 ppm de P en la solución del suelo, el mismo que para el maíz y no muy diferente del determinado en 1977 de 0.056 y 0.08 ppm (Figura 25). Aunque el maíz y el fríjol parecen tener requerimientos externos de P similares, el fríjol es más severamente afectado por niveles subóptimos de P que el maíz.

En un ensayo similar, realizado en CIAT-Quilichao, se obtuvieron rendimientos máximos de 1.93 ton/ha con la aplicación de 1680 kg de P_2O_5/ha, pero el 80 por ciento del rendimiento máximo se obtuvo cuando se aplicaron solamente 76 kg de P_2O_5/ha. El contenido crítico de P en las hojas se estimó en 0.39 por ciento de P, un valor muy similar a los encontrados anteriormente en los experimentos de Popayán.

Los resultados del ensayo realizado en Popayán se sometieron a un análisis económico. Con base en este análisis y teniendo en cuenta los efectos residuales, se obtuvo un óptimo económico de 1154 kg de P_2O_5/ha (Figura 26). En tanto que la aplicación del fertilizante en bandas para mejorar la eficiencia, probablemente podría reducir este requerimiento a 300 kg

Cuadro 26.

Efectos de las combinaciones de varios herbicidas aplicados en preemergencia sobre los rendimientos de grano del fríjol (variedad Diacol Calima), en CIAT-Palmira, 1978A.

Tratamiento	Dosis de aplicación (kg/ha de i.a.)	Porcentaje de control de: Malezas de hoja angosta 14	21	28	Malezas de hoja ancha 14	21	28	Indice de fitotoxicidad[1]	Rendimiento[2] (ton/ha)
		Días después de la aplicación							
fluorodifen + linuron	2.1 + 0.5	99.3	99.3	98.3	100	98.3	95.0	0	2.0 a[3]
penoxalina + linuron	0.66 + 0.5	99.3	100	93.3	97.6	99.3	94.0	0	2.0 a
penoxalina + nitrofen + DNPB	0.66 + 1.44	97.6	99.3	95.6	95.0	92.3	76.6	0	2.0 a
metolachlor + linuron	0.66 + 0.5	98.3	97.6	98.3	99.0	98.3	92.6	0	1.9 a
fluorodifen + nitrofen + DNPB	2.1 + 1.44	100	100	95.0	99.3	97.3	91.6	1.6	1.8 ab
metolachlor + nitrofen + DNPB	0.66 + 1.44	100	100	100	96.0	90.0	85.0	0.3	1.8 ab
Control manual a los 7, 14 y 21 días									2.0 a
Control manual a los 21 días									1.8 ab
Control manual a los 28 días									1.8 ab
Control manual a los 14 días									1.7 abc
Testigo sin desmalezar									1.3 c

1 Escala de fitotoxicidad: 0 = sin toxicidad, 10 = muerte total.
2 Promedio de cuatro repeticiones.
3 Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.
Las principales malezas de hoja angosta y de hoja ancha, incluyeron: *Echinochloa colonum, Leptochloa filiformis, Portulaca olearacea* y *Amaranthus dubius.*

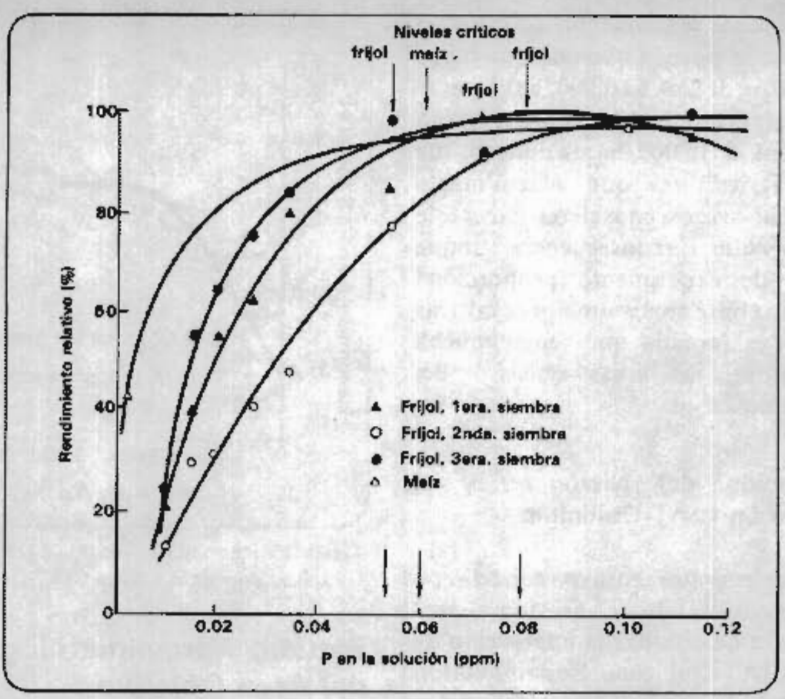


Figura 25. Rendimiento relativo de maíz (datos provenientes de Hawaii) y tres siembras consecutivas de fríjol (en Popayán), en relación con la concentración de P en la solución, determinada por las isotermas de absorción.

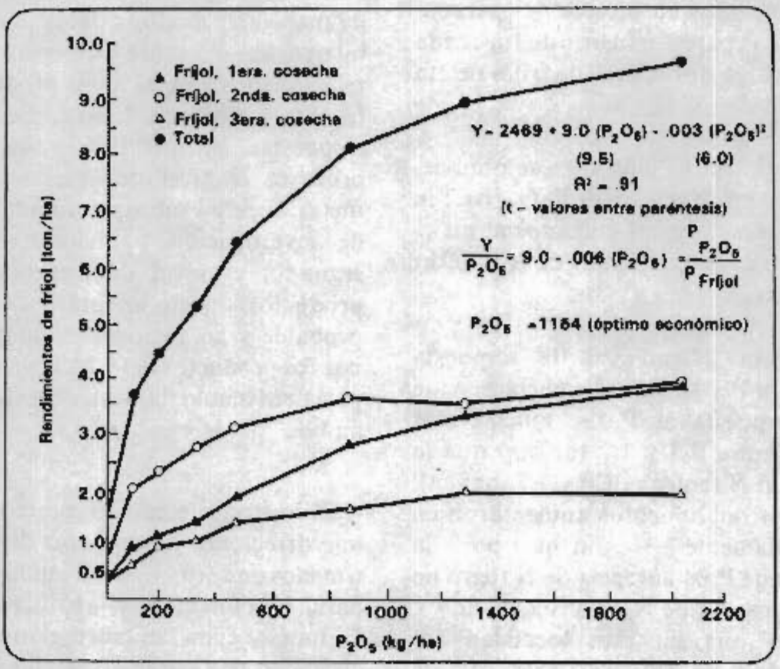


Figura 26. Respuesta del fríjol (var. Huasano) durante tres cosechas, a las aplicaciones de P_2O_5 en Popayán. (Datos suministrados por R.H. Howeler y L.A. León.)

de P_2O_5/ha, los rendimientos cercanos al óptimo sólo se pueden obtener a un costo de producción de Col. $ 60,000/ha. A pesar de que a este costo se obtendría un ingreso neto de Col. $ 15,000/ha es dudoso que aquellos agricultores que generalmente evitan tomar riesgos, consideren hacer este tipo de inversión. En consecuencia, aunque este tipo de experimento proporciona datos útiles sobre concentraciones críticas de P, no es factible que tenga mucha aplicación en las áreas objetivo del Programa de Fríjol.

Interacción del Nitrógeno y el Fósforo en CIAT-Quilichao

Se estableció un ensayo con diseño sistemático utilizando la variedad Diacol Calima para determinar la interacción de N y P en CIAT-Quilichao. Se combinaron 20 niveles de N, desde 0 hasta 400 kg/ha, con 20 niveles de P, desde 0 hasta 400 kg de P_2O_5/ha, aumentando sistemáticamente los dos elementos en direcciones perpendiculares. Las parcelas fueron de 1 m^2; cada parcela incluyó dos hileras de fríjol de 1m de largo.

Los rendimientos más altos se obtuvieron con 380 kg de N y 390 de P_2O_5/ha. Sin embargo, rendimientos cercanos al máximo se obtuvieron con 160 kg de N y 200 kg de P_2O_5/ha.

La Figura 27 muestra la respuesta promedio al P y N. Se observa claramente que la respuesta al P fue mucho más marcada (entre 0.3 y 1.7 ton/ha) que la respuesta al N (entre el 1.0 y 1.7 ton/ha). Aunque los rendimientos aumentaron en aproximadamente 1 ton/ha por la aplicación de P en ausencia de N (pero no por la aplicación de N en ausencia de P), está claro que en esta localidad los rendimientos se obtienen solo con la aplicación equilibrada de ambos elementos.

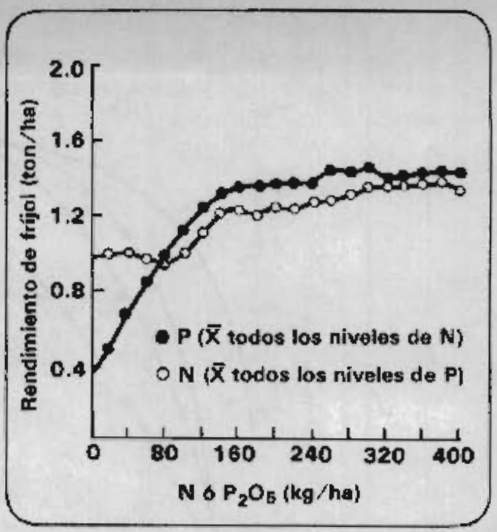


Figura 27. Respuesta promedio de Diacol Calima a las aplicaciones de P y N, en CIAT-Quilichao.

Estudio Agroclimatológico del Area Objetivo

El propósito de este estudio es proporcionar al Programa de Fríjol la capacidad de manejar y analizar datos para resolver interrogantes sobre diversos aspectos relacionados con las áreas productoras de fríjol en América Latina. Se buscarán respuestas en dos niveles distintos. El primero, el nivel de orientación de las metas, decidirá sobre prioridades o tácticas de investigación y mejoramiento; y el segundo, el nivel de dispersión de los productos, determinará el impacto probable y las regiones de adaptación de nuevos productos del CIAT, ya sea germoplasma, tecnología o una combinación de ambos.

El método escogido pretende definir microrregiones productoras de fríjol, más o menos uniformes, como unidades básicas para la colección y análisis de datos. Después, cada microrregión se puede clasificar por parámetros climatológicos, edáficos, agronómicos y económicos. Utilizando esta información, a nivel de una

microrregión, será posible estimar el grado de utilización de ciertas prácticas y los problemas actuales y las posibles consecuencias agronómicas de la introducción de cambios en esos sistemas. Los datos son de dos tipos y están descritos en las secciones siguientes.

Datos Metereológicos

Los datos metereológicos promedios a largo plazo tienen una expresión numérica previamente especificada y pueden ser utilizados de manera muy diversa. Por lo tanto, se ha desarrollado un sistema de recuperación de datos que tiene objetivos específicos con el fin de almacenar estos datos en el mínimo espacio posible y enviarlos a un programador de aplicaciones, con un mínimo de dificultad. Se dispone de una serie de archivos, con acceso directo, que retienen información sobre la estación, instituto y país de origen de los datos; estos están ligados por claves entre y dentro de los archivos, para lograr un acceso rápido a la información. Los datos se almacenan como coeficientes de 12 puntos, correspondientes al proceso de transformación matemática de Fourier y se pueden reconstruir rápidamente para formar una matríz de medias, en períodos de cualquier longitud requerida por el programador de aplicaciones. Las medias de datos mensuales a largo plazo provenientes de varias fuentes, han sido procesadas con el propósito de integrarlas a un sistema de archivos secuenciales de trabajo; actualmente, se están editando y transfiriendo tales medias para adaptarlas a un sistema de recuperación por computación, proceso en el cual serán sometidas a una revisión rigurosa para asegurar su consistencia y exactitud.

Más adelante, en este estudio se pretende colectar registros metereológicos diarios siendo estos disponibles para cada microrregión, lo cual facilitará su utilización en estudios más precisos sobre las variaciones estacionales y los riesgos inherentes al cultivo.

Datos Agronómicos y Edáficos a Nivel Microrregional

Hay dos funciones básicas en relación con la acumulación automatizada de datos. La primera es la implementación de un sistema de recuperación de los mismos; el sistema deberá aceptar datos con estructuras diversas y que permitan el uso eficiente de los espacios vacíos en un ordenamiento computadorizado. Para este fin, se está traduciendo el lenguaje de datos de la Computerized Data Code (CDC), denominado INFOL con el propósito de trasladarlo al sistema IBM 370, disponible en el CIAT. La segunda tarea es la definición geográfica de las microrregiones productoras de fríjol. Estas unidades, definidas por las coordinadas geográficas, constituirán el elemento básico para la acumulación y recuperación de los datos. Esta tarea se está adelantando actualmente como un esfuerzo cooperativo de trabajo en equipo.

Interpretación de los Datos

La capacidad del sistema para derivar resultados cuantitativos, a partir de los datos acumulados depende, en muchos casos, en la habilidad para calcular cuáles podrán ser los efectos que los factores climatológicos/ambientales y las prácticas agronómicas puedan tener en cada microrregión considerada. La primera prioridad es la de definir la longitud de la estación de crecimiento vegetal en términos de la fenología del cultivo. Esta definición depende del nivel del fotoperíodo y de la temperatura en función de las características y diferencias fisiológicas existentes de cultivar a cultivar. Se están desarrollando ecuaciones de predicción para establecer estas

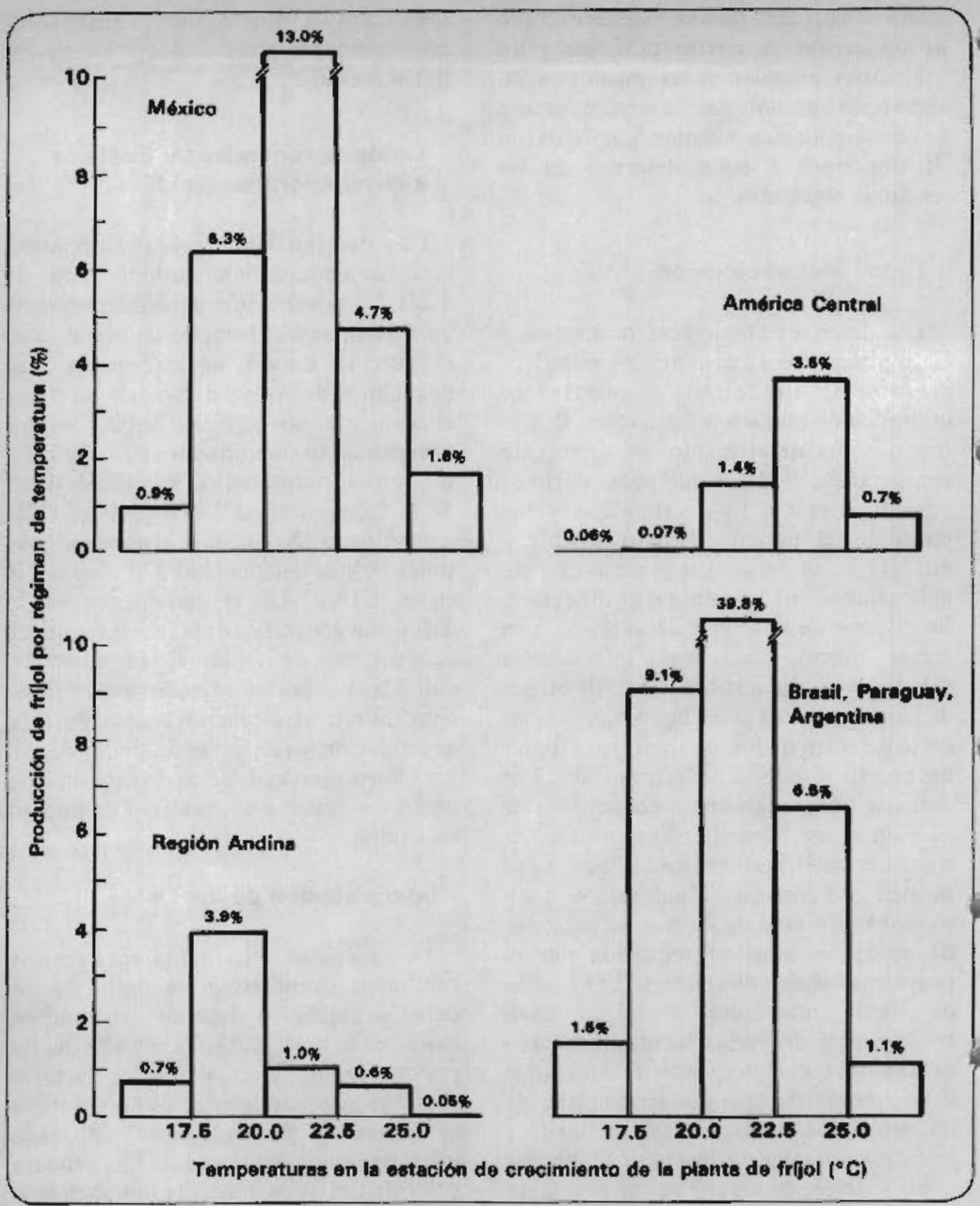


Figura 28. Proporción de la producción total de frijol en América Central y América del Sur, por regiones y regímenes de temperatura dentro de las regiones.

relaciones, utilizando datos obtenidos en los ensayos IBYAN.

Resultados Preliminares

Aunque los datos aún no están almacenados de tal forma que puedan ser procesados por la computadora, ya se han compilado algunos resultados tentativos. La Figura 28 presenta un desglose cuantitativo de la producción de frijol de

América Central y del Sur con base en diferencias de temperatura media diaria, durante la estación de crecimiento. Como estos resultados fueron compilados de estimativos preliminares de las microrregiones productoras de fríjol, los datos obtenidos se deben considerar como preliminares. Sin embargo, se considera que la distribución modal de la curva de distribuciones registradas debe ser relativamente confiable. La distribución total para el área (Figura 29) muestra la magnitud de la producción de fríjol que no fue ubicada en regiones específicas. Esta porción residual proviene de áreas pequeñas que no se pudieron estimar de manera precisa o que no se logró incluir en el análisis y que por tal razón se puede ubicar hacia los extremos o márgenes de la distribución de la temperatura; en el peor de los casos, sea cual fuese la ubicación de estas porciones residuales, la distribución de la producción para las áreas básicas deberá ser muy semejante a la representada en la Figura 29. Conforme a las expectativas, la distribución que corresponde a la América Central, muestra una tendencia hacia un régimen de temperatura modal ligeramente más alta, en tanto que, para los países andinos, tiende a ser un régimen más fresco. La mayor parte de la producción, particularmente en México y Brasil, cae

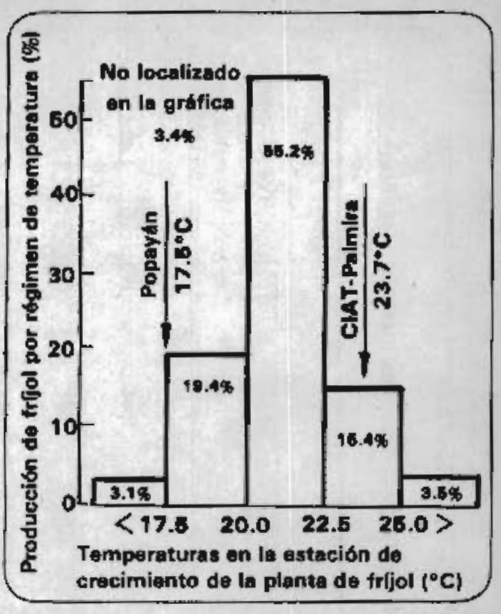


Figura 29. Proporción de la producción total de fríjol en el Area Objetivo del Programa de Fríjol, la cual cae dentro de los cinco regímenes de temperatura de crecimiento.

dentro del rango 20°-22.5°C. El rango global de la temperatura fue mucho más estrecho que el esperado y sugiere que un énfasis excesivo que se ponga en la selección por adaptación a temperaturas extremas, puede carecer de justificación para cubrir todas las situaciones, excepto aquellas que son marginales.

ESTUDIOS A PROFUNDIDAD DE CIERTAS AREAS DE LA INVESTIGACION QUE TIENEN PROBLEMAS ESPECIFICOS

Fisiología del Rendimiento

Estudios Comparativos con Otras Leguminosas

La investigación realizada en otras partes del mundo sugiere que *Phaseolus vulgaris* es una especie ineficiente en lo que respecta a la producción de grano.

En CIAT-Palmira se hizo un estudio comparativo para analizar el crecimiento de cinco especies de leguminosas de grano comestible, bajo condiciones de riego (sin limitación de humedad) para evaluar esta hipótesis. Se escogieron genotipos representativos con buena adaptación de cada especie (Cuadro 27) con base en evaluaciones varietales anteriormente

Cuadro 27.

Rendimiento y otros parámetros seleccionados, medidos en cinco especies de leguminosas de grano comestible, para efectos de análisis comparativos de crecimiento, en CIAT-Palmira, 1978A.

Especies[1] comparadas	Rendimiento total (kg/ha, 14%)	Rendimiento diario[2] (kg/ha/día)	Días hasta: Floración	Días hasta: Madurez fisiológica	Materia seca total[3] (kg/ha)	Indice de cosecha[4] (%)	No. máximo de nudos[5] (1/m²)	DAF[6] (m² días/m²)	Rendimiento/DAF (g/m² día/m²)
Cajanus cajan (guandul)	2693	22.6	73	119	5776	39.6	1684	192	1.40
Phaseolus vulgaris (fríjol común)	2560	29.8	40	86	3250	66.9	801	154	1.66
Vigna ungiculata (caupí)	2423	30.7	49	79	4397	46.8	691	175	1.38
Glycine max (soya)	2297	21.9	35	105	3706	52.7	610	176	1.30
Vigna radiata (fríjol mungo)	1653	24.0	41	69	3271	42.9	213	95	1.74
D.M.S. (0.05)	551	6.2	-	-	800	13.1	-	52.3	-
C.V. (%)	12.6	13.0	-	-	10.4	14.2	-	17.5	-
r (*versus* rendimiento)	-	0.46	0.40	0.58	0.61	0.26	0.81	0.90	0.54

1 Cultivares y fuentes de origen: Guandul — 3D8111, del IITA; Fríjol común — Puebla 152 (P498), de México; Caupí — TVN 201-1D, del IITA; Soya — ICA-Tunia, del ICA-Colombia; y Fríjol mungo — 2010M-314, del AVRDC.
2 Días después de la siembra hasta la madurez fisiológica final
3 Menos hojas y pecíolos en la madurez
4 Rendimiento/materia seca total.
5 Número de nudos vegetativos, a partir de las muestras para análisis de crecimiento.
6 Area integrada bajo la curva ajustada de área foliar, desde la emergencia hasta la madurez fisiológica.

realizadas por la Unidad de Estudios Especiales del CIAT y otras Unidades del Programa de Fríjol. El Cuadro 27 presenta el rendimiento obtenido y los parámetros asociados. Las dos introducciones más eficientes, con base en su rendimiento/día, fueron el caupí y el fríjol común, en tanto que el guandul presentó el rendimiento absoluto más alto. La duración del área foliar (DAF), desde la emergencia hasta la madurez fisiológica, mostró estar correlacionada altamente con el rendimiento ($r=0.90$), lo cual implica que la eficiencia del área foliar disponible (rendimiento/DAF) fue relativamente similar para las cinco especies. En la Figura 30 se presentan las curvas de crecimiento del área foliar de las cinco especies. El crecimiento rápido del área foliar en *Phaseolus* es notorio y contrasta con el crecimiento muy lento del área foliar en el guandul, una especie de grano muy pequeño. La variedad de fríjol común presentó el índice de cosecha más alto y la menor producción de materia seca (menos hojas y pecíolos, al momento de la madurez). Con base en estos escasos datos se determinó que, entre estas leguminosas de grano, el linaje que representó *P. vulgaris* fue un productor extremadamente eficiente, en términos de rendimiento económico. Las condiciones experimentales no fueron las ideales, debido a que se presentaron períodos de mal drenaje en el terreno. En 1979, el experimento se repetirá para comprobar los resultados obtenidos particularmente con el

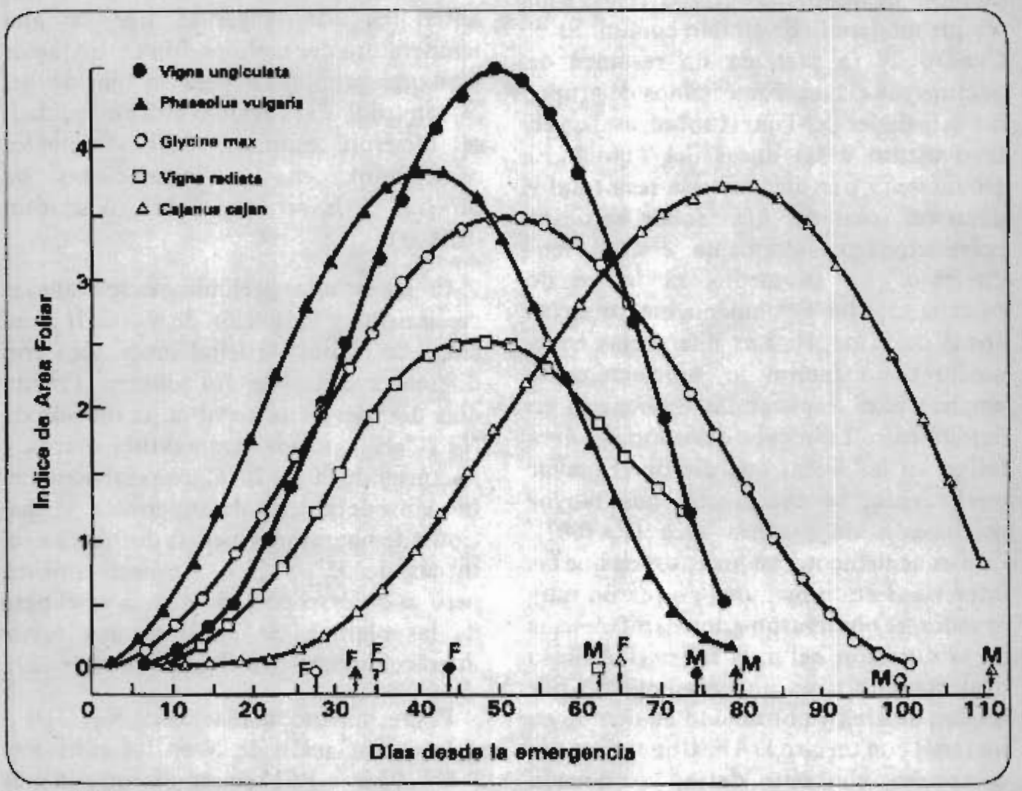


Figura 30. Curva de crecimiento del área foliar para cinco leguminosas productoras de grano *versus* días hasta la emergencia; las curvas se derivan del valor estimado de las ecuaciones de la forma $IAF = at + b \text{ seno } t + c \text{ seno } 2t + d \text{ coseno } t + e \text{ coseno } 2t$, en donde: t = tiempo y a-e son coeficientes. Los valores del R^2, para todas las especies oscilaron entre 0.95 y 0.96, eliminando los efectos de la repetición (n=3). Los puntos corresponden a valores predichos en cada fecha de muestreo.

propósito de confirmar el comportamiento de la variedad de soya utilizada, el cual fue muy deficiente.

Experimentos sobre Análisis de Crecimiento en Germoplasma de Phaseolus vulgaris

Se evaluaron diez cultivares seleccionados, que representan los hábitos de crecimiento I y II, con el propósito de verificar conclusiones preliminares anteriormente obtenidas acerca de la importancia de los caracteres fisiológicos en la determinación del rendimiento de la planta de fríjol. En el experimento efectuado, el nivel global de rendimiento no fue tan alto en comparación con el nivel normal, debido a que se presentaron períodos de mal drenaje en el terreno y a un ataque moderado de añublo común. En el Cuadro 28 se presenta un resumen de parámetros claves. En términos de grupo, las variedades del Tipo II sobrepasaron en rendimiento a las líneas del Tipo I. El rendimiento por día, materia seca total y duración total del área foliar verde se correlacionaron altamente con el rendimiento. En promedio, el índice de cosecha sólo fue ligeramente mayor en las líneas del Tipo II. Las diferencias en la madurez no fueron lo suficientemente amplias para explicar las diferencias en rendimiento. La mayor duración del área foliar, en las líneas que dieron el mayor rendimiento, se asoció con una mayor producción de materia seca ($r = 0.87$). Consecuentemente, en los casos en que las diferencias en la madurez no fueron muy grandes, se observaron grandes diferencias en la duración del área foliar (DAF), lo cual condujo a un alto rendimiento por unidad de área y por unidad de tiempo en material con un alto DAF. Una vez más se comprobó, con estos datos, la marcada inferioridad de los materiales del Tipo I. Los datos del IBYAN de 1976 (Informe Anual del CIAT, 1977) dan apoyo a esta conclusión para una serie de localidades.

El mantenimiento de un alto índice de área foliar, durante el mayor tiempo posible (es decir, dentro de los límites ambientales), es uno de los factores claves necesarios para aumentar el rendimiento, por lo menos, en fríjoles arbustivos. Este alto índice se puede lograr ya sea aumentando el área foliar dentro del mismo marco de tiempo o bien, aumentando la longitud del ciclo de crecimiento (para mayores detalles sobre la discusión de estas conclusiones, ver los Informes Anuales anteriores del CIAT).

Efectos de la Temperatura en la Fijación Simbiótica del Nitrógeno

Los estudios realizados en años anteriores han sugerido que la alta temperatura del suelo podría ser un factor limitante primordial para la fijación del N_2, en fríjol. Para evaluar esta posibilidad, se hicieron estudios, bajo ambientes controlados, en las instalaciones de Biotron, Universidad de Wisconsin (EEUU).

En los estudios preliminares se evaluó el crecimiento y la fijación de N_2 (C_2H_2), en cinco cultivares de fríjol inoculados con diferentes cepas de *Rhizobium*. Treinta días después de la siembra, la fijación de N_2 (C_2H_2), a una temperatura diurna y nocturna de 30° y 20°C, respectivamente, fue considerablemente superior a la fijación a temperaturas medias diurnas y nocturnas de 35° y 25°C, respectivamente, pero se observó poca diferencia en el peso de las plantas. Se constató una fuerte interacción cepa-temperatura (Cuadro 29).

El crecimiento, la fijación de N_2 (C_2H_2) y la acumulación de N en los cultivares P498, P566 y P635 se estudiaron con más detalle utilizando un sistema de muestreo semanal para establecer perfiles de desarrollo y de fijación de N_2 bajo tres regímenes diferentes de temperatura. La

Cuadro 28.

Parámetros fisiológicos para 10 cultivares de *Phaseolus vulgaris*, obtenidos en un experimento de análisis comparativo de crecimiento, establecido en CIAT-Palmira, 1978A.

Cultivar	Hábito de crecimiento	Rendimiento (g/m², 14%)	Rendimiento diario[1] (g/m²/día)	Materia seca total[2] (g/m²)	Indice cosecha (%)	Días hasta: Floración	Días hasta: Madurez fisiológica	DAF[3] (m² días/m²)	Rendimiento/DAF (g/m² día/m²)
P548	II	186	2.41	277	58	39.2	76.8	156	1.19
P566	II	172	2.24	264	56	38.7	76.7	159	1.08
P756	II	158	2.10	242	56	34.0	75.0	108	1.46
P643	II	156	1.95	263	51	38.7	80.0	128	1.22
P524	II	148	1.96	210	62	39.7	75.2	129	1.15
P759	I	127	1.80	215	52	31.5	71.0	101	1.26
P788	I	127	1.77	213	51	31.0	71.5	88	1.44
P402	I	113	1.61	202	48	37.7	70.0	91	1.24
P635	I	103	1.36	214	43	31.2	75.5	109	0.94
P392	I	75	1.10	116	56	34.2	68.5	60	1.25
Media, hábito	II	164	2.13	251	57	38.0	76.7	136	1.22
Media, hábito	I	109	1.53	202	52	33.1	71.3	90	1.23
D.M.S. (0.05)		27	0.35	57	10	1.0	1.3	27	0.28
C.V. (%)		13.7	13.3	17.6	11.8	1.9	1.2	16.5	15.8
r (*versus* rendimiento)		-	0.99	0.85	0.47	0.58	0.74	0.87	0.05

1 Días desde la siembra hasta la madurez fisiológica final.
2 Al momento de la cosecha, sin hojas ni pecíolos.
3 El área bajo la curva ajustada de área foliar, desde la siembra hasta la madurez fisiológica.

Cuadro 29.

Variación en la respuesta de cepas de *Rhizobium* a las temperaturas. (Medias de cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris*).

Temperatura (diurna/nocturna)	Cepa de *Rhizobium*				Sin inocular
	CIAT 57	CIAT 161	CIAT 137	CIAT 632	
Medida por la reducción de acetileno (µmol/planta/hora)					
35°/25°C	19.62	13.91	11.10	0.92	0
30°/20°C	28.14	23.19	16.77	17.88	0
Medida por el peso de la planta (g/planta)					
35°/25°C	3.73	5.23	4.99	2.06	3.03
30°/20°C	3.75	4.73	4.27	4.58	2.48

temperatura influyó sobre el inicio, la intensidad y la duración de la fijación de N_2 (C_2H_2). En tanto que la fijación de N_2 aumentó de 33.8 µmol de C_2H_4 producido/planta/hora a 35°-25°C de temperaturas diurna y nocturna, hasta 73.0 µmol de C_2H_4 producido/planta/hora a 25°-15°C; este nivel máximo en la fijación se retrasó consistentemente a medida que la temperatura de crecimiento se redujo (Figura 31). En el tratamiento a 25°-15°C, este retraso en el inicio de la fijación condujo a la disminución de las concentraciones de N en las hojas y la consecuente

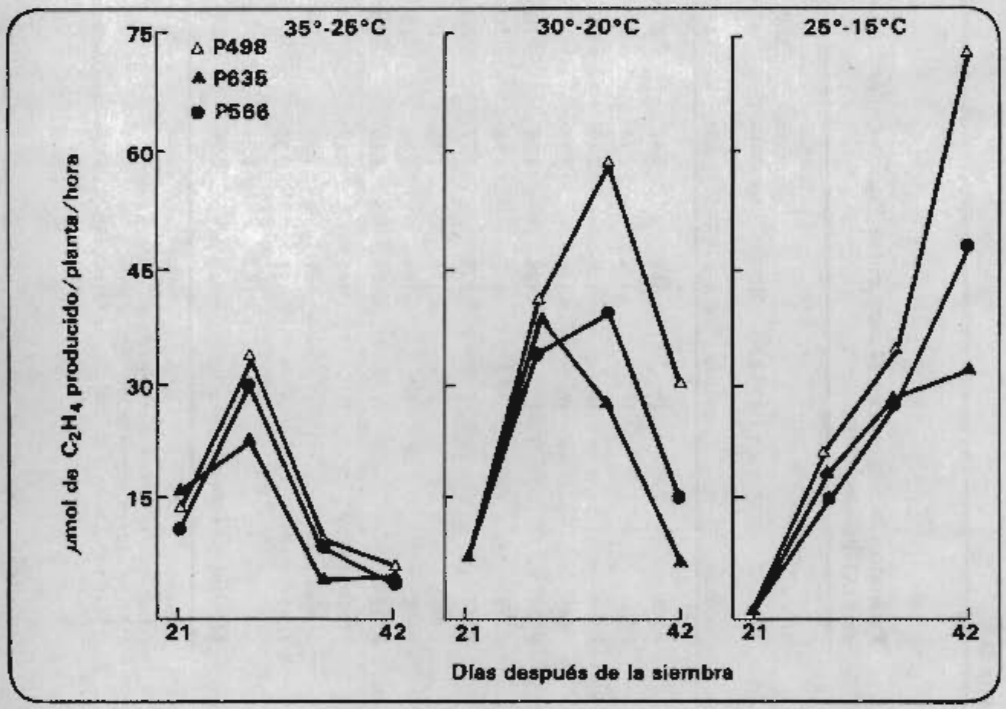


Figura 31. Efectos de las temperaturas diurnas/nocturnas sobre la fijación de nitrógeno (C_2H_5), en tres cultivares de frijol.

aparición de síntomas visibles de deficiencia de N al hacer la cosecha a los 28 días (Figura 32).

En este estudio, la influencia de la temperatura en la fijación de N por el fríjol fue menor que la anticipada; dados los promedios de temperatura para la estación de crecimiento del fríjol, discutidos en la página C-52, no es factible que este sea un factor limitante primordial de la producción de fríjol bajo las condiciones de campo; sin embargo, es posible que el retraso en el inicio de la fijación en temperaturas más bajas pueda requerir el uso de abonos nitrogenados iniciadores. Esta posibilidad se está investigando actualmente.

Importancia de los Nemátodos en las Regiones Productoras de Fríjol en Colombia

Para evaluar la importancia de los nemátodos en las regiones productoras de fríjol de Colombia, se tomó un total de 112 muestras de suelo y 66 muestras de raíces de ocho áreas productoras de fríjol. En estas muestras se incluyeron parcelas de investigación en las estaciones experimentales del CIAT en Palmira, Popayán y Santander de Quilichao; en las estaciones del ICA en La Selva y Pasto (Obonuco), y en ensayos a nivel de finca, en las regiones de Huila, Restrepo (Valle) y Río Negro (Antioquia). Los nemátodos se extrajeron del suelo, por flotación centrífuga, en una solución de azúcar. Las raíces lavadas se incubaron durante 24 horas a 24°C, en agua agitada, para extraer los endoparásitos. Se identificaron colecciones de especies de *Pratylenchus* y *Meloidogyne*. El reconocimiento no incluyó los géneros *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus* y *Psilenchus*.

De las muestras de suelo se colectaron 18

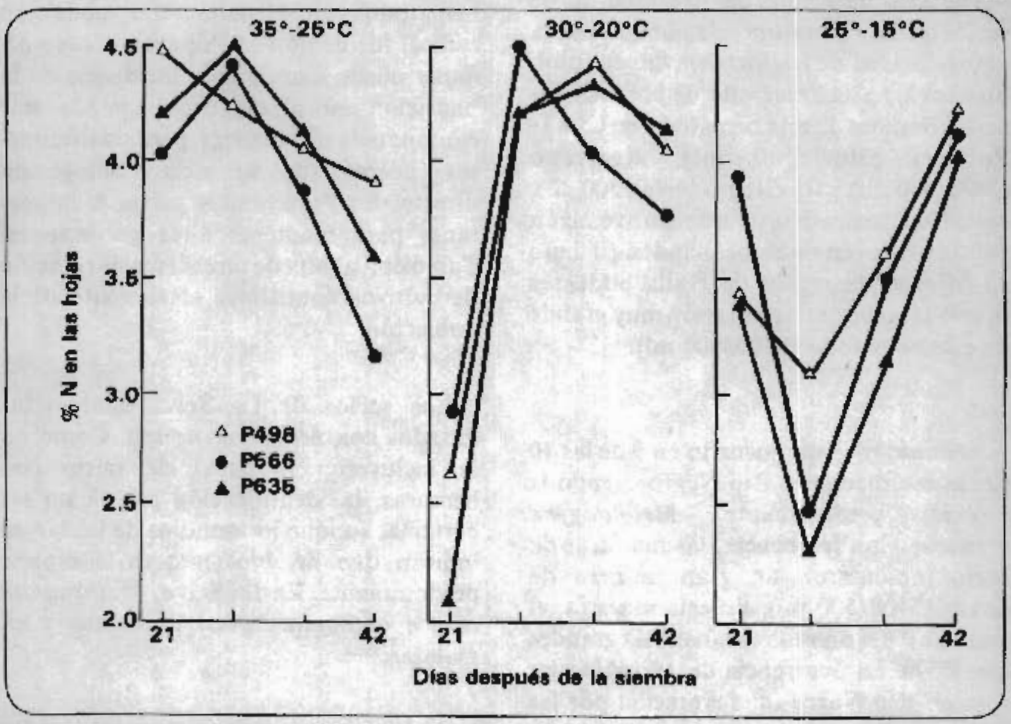


Figura 32. Efectos de diferentes temperaturas diurnas/nocturnas sobre el contenido de nitrógeno, en hojas de tres cultivares de fríjol.

géneros de parásitos (Cuadro 30) y de las raíces del fríjol se colectaron tres géneros. Hubo tres géneros que, generalmente, se presentaron en las muestras de suelo y de raíces. El *Helicotylenchus, Pratylenchus* y *Meloidogyne* ocurrieron en el 66 y 18, 37 y 62 y 36 y 41 por ciento de las muestras de suelo y de raíz, respectivamente. Como el *Helicotylenchus* es primordialmente un ectoparásito, se espera una recuperación relativamente baja de este nemátodo en la raíz. Las poblaciones de *Meloidogyne* spp. de las muestras de raíces son representativas de la eclosión de huevos, durante el período de incubación de 24 horas. Estas poblaciones no son necesariamente indicativas de los grados relativos de infestación de las raíces.

Aunque *Helicotylenchus* spp. se presenta generalmente en suelos en los cuales se cultiva fríjol, su presencia se detectó en frecuencias de menos de 1000/500 ml de suelo. No hay literatura relacionada con la patogenicidad de *Helicotylenchus* en fríjol. Sin embargo, el desarrollo de poblaciones poco comunes de este nemátodo en CIAT-Palmira (3000/500 ml), Restrepo (3800/500 ml) y Río Negro (4800/500 ml), puede ser indicativo de que ocurre algún daño en fríjol en estas localidades. El daño en fríjol en la región de Huila pudo ser ocasionado por una población muy grande de este nemátodo (9700/500 ml).

Meloidogyne spp. ocurrió en 9 de las 10 fincas estudiadas en Río Negro, siendo la especie predominante *Meloidogyne arenaria*. Con frecuencia, las muestras de suelo presentaron un gran número de larvas (5100/500 ml). En esta muestra, el cultivar P706 presentó agallas más grandes que P590. La ocurrencia de *Meloidogyne* spp. en Río Negro fue favorecida por las texturas de suelo gruesas y un largo historial de monocultivo de fríjol.

Cinco de las seis fincas visitadas en Restrepo presentaron infestaciones con nemátodos del nudo radical, probablemente, *Meloidogyne incognita*. Las prácticas de cultivo en Restrepo favorecen el mantenimiento de las especies de *Meloidogyne* en los suelos de fríjol. *Aracacia xanthorhiza*, un excelente hospedante de *Meloidogyne* spp. (10,100/500 ml), se siembra con frecuencia intercalada con fríjol; el tomate, otro buen hospedante, también se cultiva en rotación con fríjol. *Bidens pilosa* (Compositae), una maleza común en los campos de fríjol, es otro buen hospedante de *Meloidogyne*.

Meloidogyne hapla ocurrió en todas las muestras de suelo de Popayán. Generalmente, *M. hapla* no es tan destructiva como las especies sureñas. Sin embargo, en Popayán, las plántulas están sujetas a altas poblaciones (4800/500 ml), lo cual aumentaría el efecto de los nemátodos en el fríjol. La pudrición radical fue común en Popayán. Como *M. hapla* puede aumentar la incidencia de la pudrición radical, esta especie puede estar causando de esta manera, pérdidas indirectas, además de su efecto patogénico directo. En Popayán, *B. pilosa* es importante para mantener altas poblaciones. También, la falta de un sistema de rotación de cultivos contribuye al aumento de la población.

Los suelos de La Selva estaban infestados con *Meloidogyne* spp. Como no se incluyeron muestras de raíces con hembras, la identificación podría no ser correcta, aunque los estudios de las larvas indican que *M. incognita* es la especie predominante. En La Selva, *M. incognita* ocurre comunmente en hortalizas y en malezas.

Meloidogyne spp. se presentó en las muestras de suelo de Pasto pero no se

Cuadro 30.

Géneros de nemátodos fitófagos, extraídos de una muestra de suelo, en 200 ml de solución de suelo por flotación y separación centrífuga.

Géneros	Géneros en suelos aptos para el cultivo de fríjol							
	La Selva	CIAT-Palmira	Pasto	Popayán	Potosí	CIAT-Quilichao	Restrepo	Río Negro
Cacopaurus		4/44[1](3200)[2]						
Criconema	1/6 (100)							12/19 (2800)
Diptherophora	4/6 (200)		1/7 (500)				2/10 (200)	
Gracilacus		2/44 (1200)						
Helicotylenchus	6/6 (100)	24/44 (3000)	1/7 (100)	14/23 (1200)	2/2 (9700)	1/1 (400)	7/10 (3800)	19/19 (4800)
Heterodera			2/7 (700)	1/23 (100)				
Hoplolaimus							2/10 (300)	
Longidorus	2/6 (200)							
Macroposthonia			1/7 (100)	7/23 (400)			1/10 (600)	3/19 (200)
Meloidogyne	6/6 (800)		3/7 (600)	19/23 (4800)			6/10 (800)	16/19 (5100)
Paratrichodorus				5/23 (300)				
Paratylenchus		1/44 (100)						
Pratylenchus	5/6 (900)	17/44 (500)	4/7 (1000)	2/23 (200)			1/10 (200)	12/19 (800)
Telotylenchoides		2/44 (2200)						
Tetylenchus		1/44 (200)						
Trichodorus	3/6 (100)			8/23 (400)			6/10 (700)	14/19 (700)
Tylenchorhynchus		4/44 (700)	5/7 (2500)					
Xiphinema	6/6 (600)			2/23 (200)				1/19 (100)

1 Numerador = número de muestras en las cuales se obtuvieron los géneros; denominador = número total de muestras colectadas en la localidad.

2 Los números entre paréntesis corresponden a la máxima población/500 ml de suelo.

colectaron raíces con agallas. Es posible que los nemátodos se estuvieran reproduciendo en las malezas. La especie no se ha identificado aún pero el ambiente edáfico fresco en Pasto favorecería el desarrollo de *M. hapla*.

Es indudable que los niveles de *Meloidogyne* spp. encontrados en este estudio son capaces de causar disminuciones en el rendimiento de fríjol.

En las muestras de La Selva y de Río Negro se encontraron poblaciones altas de *Pratylenchus penetrans* y de *Pratylenchus crenatus*. Como *P. penetrans* puede retrasar el crecimiento de fríjoles arbustivos en poblaciones de 1/planta (como se ha determinado en trabajos realizados en cámaras de crecimiento), los niveles de campo encontrados deben haber sido perjudiciales para el crecimiento del fríjol. La asociación de cultivos de maíz y fríjol favorecería el desarrollo de poblaciones de *P. penetrans*.

Control Cultural y Biológico de Plagas Insectiles

Estudios con Empoasca kraemeri

En 1978 continuaron los estudios sobre la influencia de una cubierta de aluminio y de otras coberturas del suelo sobre las poblaciones de *Empoasca kraemeri* y sobre los rendimientos de fríjol. El cubrimiento del suelo con aluminio y con paja de arroz redujo las poblaciones de ninfas y del adulto del lorito verde, en comparación con el tratamiento testigo sin protección química o sin cobertura, tanto para la variedad susceptible Diacol Calima (Figura 33 y 34) como para la línea resistente P14 (Figura 35).

En el caso de Diacol Calima, los rendimientos fueron significativamente diferentes entre las parcelas con coberturas de aluminio y de paja de arroz y las parcelas testigo. Siendo resistente, P14 no

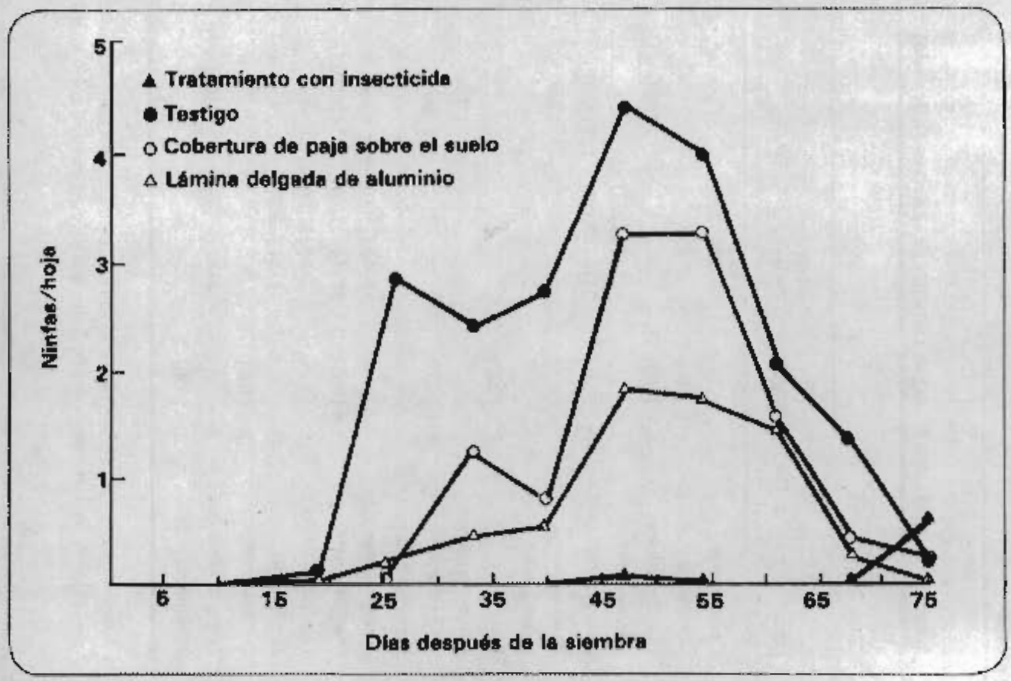


Figura 33. Efecto de diversas coberturas de suelo sobre las poblaciones de ninfas de *Empoasca kraemeri*, en la variedad de fríjol Diacol Calima.

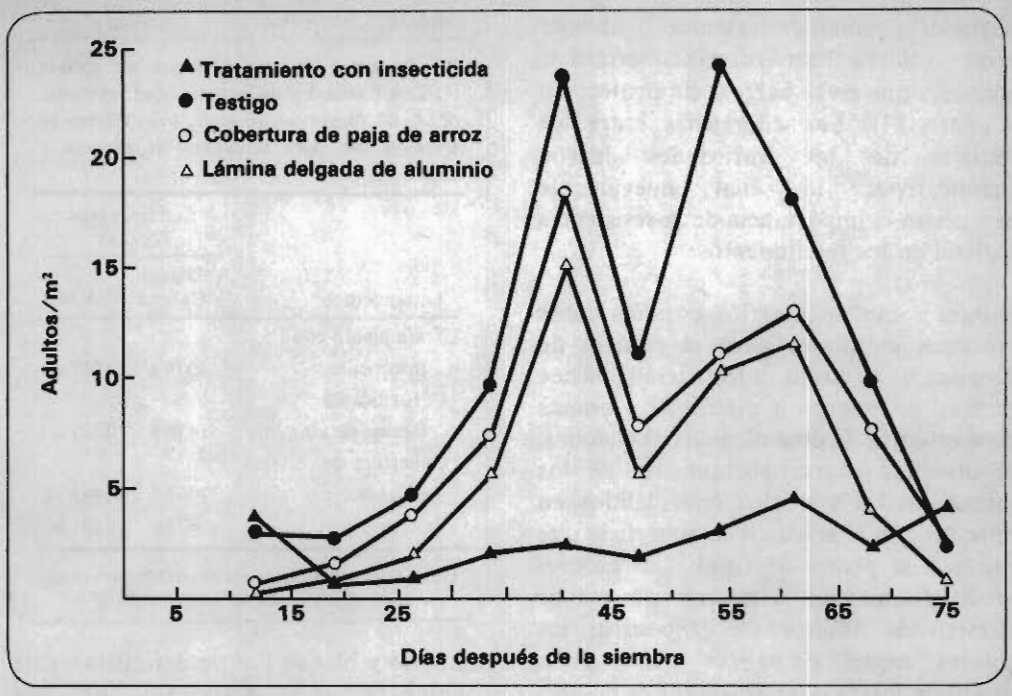


Figura 34. Efecto de diversas coberturas de suelo sobre las poblaciones de adultos de *Empoasca kraemeri*, en la variedad de fríjol Diacol Calima.

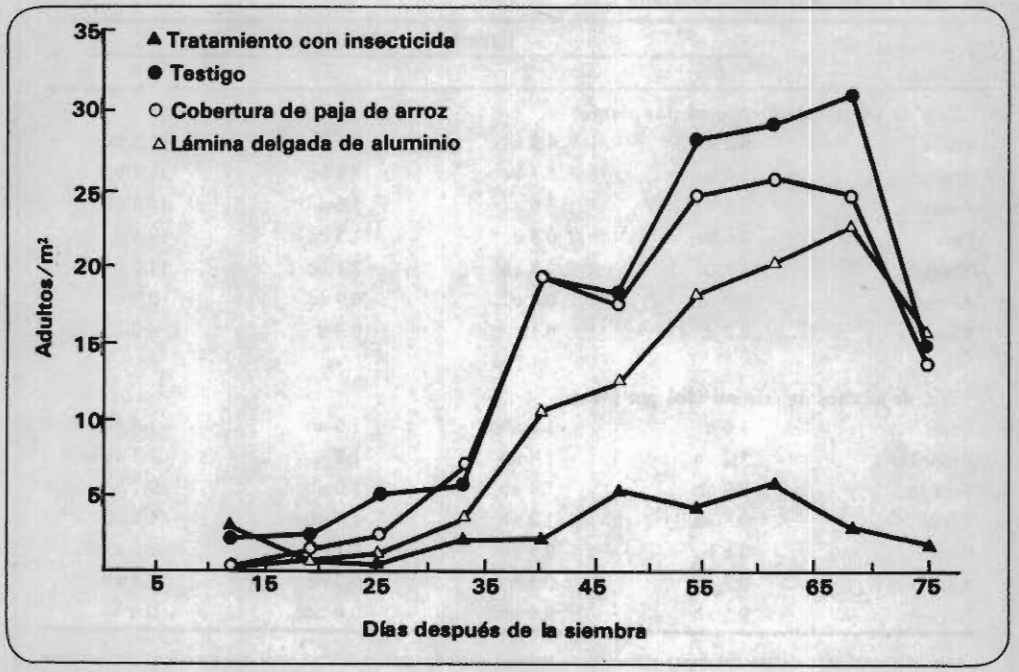


Figura 35. Efecto de diversas coberturas de suelo sobre las poblaciones de adultos de *Empoasca kraemeri*, en la variedad de fríjol P14.

respondió significativamente, aunque produjo 400 kg/ha más con la cobertura de aluminio que en la parcela sin protección (Cuadro 31). Las diferencias entre los testigos de las variedades fueron significativas, lo cual nuevamente demuestra la importancia de la resistencia varietal en los rendimientos.

Cuadro 31.

Rendimientos de una variedad susceptible (Diacol Calima) y de una variedad resistente (P14) de *Phaseolus vulgaris*, bajo diferentes tratamientos, para el control de *Empoasca kraemeri*.

Tratamientos	Rendimientos (kg/ha)	
	Diacol Calima	P14
Tratamiento con insecticida	1574 a[1]	1549 a
Cobertura de lámina de aluminio	1450 a	1385 ab
Cobertura de paja de arroz	1007 b	1445 ab
Testigo	673 c	1101 b

1 Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.

Para complementar los estudios sobre prácticas culturales para el control de *Empoasca* y como información básica esencial en cuanto a diseño de trampas para estudios de dinámica de poblaciones, se investigó el comportamiento de los loritos verdes y de los crisomélidos en relación con el color de la superficie que rodea a la planta de fríjol. Los colores verde y amarillo, atrajeron un mayor número de adultos de *Empoasca;* los colores negro y pajizos dieron una respuesta mixta o intermedia. Los colores aluminio y blanco fueron definitivamente repelentes. La respuesta de los

Cuadro 32.

Respuesta de los adultos de *Empoasca kraemeri* y de crisomélidos, a las superficies de diferentes colores, las cuales rodean a la planta de fríjol.

Tratamiento colores	Experimento No.			
	1	2	3	4
No. de adultos de *Empoasca* por planta				
Verde	6.2 a[1]	4.2 a	3.6 b	11.8 bc
Testigo	3.5 b	1.7 bc	2.2 bc	14.4 b
Amarillo	3.5 b	3.6 a	5.6 a	18.9 a
Paja	2.6 bc	0.8 c	1.5 cd	2.1 d
Negro	1.7 cd	2.8 ab	2.1 bc	14.6 b
Aluminio	0.9 cd	0.4 c	0.9 cd	0.9 c
Blanco	0.2 d	0.1 c	0.3 d	4.2 d
No. de adultos de crisomélidos por planta				
Paja	1.6 a	1.6 ab	1.6 ab	1.4 ab
Amarillo	1.2 ab	1.8 ab	1.8 a	1.7 ab
Testigo	0.9 ab	1.4 ab	1.0 abcd	0.7 b
Verde	0.8 ab	1.2 ab	1.3 abc	1.5 ab
Blanco	0.8 b	0.9 ab	0.1 d	2.2 a
Aluminio	0.7 ab	0.3 b	0.3 cd	1.4 ab
Negro	0.5 ab	0.5 ab	0.6 bcd	0.6 b

1 Los valores dentro de las columnas y para cada especie, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.

crisomélidos a los colores no fue tan marcada como para los loritos verdes (Cuadro 32).

Estudios con Plagas del Fríjol Almacenado

En colaboración con el ICA y la institución internacional CARE, se hizo un estudio a nivel de finca sobre el control de plagas insectiles del fríjol almacenado. Los tratamientos incluyeron aceite de soya (3 ml/kg de fríjol), residuos de cosecha (25% en base al peso), piretrinas (1.7 ppm) y las vainas de fríjol aún sin abrir. El experimento se realizó en cuatro localidades, tres en el Valle del Cauca de Colombia (1000 msnm), en donde las condiciones eran adecuadas para los ataques de *Zabrotes subfasciatus*. El cuarto experimento se realizó en Popayán (1900 mnsm), en donde las condiciones favorecieron los ataques de *Acanthoscelides obtectus*.

Cuadro 33.

Comparación de la supervivencia de larvas de *Diabrotica balteata* y *Cerotoma facialis* alimentadas con el híbrido de maíz ICA H-207 o con la variedad de fríjol Diacol Calima.

Edad de las larvas (días)	*D. balteata* (larvas vivas)		*C. facialis* (larvas vivas)	
	en maíz[1]	en fríjol[1]	en maíz[1]	en fríjol[1]
1	20	20	20	20
4	20	10	0	19
8	19	4	-	13
12	18	2	-	12
% Supervivencia	90	10	0	60

1 Cuatro días después de la germinación; promedio de 20 repeticiones.

Cuadro 34.

Número de larvas de crisomélidos encontradas en el suelo, en cultivos asociados de fríjol y maíz, 3-6 semanas después de la siembra del fríjol.

Días después de la siembra del fríjol	Siembra del maíz con relación a la siembra del fríjol	Total de larvas en		Total de larvas en	
		fríjol	maíz	fríjol	maíz
21	14 días antes	0	7	0	0.3
	Simultáneamente	0	0	0	0
	14 días después	0	0	0	0
28	14 días antes	0	11	0	0.6
	Simultáneamente	3	4	0.3	0.3
	14 días después	1	0	0.1	0
35	14 días antes	2	25	0.2	1.2
	Simultáneamente	11	23	0.9	1.2
	14 días después	4	0	0.4	0
42	14 días antes	1	12	0.1	0.6
	Simultáneamente	1	47	0.1	2.9
	14 días después	2	7	0.2	0.5

Cuadro 35.

Area foliar, en términos del porcentaje de área foliar del testigo, después de haber infestado las plantas de fríjol con 10 larvas de *Diabrotica balteata* por planta, bajo condiciones de invernadero.

Estado larval	Días de infestación después de la siembra						Promedio
	0	1	4	7	14	21	
Primero	99.0	73.0	105.7	102.7	98.2	102.2	96.1
Segundo	11.0	12.5	75.7	73.5	96.0	89.3	67.7
Tercero	12.6	8.5	7.6	0	98.3	104.7	33.8

Despues de 4 meses de almacenamiento, el fríjol en vaina en Popayán presentó un 34 por ciento de daño por *Acanthoscelides;* el 39 por ciento de las vainas estaban perforadas. El fríjol sin tratamiento y el tratamiento con residuos de cosecha presentaron daños del 2 por ciento. No se observó daño alguno en el grano tratado con aceite o con piretrinas, a lo largo del período experimental de 9 meses.

En el fríjol almacenado en el Valle del Cauca, el primer ataque por *Zabrotes* ocurrió a los 9 meses de almacenamiento. Todos los tratamientos redujeron significativamente el ataque del insecto en comparación con el testigo. Sólo en una de las fincas se observó un ataque ligero de brúchidos, en el fríjol tratado con aceite.

Biología de Cerotoma facialis

Para complementar la información obtenida en 1977 (ver Informe Anual del CIAT, 1977), se hicieron más estudios sobre la biología de *Cerotoma facialis*, otro crisomélido importante en fríjol. Bajo condiciones de laboratorio, los huevos eclosionaron en 4-5 días y los tres estados larvales tuvieron una duración de 4 a 5, 3 a 4 y 3 a 5 días, respectivamente. El estado prepupal duró 3 a 4 días y el estado de pupa, 8 días. El período desde el huevo hasta la aparición del adulto osciló entre 26 y 32 días.

Cuadro 36.

Rendimientos promedio por planta de fríjol (var. Diacol Calima), bajo diferentes períodos de ataque, en diversos niveles de infestación por adultos de *Diabrotica balteata*.

Días después de la siembra cuando ocurrió el ataque	No. de adultos por planta				Promedio
	0	2	4	6	
	Rendimiento (g/planta)				
8-15	3.08	2.50	2.10	0.95	2.16 b[1]
15-22	2.59	3.57	3.03	3.18	3.09 a
22-29	2.67	2.98	2.47	2.25	2.59 ab
29-36	2.53	2.46	2.48	2.28	2.44 ab
Promedio	2.72 c[1]	2.88 c	2.52 cd	2.17 d	

1 Los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.

También, bajo condiciones de laboratorio, *Diabrotica balteata* sobrevivió mejor en maíz que en fríjol, en tanto que *C. facialis* no se desarrolló en maíz (Cuadro 33). Bajo condiciones de campo, en sistemas de cultivos asociados, la incidencia más alta de larvas de crisomélidos, en raíces de fríjol, ocurrió a los 35 días después de la siembra y cuando la siembra del fríjol se hizo al mismo tiempo que el maíz. El ataque más ligero ocurrió cuando el maíz se sembró 2 semanas antes que el fríjol (Cuadro 34).

Ampliando los trabajos sobre el daño larval de *D. balteata* en plantas de fríjol (Informe Anual del CIAT, 1977) se encontró que las plantas de menos de 14 días, después de la siembra, presentaron el daño más severo ocasionado por el tercer estado larval. No se observó daño severo en las plantas más viejas, posiblemente debido a que tenían tallos más fuertes (Cuadro 35).

Bajo condiciones de campo, los altos niveles de infestación por adultos (4 a 6 por planta) no redujeron severamente la producción de fríjol, excepto cuando el daño ocurrió durante las primeras dos semanas después de la siembra y en menor grado, durante la etapa de floración (Cuadro 36).

VALIDACION DE TECNOLOGIA EN ENSAYOS A NIVEL DE FINCA

Las actividades desarrolladas a nivel de finca son esenciales en todas las fases de los programas agrícolas internacionales. En las etapas iniciales, las entrevistas a nivel de finca identifican los factores que limitan el aumento de los rendimientos utilizando las variedades prácticas locales; además, sirven como aporte al diseño general de la investigación. La combinación de esta identificación de factores limitantes con los criterios del fitomejorador sobre la factibilidad de obtener características deseables en una planta, permiten la definición de una estrategia a seguir para los programas de evaluación de germoplasma y de cruzamientos. En el Programa de Fríjol, esta etapa prácticamente se completó en 1978 y se comenzó a dar un mayor énfasis en la evaluación de nuevas variedades y prácticas agronómicas promisorias y en la identificación de las barreras técnicas que podrían limitar su éxito a nivel de finca. En 1978, el Programa de Fríjol hizo estudios a nivel de finca en Huila (Colombia) y en Antioquia (Colombia).

Huila

Situación Actual en Huila

Generalmente, el fríjol se cultiva después de sembrar cultivos más valiosos comercialmente —como el tomate— ya sea en monocultivo o intercalado con maíz. En la región la altitud promedio es de 900 a 1250 msnm, con una temperatura promedio de 20°C y una precipitación anual de 1200 mm. En esta región la principal época de crecimiento del fríjol es de marzo a julio, con una segunda época de setiembre a diciembre. La mayoría de los agricultores no utiliza fertilizantes ya que el efecto residual del cultivo anterior contribuye a que parte del abono aplicado aún está disponible y también al hecho de que el fríjol, generalmente, se cultiva en suelos con buena fertilidad. Por lo general la siembra se hace a mano aunque existen algunos sistemas de siembra mecanizada. En el sistema de siembra manual, en cada montículo se siembran 2 ó 3 semillas y la

distancia entre los huecos es variable. Esta técnica de siembra resulta en una baja población de plantas y en un patrón de siembra que no es definido. Cuando se practica la desyerba, esta operación se hace tres semanas después de la germinación. Desafortunadamente, las épocas de siembra y de desyerba del fríjol coinciden, en ambos ciclos anuales de cultivo, con la cosecha de café, actividad en la cual los obreros del campo pueden ganar salarios diarios muy altos. Por lo tanto,la desyerba se practica de manera irregular o sencillamente, no se hace.

Efectos de Diferentes Factores en los Ensayos a Nivel de Finca en Huila

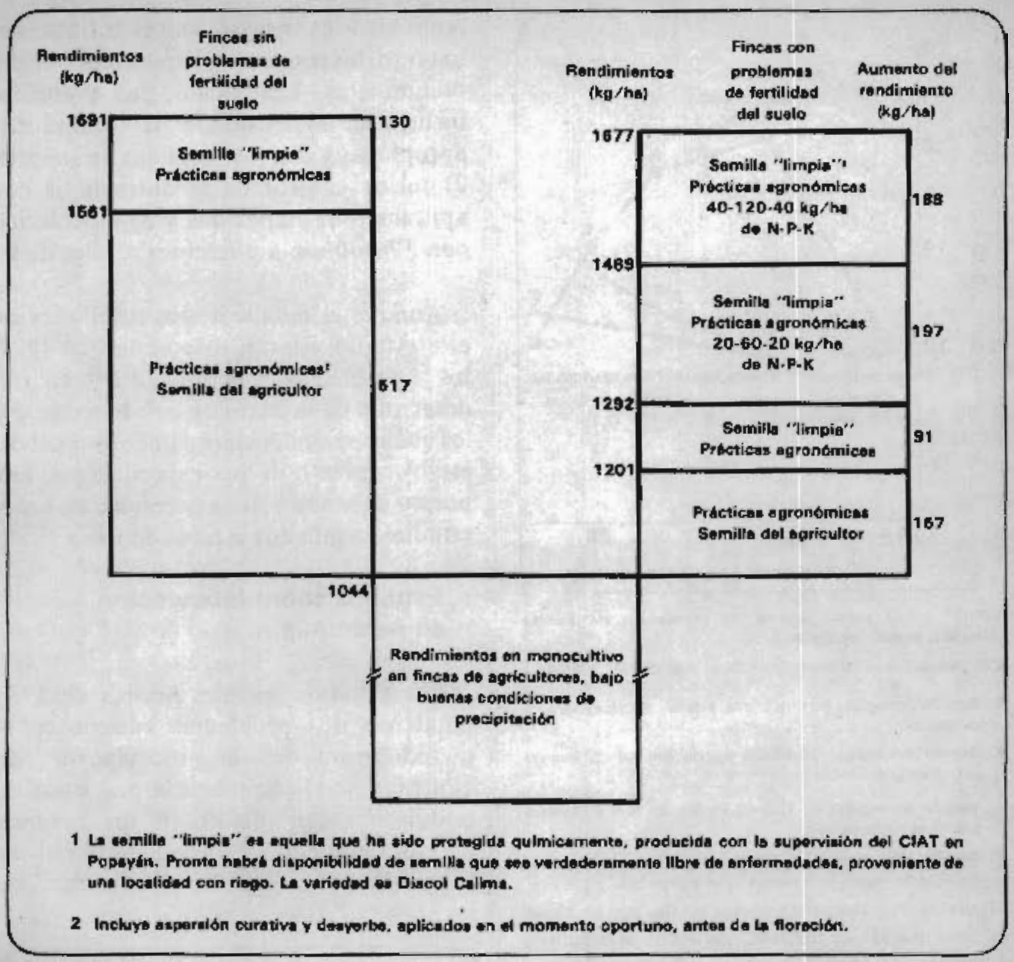
Con base en los resultados experimentales y en pruebas anteriores, hechas a nivel de finca (Informe Anual del CIAT, 1977), las tecnologías evaluadas en 1978 incluyeron: 1) una mayor densidad de siembra en monocultivo; la densidad de población se aumentó de 9 a 18 plantas/m^2; 2) aplicación de aspersiones curativas; los campos se asperjaron una vez, para controlar la antracnosis y *Empoasca;* 3) el uso de semilla certificada o "limpia" (libre de enfermedades), de la variedad colombiana Diacol Calima; la semilla limpia se produjo bajo condiciones de lluvia, pero con una protección química intensiva; 4) diferentes niveles (0,200 y 400 kg/ha) de un fertilizante completo 10:30:10.

Los rendimientos en monocultivo, bajo las condiciones normales de siembra de los agricultores, fueron favorecidos por una excelente distribución de la lluvia y alcanzaron un nivel de 1044 kg/ha (Figura 36), cuando no se presentaron problemas de fertilidad del suelo; la utilización de mejores prácticas agronómicas, con la semilla producida y utilizada por los agricultores, aumentó los rendimientos hasta 1561 kg/ha, o sea, en un 50 por ciento. Estas prácticas agronómicas son de bajo costo, incluyendo la aspersión curativa, después de haber hecho la identificación de los problemas fitosanitarios en el campo (antracnosis o *Empoasca)* y la desyerba hecha aparentemente en el momento oportuno (antes de la floración). La utilización de semilla limpia aumentó ligeramente los rendimientos en 130 kg/ha.

En aquellas fincas en las cuales existen problemas de fertilidad (definidos como disponibilidad de uno o varios de los nutrimentos principales por debajo del nivel crítico)[1], el efecto combinado de las cuatro estrategias combinadas fue necesario para aumentar los rendimientos hasta niveles equivalentes en el otro grupo (o sea, cuando no se presentan problemas de fertilidad) (Figura 36). En los suelos con problemas de fertilidad, la utilización de fertilizantes aumentó los rendimientos. Los cambios agronómicos sencillos, utilizando la semilla de los agricultores, solo aumentó los rendimientos en un 15 por ciento.

El aumento en el rendimiento no es una validación suficiente de la nueva tecnología. Es necesario considerar la rentabilidad y el riesgo. En las fincas sin problemas de fertilidad, la decisión a tomar es simple. Todas las otras tecnologías, excepto la desyerba en el momento oportuno combinada con aspersiones curativas, disminuyeron los ingresos. En las fincas con problemas de fertilidad, la combinación altos fertilizantes/semilla mejorada fue más rentable, pero también involucró mayores costos de producción que la desyerba/tratamiento curativo con uso de la semilla de los agricultores. El agricultor podría escoger entre la tecnología de bajo costo que incluye buenas

1 Ver: Sánchez, P.A. 1976 Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons. New York, N.Y.



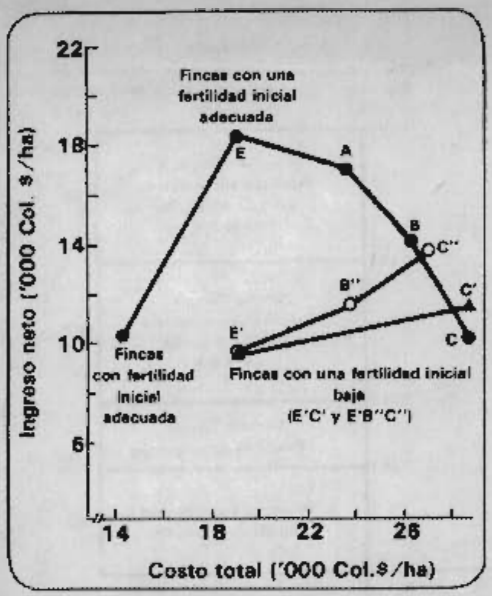
1 La semilla "limpia" es aquella que ha sido protegida químicamente, producida con la supervisión del CIAT en Popayán. Pronto habrá disponibilidad de semilla que sea verdaderamente libre de enfermedades, proveniente de una localidad con riego. La variedad es Diacol Calima.

2 Incluye aspersión curativa y desyerbe, aplicados en el momento oportuno, antes de la floración.

Figura 36. Efectos de diferentes factores sobre los rendimientos, en pruebas hechas a nivel de finca en Huila, Colombia, 1978A.

prácticas agronómicas con uso de su propia semilla (E') o el sistema más rentable pero de mayor costo utilizando fertilizante y semilla limpia (B" y C") (Figura 37).

Los análisis de suelo y la definición de los niveles iniciales mínimos de nutrimentos posibilitaron determinar si era rentable la fertilización. En la mayoría de los casos, el uso de suelos aluviales y después de un cultivo de tomate al cual se le aplicaron altos niveles de fertilizantes (lo cual se practica con frecuencia), la fertilización no fue rentable. La calidad de la semilla tampoco fue muy importante. En efecto, la semilla procedente del Valle del Cauca, dio rendimientos más bajos, aunque no significativamente menores que la semilla de los agricultores. Es importante no subestimar al agricultor, quien correctamente prefiere utilizar su propia semilla que la semilla certificada. Finalmente, la aspersión curativa, conjuntamente con la desyerba hecha en el momento oportuno, dio un aumento razonable en el rendimiento y fue rentable con la semilla del agricultor. Más aún, estos rendimientos de casi 1.7 ton/ha ayudan a definir cuáles son



E'B''C'' (-.-.-) indica: costos de producción de semilla protegida, a razón de Col.$50/kg.

E'C' indica: costo de producción de semilla de Col. $70/kg.

A: Semilla protegida, sin fertilizante, buenas prácticas agronómicas.

B: Semilla protegida, 20-60-20 kg/ha de N-P-K, buenas prácticas gronómicas.

C: Semilla protegida, 40-120-40 kg/ha de N-P-K, buenas prácticas agronómicas.

E: Semilla del agricultor, buenas prácticas agronómicas incluyendo aspersión curativa y dos desyerbas.

Figura 37. Ingreso neto y costos totales por hectárea de tecnologías alternativas, para dos condiciones diferentes de fertilidad inicial del suelo (baja y adecuada), al sur del Departamento de Huila, Colombia, 1978A.

los requerimientos del sistema de producción de fríjol en términos de mejoramiento genético. Una nueva variedad con diferentes características en cuanto a tipo de grano (pero con el mismo color) probablemente tendría que rendir en los campos de los agricultores en Huila por lo menos 2 ton/ha para superar a la semilla de los agricultores, con buenas prácticas agronómicas; solamente así, sería aceptada por los agricultores.

Antioquia

En julio de 1978 se establecieron en Antioquia los ensayos a nivel de finca; por lo tanto, los resultados disponibles son aún preliminares. Las tecnologías evaluadas incluyeron: 1) densidades de siembra más apropiadas y mejores sistemas de soporte; 2) mejor control de la antracnosis con aplicación de fungicidas y 3) inoculación con *Rhizobium* a diferentes niveles de P.

Aunque el detalle de los resultados de este estudio estarán disponibles en 1979, los problemas identificados en el desarrollo de la tecnología de inoculación, los cuales se evidenciaron poco después del establecimiento de los experimentos, han puesto de manifiesto la necesidad de hacer estudios detallados a nivel de finca.

Estudios sobre Inoculación en Antioquia

Los estudios iniciales hechos en 1978 señalaron dos problemas básicos en la metodología de la inoculación de *Rhizobium:* 1) competencia por sitios de nodulación que presentan los rizobios nativos del suelo, y 2) necesidad de aplicar fungicidas para resolver problemas de

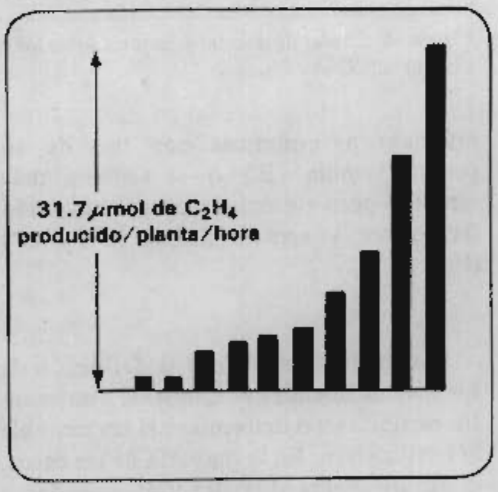


Figura 38. Variación en las tasas de fijación de $N_2(C_2H_2)$ en campos de agricultores en una área productora de fríjol, en el Departamento de Antioquia, Colombia.

pudriciones radicales y el posible efecto perjudicial de este tratamiento sobre los inoculantes aplicados.

Se estudiaron 15 fincas para detectar presencia de cepas nativas de *Rhizobium* en los suelos. La mayoría de los recuentos que se hicieron en los suelos, al momento de la siembra, mostraron poblaciones de *Rhizobium* de 102 a 58,880 células/g de suelo (promedio de 6344 rizobios/g de suelo). En la mayoría de los suelos se puede esperar competencia entre rizobios nativos y el nivel de tal competencia debe ser estudiada. Un factor que complica este estudio es que, más del 30 por ciento de los aislamientos que se ensayaron, reaccionaron serológicamente con antisuero contra CIAT 57, la cepa inoculante normalmente utilizada. Aún más, muchos de los rizobios aislados de los nódulos de las plantas bajo estudio, fueron inefectivos para fijar N_2 con niveles de fijación (C_2H_4) que oscilaron entre 0 y 31.7 µmol de C_2H_4 producido/planta/hora, en diez de las fincas estudiadas al momento de la floración de las plantas (Figura 38). Se están adelantando estudios más detallados sobre los problemas de la inoculación en esta región de Colombia; y se están haciendo investigaciones para tratar de lograr compatibilidad entre el inoculante y el fungicida que se aplica a la semilla.

ACTIVIDADES COLABORATIVAS REALIZADAS CON PROGRAMAS NACIONALES EN INSTITUCIONES ESPECIFICAS DURANTE 1978

En secciones anteriores de este informe se discutieron varias actividades colaborativas, incluyendo la distribución de ensayos de IBYAN, viveros de resistencia a la roya y materiales híbridos y del banco de germoplasma del CIAT.

Actividades Colaborativas en América Central y el Caribe

A finales de 1977 y en respuesta a solicitudes de varios gobiernos, el CIAT ubicó a uno de sus científicos de fríjoles en Costa Rica, dándole la misión de coordinar las siguientes actividades en la región del istmo centroamericano y del área del Caribe:

- Suministro de germoplasma del CIAT a los programas nacionales.
- Suministro de material híbrido avanzado a los programas nacionales.
- Supervisión de materiales para incluir en los ensayos internacionales (IBYAN, IBRN, etc.) en la región.
- Cooperación en reuniones técnicas, incluyendo las reuniones anuales del PCCMCA.
- Selección de becarios para los cursos de fríjol realizados en CIAT y participación en otras actividades tendientes a favorecer la obtención de grados profesionales avanzados.

Los principales avances logrados en 1978 incluyeron: la identificación de colaboradores para recibir el vivero IBYAN y otros viveros; el logro de una mayor eficiencia en el despacho oportuno, de materiales de siembra, la siembra bien programada de tales materiales, y la siembra y la supervisión de los ensayos establecidos por el CIAT. Se identificaron numerosos becarios para cursos cortos y se sugirieron cuatro candidatos para el grado de maestría.

Actividades Colaborativas con Otras Instituciones

Universidad de Cornell

En un estudio colaborativo realizado en la Universidad de Cornell (Ithaca, New York, EE UU), se han estudiado los efectos fotomorfogénicos controlados por el fitocromo en el alargamiento de los tallos en fríjoles de crecimiento indeterminado. Este efecto, controlado por un solo gene, puede ser el responsable de la inestabilidad en el hábito de crecimiento en líneas y ambientes particulares. Se está seleccionando el germoplasma del CIAT por esta característica.

Universidad del Estado de Oregon

En estudios realizados en la Universidad del Estado de Oregon (EE UU) y en el CIAT, se compararon los efectos de la cobertura del suelo sobre la fijación simbiótica de N_2 y la distribución de productos de la fotosíntesis activados con C^{14} hacia los nódulos, en diferentes etapas del desarrollo de la planta.

La cobertura del suelo disminuyó las temperaturas máximas del suelo, redujo las fluctuaciones de temperatura y disminuyó la velocidad de pérdidas de humedad del suelo. Las tasas de fijación de nitrógeno se triplicaron y el peso de los nódulos aumentó en un 50 por ciento. También, se observaron diferencias en el contenido de carbohidratos en las hojas y las raíces.

La distribución de los carbohidratos activados con C^{14} en el cultivar P498 varió, según el nudo foliar tratado. Las hojas del nudo 4, tratadas 35 días después de la siembra, traslocaron el 86 por ciento del C^{14} a las raíces, nódulos y tallos inferiores. Al momento de la floración, el 19 por ciento del C^{14} se recuperó en los nódulos. El producto de la fotosíntesis de las hojas del nudo 8 no pasó a los nódulos.

Estación Experimental de Rothamsted

En Rothamsted (Reino Unido), la sensibilidad fotoperiódica del cultivar P566 (Informe Anual del CIAT, 1975) se utilizó para evaluar el efecto del retraso en la floración sobre la fijación de N_2. Como ocurrió en el estudio anterior, un retraso de 6 días en la floración aumentó marcadamente el rendimiento. La fijación de nitrógeno aumentó de manera similar, obteniéndose un rendimiento de más de 3 ton/ha en el tratamiento de floración tardía, sin la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Instituto de Fitomejoramiento, Wageningen

Los estudios colaborativos hechos en Wageningen, Holanda, financiados por el gobierno holandés, hacen énfasis en el mejoramiento de fríjoles por su resistencia a cepas necróticas del BCMV y a razas de la antracnosis las cuales, hasta el momento, no se han identificado en Colombia. Claramente, el realizar este tipo de actividades de mejoramiento en Colombia, es peligroso.

Universidad de Gembloux, Bélgica

Los estudios realizados en Gembloux, financiados por el gobierno de Bélgica, ponen énfasis en el cruzamiento de *P. vulgaris* con otras especies de *Phaseolus* y en la colección y caracterización de otro tipo de germoplasma. Hay actualmente en el CIAT dos técnicos de Bélgica que son especialistas en esta rama de la ciencia, quienes coordinan esta investigación.

ADIESTRAMIENTO

En la sección anterior sobre Colaboración Internacional se incluyen algunos detalles de las actividades de adiestramiento del CIAT. En 1978, el Programa de Fríjol del CIAT recibió 2 científicos posdoctorales, 2 asociados en investigación visitantes, 4 becarios para estudio, 28 internos posgraduados, 29 becarios especiales y 59 participantes en cursos cortos. Hubo representación de 21 países; el mayor número de becarios vino de Brasil, (20); Colombia (12); Honduras (9) y Costa Rica y Perú (6). Las principales especialidades incluyeron: agronomía (11), fitopatología (9) y fitomejoramiento (7).

PUBLICACIONES

Coyne, D.P., J.R. Steadman y H.F. Schwartz. 1978. Effect of genetic blends of dry beans *(Phaseolus vulgaris)* of different plant architecture on apothecia production of *Sclerotinia sclerotiorum* and white mold infection. Euphytica 27: 225-231.

Davis, J.H.C. 1978. Mejoramiento de fríjoles volubles para sistemas de siembra en asociación de maíz. *En* Proc. XXIV Reunión del PCCMA, San Salvador, 10-14 de julio de 1978.(en prensa)

Eskafi, F.M. y Schoonhoven, A. van 1978. Comparison of greenhouse and field resistance of bean resistance to *Empoasca kraemeri* (Homoptera: Cicadellidae). Can. Entomol. 110, 853, 858.

Francis, C.A., Prager, M. Laing, D.R., y Flor, C. 1978. Genotype X environment interaction in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize. Crop Science 18: 237.

Francis, C.A., Prager, M. y Laing, D.R. 1978. Genotype X environment interaction in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize. Crop Science 18: 242.

Francis, C.A., Flor, C.A., Prager, M. y Sanders, J.H. 1978. Density response in two cropping systems. Field Crops Research 1: 255.

Francis, C.A. y Sanders, J.H. 1978. Economic analysis of bean and maize systems: Monoculture versus associated cropping. Field Crops Research 1: 319.

Graham, P.H. 1978. Some problems and potentials of field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Latin America. Field Crops Research 1: 295.

Graham, P.H. y Rosas, J.C. 1978a. Nodule development and nitrogen fixation in cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. as influenced by planting density. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 90: 19.

Graham, P.H. y Rosas, J.C. 1978b. Plant and nodule development in climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L., grown in monoculture or associated with *Zea mays* L. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 90, 311-317.

Halliday, J. y Graham, P.H. 1978. Comparative studies of peat and coal as inoculant carriers for *Rhizobium*. Turrialba.(en prensa)

Kretchmer, P.J., Ozbun, J.L., Kaplan, S.L., Laing, D.R. y Wallace, D.W. 1977. Red and far-red effects on climbing in *Phaseolus vulgaris* L. Crop Science 17: 797.

Kretchmer, P.J., Wallace, D.H. y Laing, D.R. 1978. Inheritance and morphological traits of a phytochrome controlled single gene in beans *Phaseolus vulgaris* L. Crop Science (en prensa).

Laing, D.R. 1978. Competencia en los sistemas de cultivos asociados de maíz-fríjol. *En* Proc. VIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina y I Reunión Latinoamericana de Maíz. Lima, Perú. May 1978. (en prensa).

Laing, D.R., Rachie, K.O. y Giraldo, G. 1977. Preliminary evaluation of mungbean material at CIAT. *En* Proc. of 1st. International Mung Bean Symposium. Los Baños, agosto 1977 (en prensa).

Munévar, F., y Graham, P.H. 1977. Supervivencia de *Rhizobium trifolii* en tres portadores. Revista ICA (Colombia) 12: 225.

Schoonhoven, A. van. 1978. Use of vegetable oils to protect stored beans from bruchid attack J. Econ. Entomol. 71: 254-256.

Schoonhoven, A. van., Piedrahita, J., Valderrama R., y Gálvez G. 1978. Biología, daño y control del ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acarina: Tarsonemidae) en frijol. Turrialba 28, 77-80.

Schoonhoven, A. van, Gómez, L.A. y Avalos, F. 1978. The influence of leafhopper *(Empoasca kraemeri)* attack during various plant growth stages on seed yield. Entomologia Experimentalis et Aplicata 23: 115-120.

Schwartz, H.F. y Steadman, J.R. 1978. Factors affecting sclerotium populations of an apothecium production by *Sclerotinia sclerotiorum*. Phytopathology 68: 383-388.

Schwartz, H.F., Steadman, J.R. y Doyne, D.P. 1978. Influence of *Phaseolus vulgaris* blossoming characteristics and canopy structure upon reaction to *Sclerotinia sclerotiorum*. Phytopathology 68: 465-470.

Schwartz, H.F. y Sanders, J.H. 1978. Plant diseases of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Latin America and strategies for their control. *En* Proc. Int. Symposium on Diseases of Tropical Food Crops, Louvain-la-Neuve, Belgium, 25 p.

Schwartz, H.F. y Temple, S.R. 1978. Bean rust resistance strategy at CIAT. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 21: 48-49.

Temple, S.R. y Song, L. 1978. Crop improvement and genetic resources in *Phaseolus vulgaris* L. for the tropics. *En* Proc. Intern. Grain Legume Conf. Kew, England. 1978.

APENDICE A

Descripción de los hábitos de crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. mencionados en este Informe Anual.

TIPO I: Hábito de crecimiento determinado; terminales reproductivos sobre el tallo principal; no hay producción de nudos sobre el tallo principal, después de que se inicia la floración.

TIPO II: Hábito de crecimiento indeterminado; terminales vegetativos sobre el tallo principal, con producción de nódulos sobre el tallo principal, después del inicio de la floración; ramas erectas, las cuales salen de los nudos inferiores del tallo principal; planta erecta, con una cobertura foliar relativamente compacta; el desarrollo de la guía es variable, dependiendo de las condiciones ambientales y del genotipo.

TIPO IIIa: Hábito de crecimiento indeterminado; terminales vegetativos sobre el tallo principal, con producción de nudos sobre el mismo, después de la floración; tipo bastante ramificado, con un número variable de ramas postradas, las cuales salen de los nudos inferiores; el desarrollo de la guía es variable pero generalmente no presenta habilidad para trepar.

TIPO IIIb: Hábito de crecimiento indeterminado; terminales vegetativos sobre el tallo principal, con producción de nudos sobre el mismo, después de la floración; tipo bastante ramificado, con un número variable de ramas con capacidad de trepar, las cuales salen de los nudos inferiores; el desarrollo de la guía es variable pero, generalmente, tiene capacidad para trepar.

TIPO IVa: Hábito de crecimiento indeterminado; terminales vegetativos en el tallo principal, con alta capacidad de producción de nudos, después de que se inicia la floración; ramas no muy bien desarrolladas en comparación con el desarrollo del tallo principal; este tipo presenta una capacidad moderada para trepar en soportes y porta en forma uniforme su carga de vainas a lo largo de la planta.

TIPO IVb: Hábito de crecimiento indeterminado; terminales vegetativos sobre el tallo principal, con alta producción de nudos, después de que se inicia la floración; ramas no muy bien desarrolladas, en comparación con el desarrollo del tallo principal; tipo con una fuerte tendencia a trepar, con la mayoría de sus vainas en los nudos superiores de la planta.

NOTAS: La clasificación del hábito de crecimiento se ha ampliado para los tipos trepadores desde el Informe Anual de 1977; los materiales del Tipo III, con alguna tendencia a trepar, no se reconocen como del Tipo IIIb los materiales del Tipo IV se han dividido, con base en su vigor y distribución de las vainas.

Los rasgos más importantes que distinguen a los cuatro hábitos de crecimiento son los siguientes: para el Tipo I, racimo terminal, en el tallo principal; para el Tipo II, alto, de crecimiento indeterminado, con ramas erectas; para el Tipo IIIa, hábito de crecimiento indeterminado, con ramas postradas; para el Tipo IIIb, hábito de crecimiento indeterminado, con un tallo principal y ramas semitrepadoras; para el Tipo IVa, hábito de crecimiento indeterminado, con una capacidad moderada para trepar y vainas distribuidas equitativamente a lo largo de la planta; para el Tipo IVb, hábito de crecimiento indeterminado, con agresividad para trepar y

vainas que salen principalmente de los nudos superiores de la planta.

El hábito de crecimiento no es necesariamente una característica estable; pueden ocurrir cambios en el hábito de crecimiento de una localidad a otra. La clasificación del hábito de crecimiento, para un genotipo en particular, es sólo útil en un ambiente definido, particularmente, en lo que respecta en su capacidad para trepar.

APENDICE B

Lista de Líneas Promisorias de *Phaseolus* a las cuales se hace referencia en el Informe Anual del Programa de Fríjol de 1978.

No. Promisorio del Programa	Accesión del CIAT No.	Identificación o Registro	Fuente
P004	G2115	PI 310 878	USA
P006	2005	PI 310 739	USA
P009	2959	Pecho Amarillo	GUA
P014	2146	PI 310 909	USA
P046	0101	PI 151-380	USA
P083	0239	PI 169 775	USA
P084	0241	PI 169 779	USA
P085	0244	PI 169 784	USA
P105	0380	PI 171 790	USA
P166	0677	PI 181 892	USA
P172	0706	PI 183 705	USA
P179	0684	PI 181 996	USA
P217	1280	PI 205 208	USA
P225			USA
P260	1098	PI 282 074 (Ocanero)	USA
P271	1659	PI 300 680	USA
P277	1675	PI 304 120	USA
P300	1757	PI 308 913	USA
P302	1820	PI 309 804	USA
P326	2006	PI 310 740	USA
P337	2045	PI 310 797	USA
P353	2327	PI 311 992	USA
P363	2541	PI 313 654	USA
P382	3647	Actopan	VEZ
P392	4498	Sanilac	USA
P402	3807	Brasil 2 (Bico de Ouro)	VEZ
P420	3607	C.C.G.B. -44 (I-462)	VEZ
P423	3842	Colombia I-1156	VEZ
P438	3131	F. negro (GUA-0325)	GUA
P449	3451	Guanajuato 116A	MEX
P458	4454	ICA Tui	CLB
P459	3645	Jamapa (I-810)	VEZ
P472	3465	Michoacan 12	MEX
P476	4000	Nep Bayo 22 (C-286)	CRI
P482	3994	Olive Brown (C-236)	CRI

No. Promisorio del Programa	Accesión del CIAT No.	Identificación o Registro	Fuente
P492	G3341	Puebla 87	MEX
P498	3353	Puebla 152	MEX
P499	3359	Puebla 172	MEX
P503	3371	Puebla 298	MEX
P512	4122	S-166-A-N (N-555)	CRI
P518	3689	S-315-N (I-957)	VEZ
P524	4421	S-630-B (C-63)	CRI
P526	3872	Trujillo 3	VEZ
P527	3874	Trujillo 7	VEZ
P538	3709	Veranic 2 (I-980)	VEZ
P539	3776	Venezuela 2 (I-1062)	VEZ
P543	3800	Venezuela 72 (I-1075)	VEZ
P548	3792	Venezuela 48 (I-1079)	VEZ
P560	3834	51051 (I-1138)	VEZ
P561	4152	50609 (N-283)	CRI
P566	4495	Porrillo Sintético	HON
P567	5478	Tara	PRI
P568	5479	PR-70-15R87 (PR-5)	PRI
P588	4455	ICA Huasaño	CLB
P589	2525	PI 313 624	USA
P590	5702	Cargamanto	CLB
P623	4458	27R	CRI
P635	4452	ICA Guali	CLB
P637	4523	Línea 17	CLB
P643	4459	NEP - 2	CRI
P654	4035	S-490 B	CRI
P675	4525	Línea 32 (ICA Pijao)	CLB
P684	1320	PI 207 262 (Tlalnepantla 64)	USA
P692	4494	Diacol Calima	CLB
P693	5653	Ecuador 299	ELS
P698	5476	Jules	USA
P699	5652	Mexico 309	ELS
P700	5706	Jalpatagua 72	GUA
P706	5701	Rojo 70	ELS
P708	4473	Titan	CHL
P709	4485	Turrialba 1	GUA
P717	5711	Comp Chimaltenango 2	GUA
P720	0832	PI 200 974	USA
P723	5213	Brasil 1096 (I-113)	BRZ
P730	2206	PI 311 818	USA
P732	2545	PI 313 658	USA
P738	4524	Línea 29	CLR
P749	2303	PI 311 359	USA
P750	4128	Santo Tomás 8N N-595	CRI
P752	3758	Negro Argel	CHL
P755	4460	Pompadour 2	CRI
P756	4445	Ex-rico 23	CLB
P757	4461	Porrillo 1	CRI
P758	4446	Ex-puebla 152 (Brown seeded)	MEX
P759	0076	Red kloud	USA
P785	5141	BRZ 805 Michoacan 75	BRZ
P788	1540	PI 284 703	USA

APENDICE C

Lista de accesiones de *Phaseolus* del CIAT (no clasificadas como Líneas Promisorias) a las cuales se hace referencia en el Informe Anual del Programa de Fríjol de 1978.

Accesión del CIAT No.	Identificación o Registro	Fuente
P. vulgaris		
G0124	PI 163 372	Estados Unidos
0413	PI 173 017 (Barbunya)	Estados Unidos
0881	PI 203 958 (N-203)	Estados Unidos
1257	PI 201 300	Estados Unidos
1813	PI 309 796	Estados Unidos
1841	PI 309 866	Estados Unidos
1873	PI 310 531	Estados Unidos
2092	PI 310 854	Estados Unidos
2227	PI 311 861	Estados Unidos
2258	PI 311 904	Estados Unidos
2325	PI 311 990	Estados Unidos
2351	PI 312 030	Estados Unidos
2540	PI 313 653	Estados Unidos
2545	PI 313 658	Estados Unidos
2546	PI 313 659	Estados Unidos
2801	PI 319 597 (F. Almendrilla)	Estados Unidos
3038	IAS (107)	Guatemala
3130	F. Negro (324)	Guatemala
3134	F. Negro (329)	Guatemala
3371	Puebla 298	Mexico
3565	Oaxaca 39	Mexico
3716	Snandresi	El Salvador
3736	Alabama 1	Estados Unidos
3738	Beurred' Paul Inat	Francia
3762	Negro de Guatemala	Venezuela
3777	Venezuela 4	Venezuela
3783	Venezuela 24	Venezuela
3791	Venezuela 47	Venezuela
3988	51054	Costa Rica
4463	Turrialba IN	Costa Rica
4721	San Martin 8	Peru
4826	Pintado	Brasil
5508	Rezayeh	Irán
5710	G.N UI. 31	Estados Unidos
5752	Bountiful 181	Estados Unidos
5772	Diacol Andino	Colombia
5773	ICA Pijao	Colombia
5942	PR-70-15R-55 (PR3)	Puerto Rico
6636	Cultivar de Haiti 226	Haiti
6638	47	Haiti
6640	157-A	Haiti
6641	Cultivar de Haiti 157-B	Haiti
7464	Far-lan-tou (NI-275)	China

Accesión del CIAT No.	Identificación o Registro	Fuente
G8058	59/3 (Pop. x Nep 2)	Uganda
8059	59/4 (Pop. x Nep 2)	Uganda
8062	59/7 (Pop. x Nep 2)	Uganda
8063	60/1 (Pop. x Nep 2)	Uganda
P. acutifolius		
3568	Oaxaca 43	Mexico
4401	Oaxaca 88	Mexico
5917	PI 319 443	Estados Unidos
P. lunatus		
1157	PI 299 388	Estados Unidos

CIAT

Unidad de Arroz

1978

Unidad de Arroz

El objetivo básico de la Unidad de Arroz del CIAT continúa siendo aumentar los rendimientos a fin de incrementar y mejorar la producción de arroz en América Latina y satisfacer las demandas, tanto en calidad como en cantidad.

Las estrategias para resolver los problemas que limitan los rendimientos incluyen la formación de variedades que satisfagan las necesidades de producción, calidad y adaptación y que también incorporen resistencia a enfermedades e insectos comunes en la región, de tal manera que se puedan disminuir los costos de producción y la utilización de insumos.

La Sección de Agronomía de la Unidad diseña y prueba técnicas culturales para hacer que las variedades mejoradas expresen su máxima productividad bajo diferentes condiciones ambientales, con miras hacia el aumento en los rendimientos, la disminución de los costos y la reducción en la utilización de productos químicos. En esa forma, se favorecerá a los arroceros en pequeña escala, quienes pueden tener mano de obra disponible pero no los recursos para comprar insumos y establecer sistemas agrícolas mecanizados.

El Programa de Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP) sirve como punto de contacto con los países de América Latina, a través del cual se suministra a esos países las nuevas técnicas y los materiales mejorados o segregantes.

En el futuro, la Unidad de Arroz continuará la formación de una red sólida de personal técnico en los diferentes países de la región. Estos técnicos (la mayoría de los cuales ha recibido adiestramiento en el CIAT), pueden proporcionar un valioso apoyo y los contactos necesarios en los programas de sus países, recibiendo los materiales de los fitomejoradores y las nuevas técnicas agronómicas por intermedio del Programa de Pruebas Regionales. El personal de la red evaluará, validará y diseminará estos nuevos materiales y prácticas, lo cual constituye la esencia del proceso de transferencia de tecnología.

El sistema de producción continua de arroz, adaptado por el CIAT para las condiciones de América Latina, ha sido aceptado por los agricultores en mediana y gran escala, pero no por los agricultores pequeños, quienes son el objetivo central de la Unidad de Arroz. A fin de que estos agricultores conozcan el método, se diseñarán parcelas de demostración en las cuales los pequeños agricultores podrán observar las ventajas de este sistema para sus condiciones específicas.

FITOMEJORAMIENTO

En 1978, el desarrollo de variedades de alto rendimiento con estabilidad en su rendimiento y producción, y la reducción de la utilización de insumos costosos, continuaron siendo las principales actividades de la Sección de Fitomejoramiento CIAT-ICA. El método principal para lograr estas metas es el mejoramiento genético por resistencia a los principales factores que limitan la producción de arroz, tales como la enfermedad piricularia (*Pyricularia oryzae*), el virus de la hoja blanca, el insecto sogata (*Sogatodes oryzicola*) y el añublo de la vaina (*Tanathephorus cucumeris*).

Piricularia del Arroz

La piricularia del arroz es el factor biológico principal limitante; por lo tanto, el mejoramiento genético para obtener resistencia estable al patógeno *Pyricularia oryzae* continúa siendo el objetivo primordial. Para lograr esta resistencia estable a la piricularia del arroz se está trabajando con genes mayores y menores, mediante la organización piramidal de genes mayores, la formación de multilíneas y multilíneas piramidales, y la concentración de genes menores.

Organización Piramidal de Genes Mayores

Se seleccionó un total de 26,000 plantas F_2 provenientes de 587 cruces múltiples entre 10 líneas progenitoras mejoradas, que son portadoras de factores de resistencia a la piricularia del arroz (procedentes de cinco fuentes: Tetep, Colombia 1, Dissi Hatiff, C 46-15 y Carreón). Las líneas se observaron y evaluaron hasta la generación F_4 por tipo de planta, resistencia a la piricularia y al sogata *(Sogatodes)* y por la calidad del grano. En la Estación Experimental del ICA en Palmira, se observó un total de 560 progenies promisorias F_4 sembradas en parcelas replicadas y se seleccionaron 90 de estas progenies F_4 para establecer ensayos replicados de rendimiento. Se espera que las líneas seleccionadas combinen factores de resistencia de 3 ó 4 fuentes diferentes. Entre las 90 líneas seleccionadas ya se han evaluado 55, en ICA-Palmira, en ensayos de rendimientos replicados. La utilización de la resistencia a la piricularia, mediante la organización piramidal de genes ha sido el objetivo básico del proyecto en vez del aumento en el rendimiento *per se*. El Cuadro 1 presenta los tres materiales que han mostrado superioridad en rendimiento entre las 55 líneas evaluadas hasta el momento por su rendimiento.

Variedades Multilíneas

En ICA-Palmira y en ICA-La Libertad, se sembraron las generaciones F_2 y F_3 del tercer y último retrocruzamiento (B_3) para formar una multilínea de cinco componentes, con cinco fuentes diferentes de resistencia (Tetep, Colombia 1, Carreón, Dissi Hatiff y C 46-15), con dos progenitores recurrentes. El fenotipo del progenitor recurrente se reconstituyó con el tercer retrocruzamiento y se observó una uniformidad fenotípica aceptable entre las diferentes líneas isogénicas en la generación B_3F_3. En la Libertad, se

Cuadro 1.

Comportamiento de tres líneas piramidales de arroz.

Línea	Rendimiento (kg/ha)	Porcentaje del testigo
5732	7830	125
5722	6712	107
5719	6667	107
CICA 8	6237	100

continúa la evaluación de las líneas B_3F_3 por su resistencia a la pudrición del cuello y por la calidad del grano, bajo condiciones de campo.

Se completó la segunda serie de retrocruzamientos para un proyecto de obtención de multilíneas con siete fuentes de resistencia diferentes, de distinto origen geográfico, con siete progenitores recurrentes diversos y genéticamente distintos (Informe Anual del CIAT, 1977); se está llevando a cabo el retrocruzamiento final. Raminad Strain 3, la fuente de resistencia procedente de Tailandia, ya sucumbió a la piricularia y se está eliminando del proceso para dejar sólo seis fuentes de resistencia.

Multilíneas Piramidales

Se intentó el desarrollo de una multilínea piramidal de seis componentes con cada línea isogénica portadora de factores de resistencia de tres fuentes diferentes (Informe Anual del CIAT, 1977), mediante el cruzamiento entre poblaciones B_3F_1 de la primera multilínea. Se completaron los cruzamientos y se sembraron las poblaciones F_1.

Concentración y Utilización de Genes Menores

Se obtuvieron 12 variedades de cuatro países (Cuadro 2) sobre las cuales se ha dicho que presentan el tipo de resistencia horizontal a la piricularia; los materiales se observaron en camas de infección, en condiciones de campo.

Bajo las condiciones de camas de infección, casi todas las variedades exhibieron una reacción resistente con unas pocas lesiones de tipo susceptible o moderadamente resistente. Como lo más factible es que las variedades del mismo continente presenten el mismo grupo de genes, a fin de evitar la duplicación y para combinar los factores de resistencia de los diferentes continentes, se hicieron cruzamientos entre variedades de diferentes países. Las poblaciones F_1 se cruzarán con variedades de alto rendimiento y de amplia adaptación, las cuales hayan

Cuadro 2.

Características de las variedades de arroz que tienen el tipo de resistencia horizontal a la piricularia, en que se reduce la tasa de infección en las plantas.

Variedad	Tipo de planta	Calidad del grano	Reacción a *Sogata*	País/región de origen
Moroberekan	Alta	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
Suakoko	Alta	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
O.S. 6	Alta	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
68-83	Alta	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
IRAT 8	Enana	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
IRAT 10	Enana	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
IRAT 13	Intermedia	Pobre	Susceptible	Africa Occi.
Tapuripa	Intermedia	Buena	Resistente	Surinam
Camponi	Enana	Buena	Resistente	Surinam
Ceysvoni	Enana	Buena	Resistente	Surinam
Sensho	Enana	Buena	Susceptible	Japón
IR 11-452	Enana	Buena	Resistente	Filipinas

probado ser susceptibles a la piricularia del arroz.

Cruzamiento de Variedades Susceptibles

La formación del tipo de resistencia horizontal, a partir de una base totalmente susceptible, ha sido un método fitotécnico defendido por los fitomejoradores para lograr resistencia estable a las enfermedades. Poblaciones F_2, provenientes de variedades susceptibles, se expusieron a una fuerte presión por enfermedades para su selección y cruzamiento posterior con materiales resistentes (un sistema de selección recurrente) para lograr la acumulación gradual y la concentración de genes menores de resistencia. Se seleccionaron 12 variedades susceptibles de alto rendimiento (Cuadro 3) y se están haciendo los 66 cruzamientos posibles entre ellas. Sus poblaciones segregantes se sembrarán en ICA-La Libertad para observación y selección de cualquier material resistente, con el propósito de hacer, más adelante, un segundo ciclo de cruzamientos.

Cuadro 3.

Variedades susceptible a la piricularia que se entrecruzan para acumular resistencia de genes menores.

Línea o variedad	Progenitores		
1170	Bg 90-2	x	[IR 1541 x ob 678]
2485	IR2035-290	x	[Bg90-2 x Pelita 1/1]
3674	73-797	x	[BKN6809 x IR1529]
2123	Bg 90-2	x	[IR 1541 x ob 678]
3838	IR 262	x	[BKN6809 x IR1529]
5568	P 1223	x	P 1248
IR 262	TN 1[4]	x	Peta
CICA 4	IR 8	x	IR 12
Inti	IR 8	x	[Fortuna x Minagra]
Línea 8	IR930-53	x	IR579-160
Bg 90-2	IR 262	x	Remadja
Bg 374-1	Bg 66-1	x	IR 20

Tolerancia al Añublo de la Vaina

Hasta el momento, no se ha detectado resistencia varietal al añublo de la vaina (*Tanathephorus cucumeris*); sólo se han identificado fuentes tolerantes. Se hicieron cruzamientos entre Tapoo-cho-z, K 8 y Bahagia, tres variedades que se han considerado tolerantes en los viveros internacionales del añublo de la vaina; luego, cada uno de los cruzamientos individuales se cruzó con CICA 4, CICA 7, CICA 9 y la Línea 4440. Se sembraron, en Montería y Panamá, nueve poblaciones F_2 de nueve cruzamientos diferentes. Adicionalmente, en las mismas localidades, se sembraron poblaciones F_2 de los retrocruzamientos (Cuadro 4).

En Montería, las infecciones de campo por el añublo de la vaina fueron bajas durante este año; por consiguiente, se excluyó la evaluación de las poblaciones por su tolerancia a esta enfermedad. Por lo tanto, se seleccionaron masalmente las poblaciones F_2 para sembrarlas y evaluarlas durante la siguiente estación. Las poblaciones F_2, sembradas en Panamá, también se seleccionaron masalmente, bajo una presión moderada de la enfermedad, para llevarlas posteriormente a la generación F_3.

Las poblaciones F_2 (Bahagia x 73-805 y Bahagia x IR 262) traidas de Sri Lanka se

Cuadro 4.

Retrocruzamientos realizados para desarrollar tolerancia al añublo de la vaina.

CICA 9/2	x	Bahagia
CICA 7/2	x	Bahagia
4440/2	x	Tapoo-cho-z
CICA 9/2	x	Tapoo-cho-z
CICA 7/2	x	Tapoo-cho-z
4440/2	x	K 8
CICA 9/2	x	K 8

seleccionaron y observaron en Palmira, durante dos generaciones. Se sometió a ensayos de rendimiento, en CIAT y Panamá, un total de 21 líneas F_5 provenientes de los dos cruces mencionados. Adicionalmente, las 21 líneas también se evaluaron en Panamá por su tolerancia al añublo de la vaina, bajo infecciones de campo. En Panamá, 3 de las 21 líneas presentaron tolerancia al añublo de la vaina (Cuadro 5); ahí, la evaluación sólo se hizo bajo condiciones de moderada infección de campo. Es necesario esperar la confirmación de las observaciones hechas bajo una presión severa de la enfermedad a fin de obtener datos concluyentes. Entre las 3 líneas consideradas como tolerantes, 2 son también resistentes a la piricularia, a pesar de que sus progenitores son susceptibles.

Resistencia al Añublo Bacterial

Se está haciendo mejoramiento en las líneas 4440, CICA 9 y CICA 4 por su resistencia al añublo bacterial (*Xanthomonas oryzae*) mediante su retrocruzamiento con tres progenitores resistentes—Remadja, Pelita 1/1 y Bg 66-1. El tercer y último retrocruzamiento se está haciendo con cada uno de los progenitores recurrentes. A medida que han avanzado los retrocruzamientos se ha observado una disminución de la resistencia. Como se ha considerado que la resistencia al añublo bacterial es heredada en forma simple (genes mayores), la disminución de la resistencia que se observó es contraria a lo esperado.

Genes de Resistencia al Insecto Sogata

Como el insecto sogata (*Sogatodes oryzicola*) tiene la posibilidad de la especialización fisiológica, es deseable disponer de diferentes genes de resistencia a este insecto. Diez variedades diferentes que son resistentes se cruzaron con Bluebonnet 50, variedad susceptible. Las poblaciones B_1F_1 y F_2 se evaluaron en el invernadero. La alta esterilidad observada para los cruzamientos que incluyeron los progenitores Mudgo y RD 3, no permitió hacer una clasificación significativa. Los datos de la generación F_2 de cinco cruzamientos no se prestaron para hacer una clasificación de interpretación significativa, a pesar de que las plántulas de las mismas poblaciones se habían seleccionado por segunda vez. Hay discrepancia entre la información correspondiente a la primera y segunda selecciones. Con base en los datos disponibles, la resistencia de IR 8 está bajo el control de un gene recesivo. En H-5 existe un gene dominante, el cual controla la resistencia.

Cuadro 5.

Evaluación de líneas de arroz en generación F_5 por su tolerancia al añublo de la vaina y potencial de rendimiento.

Línea	Progenitores	Reacción a:[1] Añublo de la vaina	Reacción a:[1] Piricularia	Rendimiento[2] (kg/ha)	% del testigo
5062	Bahagia x 73-805	T	R (3-4)	8784	109
5063	Bahagia x 73-805	T	R (3-4)	8853	110
5209	Bahagia x IR 262	T	S	10,064	126
CICA 8	(Testigo)	S	R	7985	100

1 Escala de resistencia: T=tolerante; S=susceptible; R(3-4)=resistente, con pocas lesiones del grado 3, 4.
2 Evaluación de rendimientos hecha en campos del CIAT.

Otros Proyectos de Mejoramiento

Precocidad

Los agricultores de las zonas arroceras del Tolima y de la costa norte de Colombia, prefieren variedades que maduren entre 100 y 110 días. Con el fin de obtener materiales de este tipo, se sembraron y observaron poblaciones F_2 provenientes de 17 cruzamientos dobles y triples, los cuales incluyeron cuatro variedades de madurez temprana (IR 36, 74-5461, CICA 7 e IR 22). y tres fuentes diferentes de resistencia a la piricularia (Tetep, Colombia 1 y C 46-15). En varias poblaciones, se identificaron segregantes que maduraron 15 a 20 días antes que CICA 9 y que presentaron una combinación de buena calidad de grano y un buen tipo de planta. Entre las 17 poblaciones, se seleccionaron masalmente 11 que eran promisorias por su tipo de planta, tipo de grano y precocidad, las cuales seran llevadas hasta la generación F_3.

Rectificación de un Defecto de CICA 8

CICA 8 se caracteriza por su alto rendimiento, un buen tipo de planta, una buena calidad de grano, resistencia a la piricularia y amplia adaptabilidad. Sin embargo, bajo condiciones de sistemas de cultivo que dependen de las lluvias, se ha observado un defecto notorio en esta variedad, relacionado con su volcamiento moderado. Se sembraron 97 progenies F_2 diferentes del primer retrocruzamiento de CICA 8 a Bg 90-2 y Bg 90-2 a CICA 8, a fin de incorporar mejor resistencia al volcamiento en CICA 8.

Mejoramiento de Bg 90-2

Bg 90-2 continúa presentando amplia adaptabilidad y un alto potencial de rendimiento en diferentes localidades. Su aceptación a nivel comercial depende de la rectificación de su susceptibilidad a la piricularia y del mejoramiento de la calidad de su grano. Se sembraron 64 poblaciones F_2 las cuales incluyeron a Bg 90-2 cruzado con diversas fuentes de resistencia a esta enfermedad. Durante el año, maduraron 27 de las poblaciones de ellas, 16 se identificaron como promisorias y se seleccionaron masalmente para llevarlas a la generación F_3.

Se sembraron y observaron 26 progenies F_2 diferentes del tercer retrocruzamiento de Bg 90-2 a Tetep (Bg 90-2 x Tetep). Se identificaron poblaciones segregantes que presentaron una combinación de resistencia a la piricularia con una mejor calidad del grano y con el fenotipo de Bg 90-2.

También, se sembraron 74 progenies F_2 provenientes del primer retrocruzamiento de Bg 90-2 a CICA 7, con el doble objetivo de transferir la calidad del grano de CICA 7 y la resistencia a la piricularia de Colombia 1 a Bg 90-2.

Se obtuvieron del Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) tres líneas retrocruzadas de IR 8 consideradas como materiales que combinan genes de resistencia a la piricularia provenientes de Tetep y Carreón; estas líneas se cruzaron en 27 cruzamientos individuales los cuales incluyeron CICA 4, CICA 7, CICA 8, CICA 9, 4414 y Bg 90-2. De cada uno de estos cruzamientos se sembraron 5000 plantas F_2 a fin de combinar el tipo de planta de IR 8, su vigor temprano, calidad de grano aceptable, sus diversas fuentes de resistencia a la piricularia y su alto rendimiento.

Evaluación de Selecciones Provenientes de Poblaciones Segregantes Obtenidas de Sri Lanka

Se hizo un total de 768 selecciones de plantas individuales en ocho poblaciones F_2 de cruzamientos múltiples traídos de Sri Lanka (Informe Anual del CIAT, 1977). Entre estas selecciones se observaron 90 líneas promisorias, en parcelas no replicadas, de 5 m de longitud y 6 hileras. Al final del proceso, se dejaron 51 selecciones y se incluyeron en 2 ensayos repetidos de rendimiento. Uno de los ensayos, el cual contenía 23 líneas, maduró durante el año. El Cuadro 6 presenta el comportamiento de cuatro materiales que dieron los mayores rendimientos.

Evaluación de Introducciones

En parcelas de una sola hilera, se observaron 85 líneas genéticas avanzadas y variedades obtenidas del IRRI, Ecuador, Perú, Africa, Japón y Surinam. Entre ellas, se identificaron progenitores adecuados los cuales podrían donar vigor temprano, tolerancia a la salinidad, más resistencia de campo a la piricularia y tolerancia a *Rhyncosporium*.

Inducción de la Esterilidad Masculina Mediante Tratamientos Químicos

La literatura indica que se ha logrado inducir satisfactoriamente la esterilidad masculina en trigo (*Triticum aestivum*) mediante aplicaciones de Ethrel (ácido 2-cloroetilfosfónico).

Es posible que un procedimiento de selección recurrente sea el más apropiado para llevar a cabo satisfactoriamente un programa de mejoramiento genético para obtener resistencia horizontal a la piricularia del arroz. La esterilidad masculina inducida químicamente evita el trabajo laborioso de las polinizaciones manuales que se requieren en la selección recurrente. Además, la esterilidad masculina inducida químicamente también evita las complicaciones e inconvenientes de la esterilidad masculina citoplasmática.

Se utilizaron seis concentraciones diferentes de Ethrel (1000, 1500, 2000, 3000, 4000 y 5000 ppm) en CICA 8, con el fin de investigar las posibilidades de inducir esterilidad masculina en arroz. Las tres concentraciones más altas produjeron esterilidad masculina, con valores que oscilaron entre el 42 y el 51 por ciento. En

Cuadro 6.

Comportamientos de cuatro líneas de arroz provenientes de poblaciones segregantes, traídas de Sri-Lanka.

Línea	Cruzamiento					Rendimiento (kg/ha)	% del testigo
2135	Bg 90-2	x	[IR 1541	x	ob 678]	10,093	109
2196	Pelita 1/1	x	[ob 678	x	IR1529]	10,041	109
2123	Bg 90-2	x	[IR 1541	x	ob 678]	10,041	109
2485	IR2035-290	x	[Bg 90-2	x	Pelita 1/1]	10,024	108
CICA 8	(Testigo)					9252	100
Bg 90-2						12,015	129

investigaciones más recientes se ha observado que es mejor hacer una aplicación más temprana, que coincida con la iniciación de la meiosis, con una segunda aplicación 3 días después de la primera. Se repetirá este estudio.

AGRONOMIA

Sistemas de Siembra

Máxima Producción al Menor Costo por Unidad de Tiempo y de Area

Con el fin de identificar el sistema de siembra para arroz de riego que proporcione los mayores rendimientos en el menor tiempo posible y al menor costo, se compararon tres sistemas de siembra en suelos inundados, en CIAT-Palmira. La variedad CICA 8 se sembró bajo los siguientes sistemas: 1) siembra al voleo de la semilla seca, en suelo seco y posteriormente, riego; 2) siembra al voleo de semilla pregerminada, en suelo preparado por fangueo; 3) transplante, con un promedio de cuatro plantas a distancias de 30 x 30 cm, en un suelo que había sido preparado por fangueo y cubierto con una lámina de agua, al momento del transplante.

Se ha demostrado que el transplante es apropiado para prevenir la competencia de malezas y a la vez, es un buen sistema para eliminar el arroz rojo.

En cada uno de los tres sistemas de siembra, se permitió el rebrote del arroz, después de la primera cosecha, a fin de comparar los rendimientos de esta práctica con los obtenidos al destruir los rastrojos durante la repreparación del terreno y la resiembra.

El sistema de transplante dio los mejores rendimientos al menor costo, para la primera cosecha, y produjo los mejores beneficios (Cuadro 7).

Distancias de Siembra y Densidades para el Arróz Transplantado

La variedad CICA 8 se transplantó a distancias de 20 x 20, 30 x 30 y 40 x 40 cm entre plantas y entre hileras, respectivamente; en cada distancia se transplantaron 2, 4 ó 6 plantas por sitio. El experimento se sembró en CIAT-Palmira en un suelo que había sido preparado por fangueo y el cual estaba totalmente libre de malezas al momento del transplante. El desarrollo del cultivo fue similar para todos los tratamientos, aunque las distancias más cercanas favorecieron el cubrimiento más rápido del suelo con el follaje del arroz.

Los rendimientos fueron mejores cuando el arroz se transplantó a las distancias más cortas, no importa cuál hubiera sido el número de plantas por sitio. Esto indica que la variedad CICA 8 se puede sembrar a una distancia de 20 x 20 cm y a densidades de 2 a 6 plantas por sitio. Colocando un promedio de cuatro plantas por sitio se disminuye el riesgo de que queden espacios vacíos, lo cual puede ocurrir cuando el arroz se transplanta a una densidad de una planta por sitio.

El número de tallos efectivos para obtener una mayor productividad —tallos que se forman, maduran y fructifican— fue más adecuado por unidad de área cuando las distancias de siembra fueron menores, puesto que hay más sitios de siembra. Este efecto disminuyó a medida que aumentó la distancia de siembra y no fue afectado por el número de plantas por sitio (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 7.

Rendimiento de arroz en cáscara (seco) calculado en kg/ha, de la variedad CICA 8, y costos estimados de producción para tres sistemas de siembra.

Sistema de siembra	Densidad de siembra (kg/ha)	Producción de arroz cáscara seco (kg/ha)	Costos promedio de producción por hectárea[1]			
			Maquinaria	Mano de obra (kg)	Insumos/agua	Total
			(kg)			
Siembra de semilla seca al voleo, en suelo seco, con riego posterior.	150	6662	285	2019	1594	3898
Siembra de semilla pregerminada, al voleo, en suelo saturado	80	7562	285	1906	1477	3668
Transplante de 4 plántulas de 25 dias de edad, a 30 x 30 cm en suelos inundados	20	7871	285	2604	928	3817

1 Costos promedio (en pesos colombianos de 1978), transformados al precio promedio de 1 kg de arroz en cáscara seco. No incluye: valor de la tierra, administración de la plantación, asistencia técnica, intereses por capital, transporte, secamiento y procesamiento.

Cuadro 8.

Rendimiento de arroz en cáscara (seco) calculado en kg/ha, de la variedad CICA 8, a diferentes distancias de transplante y densidad de siembra.

Distancia de transplante (cm)	Plántulas por sitio	Rendimiento (kg/ha)	$\bar{X}$ de densidades (kg/ha)
20 x 20	2	8506	
	4	8724	
	6	8654	
			8628
30 x 30	2	8507	
	4	8533	
	6	8333	
			8458
40 x 40	2	7760	
	4	7925	
	6	7839	
			7841

El número de tallos efectivos que produce cada planta, en cada sitio, es menor a una distancia de 20 x 20 cm que a distancias mayores, pero, el rendimiento total fue superior y el número total de tallos por unidad de área aumentó, lo cual indica una mejor utilización del espacio y de la energía que la planta requiere durante su fase productiva.

A distancias de 20 x 20 cm se requiere más semilla y más horas-hombre para el transplante; sin embargo, la mayor producción que se obtiene mediante este sistema compensa estos factores.

Rendimientos de la Primera Cosecha y del Rebrote

El comportamiento de nueve variedades mejoradas de arroz, transplantadas a distancias de 30 x 30 cm con una plántula

Cuadro 9.

Poblaciones de tallos efectivos por área y por sitio, para la variedad CICA 8, a diferentes densidades de transplante y densidades de población.

Distancia de transplante (cm)	Plántulas por sitio	No. de tallos efectivos		
		por m²	$\bar{X}$ de distancias	por sitio de transplante
20 x 20	2	372		
	4	408		
	6	411		
			397	16
30 x 30	2	402		
	4	307		
	6	294		
			334	37
40 x 40	2	326		
	4	333		
	6	213		
			290	48

por sitio, mostró que los rendimientos de la primera cosecha no son un buen indicativo de la producción del rebrote, debido a diferentes capacidades varietales cuando se permite que el rebrote crezca.

Los rendimientos más altos en la primera cosecha y el más bajo en la cosecha del rebrote, se observaron con la variedad CICA 8. El comportamiento mediocre de esta variedad en su rebrote permitió que la variedad Juma 57 produjera una mayor cantidad total de arroz.

El Cuadro 10 muestra los rendimientos de las nueve variedades en el experimento y confirma los resultados presentados en años anteriores (Informe Anual del CIAT, 1972) sobre la alta capacidad de CICA 4, la cual produjo en el rebrote hasta el 30 por ciento de lo obtenido en la primera cosecha.

El número de tallos es sólo uno de los factores que afecta el rendimiento; por tanto no se observó correlación entre el número de tallos efectivos y los rendimientos (Cuadro 10).

Control de Malezas

Competencia de Malezas con el Arroz

Cuando las malezas no se eliminan oportunamente, afectan los rendimientos de la cosecha. Hay ciertas etapas del desarrollo en las cuales la planta de arroz es más susceptible a la competencia por malezas. En los experimentos para encontrar el momento más oportuno para controlar las malezas, la menor cantidad de malezas (peso seco) y los mayores rendimientos de arroz se obtuvieron cuando las malezas se eliminaron manualmente o se controlaron químicamente durante los primeros 30 días después de la siembra. Cuando el control de malezas se practicó entre los 30 y los 50 días, la producción se vio afectada, pero la disminución más drástica en el rendimiento y el mayor crecimiento de las

Cuadro 10.

Rendimiento de arroz en cáscara (seco) calculado en kg/ha y producción de tallos, de nueve variedades de arroz, en la primera cosecha y en una cosecha de rebrote (soca).

Variedad	Rendimiento (kg/ha)				Número promedio de tallos/planta			
					1ra. cosecha		Rebrote	
	1ra. cosecha	Rebrote	% Rebrote/ 1ra. cosecha	Total	Efectiva	Inefectiva	Efectiva	Inefectiva
CICA 8	6046	119	1.96	6165	25.6	2.6	22.3	17.0
CICA 9	5793	478	8.25	6271	21.3	2.3	20.6	10.0
Juma 57	5543	1566	28.25	7109	28.0	2.3	26.3	23.0
Tikal 2	5236	421	8.04	5657	27.0	2.0	17.6	9.6
Inti	4926	415	8.42	5341	28.3	1.0	22.3	13.0
CICA 4	4343	1456	33.52	5799	33.0	2.3	28.6	23.6
CICA 6	4256	700	16.44	4956	29.3	3.3	34.6	22.6
CICA 7	4233	991	23.41	5224	27.6	4.3	36.3	27.3
IR 8	2463	590	23.95	3053	25.3	3.0	37.3	26.6

malezas ocurrió cuando se les permitió crecer libremente, durante los primeros 70 días. Las desyerbas hechas después de 70 días, no ejercieron efecto alguno para aumentar los rendimientos de arroz (Cuadro 11).

Las malezas afectan adversamente la altura de las plantas de arroz, la producción de tallos y el tamaño de las panículas, de una manera similar a los efectos de la época de la competencia en los rendimientos. El estado de desarrollo de la planta de

Cuadro 11.

Rendimientos de arroz calculado en kg/ha y peso seco de malezas, según las diferentes épocas de competencia de las malezas con la variedad de arroz CICA 8.

Edad de las plantas de arroz desde la cual crecieron libres de malezas	Rendimiento de arroz en cáscara (seco) (kg/ha)	Peso seco de malezas (g/m^2)
0	7708	3
10	7463	3
15 (propanil)	7200	-
20	7150	48
30	6689	196
30-60-90	6031	305
40	5631	398
50	4476	513
70	912	806
90	260	1075
Sin desyerba	157	1195

arroz, en el cual ésta es más susceptible a la competencia de malezas, ocurre a los 30 días de edad y por consiguiente, el control de las malezas debe hacerse temprano y en forma efectiva.

Efectividad de Herbicidas Preemergentes en Suelo Preparado por Fangueo y Sembrado con Semilla Pregerminada

El sistema de siembra en el cual la semilla pregerminada se distribuye sobre los suelos previamente preparados por fangueo aumenta los rendimientos y disminuye los costos, en comparación con el sistema tradicional de siembra de semilla seca al voleo y posteriormente el riego. Sin embargo, no todos los herbicidas preemergentes se pueden utilizar con arroz pregerminado porque parte de las semillas permanecen descubiertas y el herbicida entra en contacto con ellas, durante la etapa de la germinación.

Los herbicidas RH 8817 y oxyfluorofeno 2 CE no disminuyeron las poblaciones de plántulas de arroz y proporcionaron un buen control inicial de las malezas cuando se utilizaron en aplicaciones preemergentes.

En las observaciones preliminares, tanto el oxadiazon (1 kg de i.a./ha) como el dimetametrina (1.8 kg de i.a./ha), disminuyeron las poblaciones de plantas de arroz cuando se aplicaron sobre la semilla pregerminada. No se observaron disminuciones cuando ambos herbicidas se aplicaron sobre la semilla que había sido sembrada sin pregerminar y luego, aplicado el riego.

Mezclas de Herbicidas Posemergentes

El herbicida propanil en aplicaciones posemergentes es efectivo pero no tiene efectos residuales. Por esta razón se están buscando mezclas de propanil con otros productos para obtener un efecto residual sin disminuir su selectividad.

El producto experimental RH 5205 disminuyó las poblaciones de plantas del cultivo y causó problemas fitotóxicos sin que el arroz se pudiera recuperar. Los compuestos RH 2512 y RH 2915 dieron un buen control de malezas y sólo presentaron ligera toxicidad para el arroz; estos herbicidas se consideran como materiales promisorios.

Aplicación de Herbicidas Hormonales Utilizando Urea como Portador

Con el objeto de disminuir los costos de las aspersiones y prevenir los problemas de la volatilidad, se prepararon mezclas de herbicidas hormonales comerciales con úrea y se aplicaron con el fertilizante. Se hicieron observaciones sobre su efectividad para controlar malezas, la respuesta de la planta al fertilizante y cualquier síntoma de fitotoxicidad.

Los tratamientos comparados fueron los siguientes: la aspersión de los herbicidas en mezcla con agua y la úrea impregnada con los herbicidas hormonales 2,4,5-T, 2,4-D, picloran y MCPA, todos en dosis de 0.24 y 0.36 kg de i.a./ha; las aplicaciones se hicieron cuando las plantas de arroz de la variedad CICA 9 tenían 14 días de edad. El fertilizante se distribuyó con los herbicidas sobre las parcelas.

No se observaron diferencias entre los tratamientos, bajo las condiciones estudiadas. El control de malezas de hoja ancha, los problemas de fitotoxicidad y la respuesta de las plantas al fertilizante fue normal.

Efectos del Sistema de Siembra sobre el Control de las Malezas

Se ha demostrado que el transplante es efectivo para prevenir la competencia por malezas debido a la ventaja que tienen las plántulas de arroz sobre las malezas, siempre y cuando el transplante se haga en un suelo libre de malezas y que esté saturado de agua.

Para integrar los métodos del control de malezas, se puede complementar el transplante con aplicaciones de herbicidas, aunque, en los suelos que no están muy infestados con semilla de malezas, el control químico no es necesario.

En el tratamiento en el cual las semillas secas de arroz se sembraron al voleo, en un suelo seco, la semilla del arroz y la de las malezas, recibieron el agua necesaria para germinar al mismo tiempo, iniciando la competencia desde las primeras etapas del desarrollo.

La siembra de semilla pregerminada, en suelos preparados por fangueo y aún saturados de agua, tiene una pequeña ventaja en comparación con la siembra de la semilla seca en un suelo seco, pero no es suficiente para proporcionar una protección total hasta la cosecha, ni siquiera con herbicidas y riego.

Para eliminar el arroz rojo de los campos de arroz y para producir cosechas de mayor pureza y más libres de semilla de malezas, el transplante tiene ventajas sobre la siembra directa.

Influencia de la Distancia del Transplante en las Poblaciones y el Desarrollo de Malezas

Cuando se transplantan plántulas de 25 a 30 días de edad, a una distancia de 20 x 20 cm, el arroz tiene una ventaja sobre las malezas desde el inicio de su desarrollo; el follaje del cultivo en crecimiento cubre el área y evita que la luz solar llegue hasta las plantas de las malezas. Lógicamente, estos efectos son más marcados cuando las distancias de transplante son menores (20 x 20 cm), disminuyendo a medida que se amplía la distancia de siembra a 40 x 40 cm, en cuyo caso los efectos de la competencia de las malezas son más pronunciados (Cuadro 12).

Cuadro 12.

Peso seco de malezas en campos de arroz, según las distancias de transplante y las densidades de población de plantas de arroz.

Distancia de transplante (cm) y plantas/ sitio		Peso seco de malezas (g/m²)				
		Acuáticas	Hoja ancha	Ciperáceas	Gramíneas	Total
20 x 20	2	186.5	41.5	28.0	29.5	285
	4	80.3	26.3	40.5	21.0	168
	6	66.0	14.0	35.0	35.5	140
30 x 30	2	256.3	23.3	56.0	40.3	377
	4	110.0	20.3	41.0	59.0	230
	6	99.5	40.3	30.3	38.3	208
40 x 40	2	269.5	138.0	97.0	315.5	820
	4	141.3	72.0	73.6	199.0	485
	6	190.6	50.0	77.3	144.0	461
Total		1402.0	425.7	478.7	872.1	

Según los resultados presentados en el Cuadro 12, para las condiciones del CIAT, las malezas acuáticas son las más abundantes en los campos preparados por fangueo, siguiéndoles en importancia las gramíneas. Las especies predominantes, en cada uno de los cuatro grupos, fueron: malezas acuáticas— *Limnocharis flava, Heteranthera reniformis, Jussiaea leptocarpa* y *Sphenoclea zeylanica;* gramíneas— *Echinochloa colonum, Chloris polydactyla* y *Leptochloa filiformis;* Ciperáceas—*Cyperus ferax, Cyperus flavus, Cyperus diffusus, Cyperus brevifolius* y *Eleocharis* spp.; y malezas de hoja ancha—*Euphorbia hypericifolia, Eclipta alba* y *Boerhaavia decumbens.*

Control de Malezas de Arroz Transplantado

Con el fin de evaluar el control químico de malezas en campos de arroz transplantado, se comparó el desyerbe manual con la aplicación de varios herbicidas comerciales.

Los tratamientos que dieron los mayores rendimientos fueron: el desyerbe manual seguido por los tratamientos que recibieron el herbicida granulado oxyfluorofeno, a razón de 0.25 kg de i.a./ha (aplicado 5 días después del transplante); oxyfluorofeno, aplicado dos veces (a los 5 y 15 días); oxyfluorofeno a razón de 0.5 kg de i.a./ha (aplicado 5 días después de la siembra); y propanil aplicado dos veces (2.0 kg de i.a./ha por aplicación, a los 15 y 25 días después del transplante). Los anteriores tratamientos dieron rendimientos superiores a 8 ton/ha (Cuadro 13).

El propanil (a razón de 4 kg de i.a./ha) controló bien las malezas pero los rendimientos de arroz fueron menores que en los tratamientos que recibieron la misma dosis pero dividida. Aunque los tratamientos con oxyfluorofeno presentaron mayores poblaciones de malezas que las parcelas que recibieron propanil, los rendimientos fueron más altos.

Maquinaria Agrícola

Preparación del Suelo

La preparación de los suelos por

Cuadro 13.

Efectos de varios métodos de control de malezas sobre los rendimientos de arroz y sobre el peso seco de las malezas presentes al momento de la cosecha.

Tratamiento	Dosis aplicada (kg i.a./ha)	Días de la aplicación después del transplante	Rendimiento de arroz cáscara seco (kg/ha)	Peso seco de las malezas al cosechar (g/m^2)
Desyerbe manual	-	-	8486	4.0
Oxyfluorofeno	0.25	5	8257	70.0
Oxyfluorofeno	0.25 + 0.25	5, 15	8229	85.2
Oxyfluorofeno	0.50	5	8167	112.7
Propanil	2.0 + 2.0	15, 25	8144	38.7
Propanil + 2, 4, 5-T	2.0 + 0.2	15	7837	68.0
Propanil	4.0	15	7828	22.0
Propanil	2.0	15	7482	70.5
2, 4, 5-T	0.2	15	7227	155.0
2, 4, 5-T	0.4	15	7163	78.5
Testigo	-	-	4101	567.0

fangueo tiene las siguientes ventajas: contribuye a controlar eficientemente las malezas, a dar una buena nivelación del suelo para obtener un riego eficiente y a ahorrar agua de riego y fertilizantes. Sin embargo, cuando se utiliza maquinaria pesada para preparar el suelo por fangueo, (por ejemplo, tractores de 70 HP o de mayor potencia, con cultivadores rotatorios que tengan cuchillas grandes), se va formando una capa dura ("hardpan") a mayor profundidad, en el perfil del suelo. Al efectuar las labores agrícolas con la maquinaria, durante la cosecha con combinada o en preparaciones posteriores del suelo, con frecuencia el equipo se entierra parcialmente en el terreno, lo cual causa pérdida de tiempo y el riesgo de averiar las máquinas. Con el fin de disminuir la profundidad de esta capa dura, se prepara primero el suelo en seco, sin inundarlo y posteriormente, se hace el riego para inundar el suelo. Luego, se nivela el terreno utilizando tractores de dos ruedas, más pequeños y livianos, los cuales no se entierran. El arroz crece en un suelo bien preparado, y la maquinaria sufre menos deterioro y es más eficiente.

Transplante Mecanizado

El transplante del arroz con maquinaria es una labor que requiere más adecuación del terreno que el transplante manual debido a la preparación del suelo y al contenido de humedad. El trabajo mecanizado se dificulta más en: 1) suelos que hayan sido fangueados, con tractores con más potencia que 70 HP, debido a que se ha removido una capa de suelo muy profunda; 2) suelos preparados en seco y luego inundados sin ningún otro tipo de labranza o nivelación, debido a que las plántulas no tienen un buen medio para anclar; y 3) suelos preparados por fangueo pero que mantengan una lámina de agua de 5 cm de profundidad o más, debido a que el equipo no logra sembrar. Esta situación es muy seria en campos en los cuales no se haya realizado una nivelación correcta.

Las transplantadoras fueron eficientes en los campos preparados por fangueo, con tractores de dos ruedas, los cuales no se enterraron en el terreno y en suelos fangueados saturados pero sin lámina de agua al momento de transplantar.

Fertilización

Influencia de la Distancia de Siembra y de los Niveles de Nitrógeno en la Altura de las Plantas y Formación de Tallos

Las variedades CICA 8 e IR 22 se compararon en siembras hechas a dos distancias de siembra y bajo tres niveles de N. La siembra de cualquiera de las dos variedades, a una distancia de 20 x 20 cm con una planta por sitio, no influyó sobre el número de tallos por planta a los 95 días de edad, cuando el N se aplicó en tres niveles: 0, 80 y 160 kg/ha. Sin embargo, al aumentar los niveles de fertilizante, se observó un aumento en el número de tallos formados cuandos las plantas se sembraron a distancias de 30 x 30 cm (Cuadro 14).

Entomología

Hydrellia es un insecto minador que se multiplica principalmente en los campos de arroz que son regados por inundación permanente o frecuente. Es un insecto cuyo habitat natural requiere alta humedad; por ello para hacer un control inicial es necesario drenar los campos, eliminando así las condiciones favorables para la plaga. Sin embargo, cuando es imposible drenar el terreno debido al daño que podría ocasionar la sequía a las plantas, es preferible recurrir al control químico utilizando insecticidas granulados aplicados sobre el suelo húmedo o aún

Cuadro 14.

Efectos de dos distancias de transplante y de tres niveles de N sobre la altura de las plantas y sobre el número de tallos, en dos variedades de arroz, a los 95 días.

Variedad	Distancia de transplante (cm)	N aplicado (kg/ha)	Altura de la planta (cm)	Tallos por planta
CICA 8	20 x 20	0	94.5	20.0
		80	97.5	19.0
		160	106.0	17.5
	30 x 30	0	99.5	26.5
		80	98.5	33.5
		160	108.5	36.5
IR 22	20 x 20	0	84.5	19.0
		80	87.5	18.5
		160	97.0	22.0
	30 x 30	0	86.5	25.0
		80	92.5	33.5
		160	90.0	35.5

sobre la superficie del agua, cuando ésta no se mueve.

Los insecticidas granulados carbofurán y diazinón se aplicaron en dosis de 0.6 kg de i.a./ha para controlar el insecto. El diazinón controló el insecto con más rapidez y eficacia, lo cual confirma los informes al respecto publicados anteriormente (Informe Anual del CIAT, 1976).

Hoja Blanca y Sogatodes

Se recibió información procedente de Ecuador sobre la presencia del insecto *Sogatodes* y de los síntomas de la enfermedad Hoja Blanca en arrozales. Para estudiar el problema, identificar la especie del insecto involucrado y observar los síntomas de la enfermedad, se visitaron las zonas arroceras de Guayas y de Arenillo, en donde la infestación del insecto había disminuido y la presencia del virus no era seria.

En mutuo acuerdo con los técnicos de ese país, se sugirió al INIAP instalar facilidades para investigar este problema y adiestrar técnicos en el CIAT, de manera que se pudieran iniciar estudios sobre mejoramiento varietal y llegar así a una solución del problema.

Semilla

Multiplicación de Semilla Básica

Durante 1978, mediante acuerdos entre el CIAT y el ICA se multiplicó semilla básica, en los campos del CIAT, por intermedio de los esfuerzos de Operaciones de la Estación del CIAT. El ICA suple la semilla genética obtenida bajo supervisión y de acuerdo con normas establecidas, el CIAT la transplanta para asegurar un factor de multiplicación más alto. La semilla se cosecha, seca, clasifica y despacha al ICA como semilla básica.

El proceso completo de producción de esta semilla es supervisado por la Unidad de Arroz del CIAT y el Programa de Certificación de Semillas del ICA, lo cual

garantiza la pureza y la calidad del producto final. Las variedades y cantidades multiplicadas durante 1978 incluyeron: CICA 8 (23,350 kg en marzo), CICA 4 (18,000 kg en abril), IR 22 (37,850 kg en noviembre), CICA 8 (43,000 kg en diciembre) y CICA 7 (18,000 kg en diciembre).

ADIESTRAMIENTO

Durante el primer semestre de 1978, un total de 10 becarios de diversos países de América Latina asistió a un curso de producción de arroz, de 4 meses, realizado en el CIAT. Al término de este curso, 2 profesionales de Perú y 1 de México permanecieron en el Centro, durante 1 mes más, para recibir adiestramiento en fitomejoramiento; además 1 becario de Ecuador recibió 1 mes de adiestramiento en agronomía.

Los becarios tuvieron bajo su responsabilidad el manejo de parcelas de producción en el campo y también participaron en el diseño, la siembra y el manejo de dos experimentos: uno sobre Máxima Producción a Menor Costo por Unidad de Tiempo y de Area, y el otro Densidades de Siembra Utilizando Semilla Pregerminada en Suelos Preparados por Fangueo. Estos experimentos se establecieron de tal manera que becarios de cursos siguientes pudieran cosecharlos durante el segundo semestre.

Durante el segundo semestre, se organizaron dos cursos.

— El curso de producción tuvo 10 participantes procedentes de ocho países de América Latina. Durante los 3 meses que duró, los becarios recibieron adiestramiento en diferentes aspectos de la producción y diseñaron y participaron en la siembra y el manejo de un experimento sobre el comportamiento de CICA 8 con respecto a la aplicación de N, control de malezas y densidad de siembra. Una parte importante de este adiestramiento fueron los viajes a diferentes zonas arroceras de Colombia, incluyendo los departamentos del Valle del Cauca, Cauca, Tolima, Meta, Santander y Cesar. En estas localidades, los becarios pudieron observar las diferentes etapas de la producción en fincas comerciales, como también la oportunidad de observar la transferencia y adopción de tecnología.

Este adiestramiento estuvo complementado por conferencias sobre diferentes prácticas culturales, alternando esta actividad con prácticas en el campo, laboratorio e invernaderos. Los seminarios presentados por los becarios sobre la situación del cultivo del arroz en sus países y el trabajo individual de revisar la literatura y de discutir el trabajo técnico con sus colegas, ayudó a llenar los objetivos del adiestramiento y facilitó la comunicación entre el grupo.

De los 10 becarios del curso de producción del segundo semestre, 3 permanecieron por 1 mes más para continuar trabajando en agronomía y en transferencia de tecnología.

— En el curso sobre el actualización de conocimientos sobre producción de arroz participaron 25 agrónomos del ICA y de la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ); tuvo una duración de 2 semanas durante las cuales se hizo énfasis en la preparación de los terrenos mediante el sistema de fangueo, siembra de semilla pregerminada y transplante.

PROGRAMA DE PRUEBAS INTERNACIONALES DE ARROZ PARA AMERICA LATINA

Con el fin de ayudar a los programas nacionales de arroz en el cumplimiento de su objetivo central de aumentar la producción y productividad del arroz, las actividades del Programa Internacional de Pruebas de Arroz (IRTP) para América Latina enfocó, en 1978, sus esfuerzos hacia el logro de las siguientes estrategias: 1) evaluar y multiplicar germoplasma básico del IRRI, del CIAT y de programas nacionales; 2) seleccionar accesiones adecuadas para su evaluación en viveros específicos solicitados por programas nacionales; 3) identificar los problemas y las necesidades de la producción de arroz en América Latina; 4) identificar personal para recibir adiestramiento en el CIAT y el IRRI; 5) estructurar y organizar los datos obtenidos de los viveros distribuidos en 1977.

Resultados de los Viveros del IRTP para la América Latina Distribuidos en 1977

A mediados de 1977 se despacharon a 19 países de América Latina, 96 juegos de seis viveros específicos (Informe Anual del CIAT, 1977). La mayoría de los países recibieron los viveros a tiempo, los sembraron durante la época principal de cultivo y además, enviaron al CIAT los datos correspondientes. El Cuadro 15 muestra el porcentaje de datos recibidos de cada vivero. Estos porcentajes relativamente altos son un buen indicativo de que esta modalidad de cooperación internacional tiene buena aceptación. Se espera que estas actividades de cooperación se intensifiquen aún más, a medida que los

Cuadro 15.

Datos obtenidos de los Viveros Internacionales de Pruebas de Arroz para América Latina (siembras de 1977).

Viveros[1] de 1977	No. de juegos		
	Despachados	Datos recibidos	% de datos recibidos
VIRAL-P	28	18	64
VIRAL-T	28	17	61
VIRAL-S	22	13	59
VIRAL-F	5	-	-
VIAVAL	9	6	66
VIOSAL	4	-	-
Total	96	54	56

1 VIRAL-P = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina —Variedades Precoces; VIRAL-T = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina —Variedades Tempranas; VIRAL-S = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina —Secano; VIRAL-F = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina —Variedades Flotantes; VIAVAL = Vivero Internacional del Añublo de la Vaina del Arroz; y VIOSAL = Vivero Internacional de Observación de Salinidad y Alcalinidad.

programas nacionales adquieran mayor conciencia sobre sus beneficios.

El análisis de los datos recibidos de diferentes viveros estará disponible cuando se publiquen los informes.

El Cuadro 16 presenta los datos de rendimiento de las cinco mejores accesiones del VIRAL-T, VIRAL-P y VIRAL-S. Los rendimientos de las mejores accesiones del VIRAL-T son altos si se tiene en cuenta que representan un promedio de 13 localidades y que cuatro de ellas fueron cultivadas bajo condiciones de secano, un sistema de cultivo que no se ha recomendado para esas accesiones. Bajo condiciones de riego, estas accesiones dieron rendimientos de más de 6.0 ton/ha.

Las cinco mejores selecciones del vivero de rendimiento en secano (VIRAL-S) dieron mejores rendimientos que los testigos locales en localidades que presentaron una buena distribución de las lluvias. Sin embargo, fueron inferiores al testigo local (IAC 47) bajo condiciones desfavorables de secano, como en

Cuadro 16.

Rendimiento promedio y duración del período de crecimiento de las cinco mejores accesiones, en cada uno de los tres Viveros Internacionales de Rendimiento de Arroz del CIAT-IRRI, sembrados en 1977.

Designación	Origen	Rendimiento (ton/ha) Promedio	Rendimiento (ton/ha) Rango	Posición	Días hasta la madurez
VIRAL-T, 1977, sembrado en 13 localidades[1]					
IR 2588-19	IRRI	5.9	0.5 - 9.3	1	139
IET 1785	India	5.8	0.5 - 8.9	2	135
Bg 375-1	Sri-Lanka	5.7	0.5 - 8.7	3	137
B 542b-Pn-68	Indonesia	5.6	0.1 - 10.4	4	137
CICA 9	CIAT-ICA	5.5	0.5 - 7.8	5	135
VIRAL-S, 1977, sembrado en 10 localidades[2]					
CICA 8	CIAT-ICA	3.4	0.1 - 6.6	1	128
IR1529-430-3	IRRI	3.3	0.2 - 5.8	2	129
IR1750-F5-B-5	IRRI	3.1	1.6 - 5.0	3	122
IR2061-522-6-9	IRRI	3.1	0.4 - 5.0	3	120
IR 36	IRRI	3.0	0.1 - 5.2	5	121
VIRAL-P, 1977, sembrado en 15 localidades[3]					
IET2881(RP319-34-8-1-3)	India	5.8	0.9 - 8.7	1	123
B541b-Pn-58-5-3-1	Indonesia	5.7	2.9 - 9.2	2	125
CICA 7	CIAT-ICA	5.3	2.5 - 9.6	3	128
BR51-46-1-C1	Bangladesh	5.3	2.5 - 9.0	3	128
IR1561-228-3-3	IRRI	5.3	2.7 - 7.6	3	119

1 Los bajos rendimientos corresponden a la localidad de Cárdenas, México, bajo condiciones desfavorables de secano.
2 Los bajos rendimientos corresponden a las condiciones desfavorables de secano en Brasil, y los altos rendimientos, a las condiciones favorables de secano, en Bolivia.
3 Los rangos de rendimientos bajos corresponden a condiciones de secano.

Uberaba, Minas Gerais y en el CNPAF en Goiania, Brasil.

Los rendimientos de las cinco mejores accesiones del VIRAL-P fueron similares a los obtenidos por accesiones intermedias del VIRAL-T. Entre el rendimiento promedio de 15 localidades se incluyeron los rendimientos de 4 localidades en donde se sembró el VIRAL-P, bajo condiciones de secano, con buena distribución de las lluvias. Bajo estas condiciones de secano, el rendimiento promedio para estas accesiones osciló entre 4.0 y 5.5 ton/ha.

En los viveros de rendimiento de variedades de madurez precoz y temprana, se han seleccionado varias líneas promisorias para su inclusión, en ensayos de rendimiento y pruebas regionales, por los programas nacionales. En Nicaragua, se seleccionaron 13 líneas, 4 en Bolivia y Honduras, 5 en Perú y 2 en Panamá. Colombia seleccionó 12 líneas para ensayos de rendimiento y 10 como progenitores para programas de mejoramiento genético.

Evaluación de los Viveros del IRTP del IRRI

Viveros de 1977

En el segundo semestre de 1977 (agosto-diciembre) se sembraron en el CIAT siete viveros (Cuadro 17) del IRRI para su evaluación y la multiplicación de su semilla. El germoplasma se evaluó bajo condiciones de campo para seleccionar materiales por su tipo de planta, madurez, resistencia al volcamiento y rendimiento y, bajo condiciones de laboratorio, por su resistencia a *Sogatodes* y tipo de calidad del grano. Se descartaron todas las accesiones que presentaron un tipo de planta desfavorable (altas, excesivo follaje y susceptibilidad al volcamiento), susceptibilidad a *Sogatodes*, madurez tardía, grano corto, y mala calidad de molinería y de cocina. En consecuencia, sólo se seleccionaron aquellas accesiones que presentaron una combinación de buen tipo de planta (semienanas o de altura intermedia y resistentes al volcamiento), resistentes a *Sogatodes*, de madurez precoz y temprana, de grano largo y mediano, con buena calidad de molinería y cocina, y buen rendimiento, a fin de formar siete viveros específicos para América Latina, los cuales fueron solicitados en la Segunda Conferencia del IRTP, realizada en el CIAT, en noviembre de 1977 (Cuadro 18). Estos viveros se distribuyeron en marzo de 1978 para aquellos países con fechas de siembra entre mayo y junio, y en agosto, para los países que siembran en octubre-noviembre.

Cuadro 17.

Viveros del IRTP de 1977, provenientes del IRRI, evaluados en CIAT-Palmira, durante el segundo ciclo de siembra de 1977.

Viveros[1]	No. de accesiones	No. de accesiones seleccionadas
IRYN-M	28	11
IURYN	25	7
IURON	153	23
IRON	391	37
IRBN	476	98
IRSHBN	154	18
IRSATON	77	25

1 IRYN-M = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz — Variedades Tempranas.
IURYN = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para Secano.
IURON = Vivero Internacional de Observación de Arroz para Secano.
IRON = Vivero Internacional de Observación de Arroz.
IRBN = Vivero Internacional de la Piricularia del Arroz.
IRSHBN = Vivero Internacional del Añublo de la Vaina del Arroz.
IRSATON = Vivero Internacional de Observación por Tolerancia del Arroz a la Salinidad y Alcalinidad.

Cuadro 18.

Viveros del IRTP para América Latina, distribuidos en 1978.

Viveros[1]	No. de accesiones	No. de juegos	Rango de rendimiento[2] (ton/ha)
VIRAL-T	14	26	5.3 - 8.4
VIRAL-S	19	31	3.3 - 9.4
VIOAL	60	37	4.0 - 10.5
VIPAL	185	31	-
VIAVAL	20	11	4.0 - 8.6
VIOSAL	25	7	4.7 - 12.0
VIRAL-F	8	5	4.5 - 8.9
Total	331	148	

1 VIRAL-T = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina — Variedades Tempranas
VIRAL-S = Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina — Secano
VIOAL = Vivero Internacional de Observación para América Latina
VIPAL = Vivero Internacional de la Piricularia del Arroz para América Latina.
VIAVAL = Vivero Internacional del Añublo de la Vaina del Arroz para América Latina
VIOSAL = Vivero Internacional de Observación de la Salinidad y Alcalinidad para América Latina
VIRAL-F = Vivero Internacional de Rendimiento del Arroz para América Latina — Variedades Flotantes.

2 Rendimientos obtenidos en CIAT, bajo condiciones de transplante y riego.

Los Cuadro 19 y 20 muestran las características principales y el rendimiento del germoplasma incluido en los viveros de rendimiento de duración intermedia (VIRAL-T) y de variedades de secano (VIRAL-S). El VIRAL-T incluyó 3 líneas de India; 4 de Indonesia; 2 del IRRI en Filipinas; y 1 de Sri Lanka, Taiwan, Colombia y Surinam. Los rendimientos fluctuaron entre 5.3 y 8.4 ton/ha.

Entre el germoplasma incluído en el vivero de rendimiento de secano (VIRAL-S) se observaron siete líneas (provenientes de India, Indonesia e IRRI) las cuales presentaron un buen potencial de rendimiento (por encima de 8.0 ton/ha), altamente resistentes a *Sogatodes* y con buena calidad de grano (Cuadro 20).

El germoplasma del Vivero de Observación (VIOAL) se combinó con las accesiones de secano y de riego, la mayoría de las cuales presentaban una altura intermedia. Este material se comportará mejor que los tipos enanos bajo condiciones de secano, especialmente en países con problemas de malezas y una distribución irregular de la precipitación.

Las accesiones del Vivero de Piricularia (VIPAL) provinieron del séptimo IRBN-77 del IRRI y se evaluaron por su reacción a piricularia, bajo condiciones de camas de infección, en las estaciones experimentales del ICA en Palmira y en La Libertad. Las líneas que presentaron resistencia, en ambas localidades, en el estado de plántula y que presentaron características agronómicas deseables en las condiciones de CIAT-Palmira, se seleccionaron para formar el Vivero de Piricularia para América Latina. Este vivero se complementó con 67 accesiones del programa de mejoramiento genético de arroz del CIAT-ICA.

Viveros del IRRI de 1978

En junio de 1978 se recibieron 14 viveros provenientes del IRRI. El Cuadro 21

Cuadro 19.

Principales características del germoplasma en el Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz de 1978 — Variedades de Madurez Temprana para América Latina (VIRAL-T).

Línea No.	Identificación	País de origen	Caracteres agronómicos		Resistencia insectos	Calidad		Rendimiento (ton/ha)
			Altura (cm)	Madurez (días)	*Sogatodes*[1]	Longitud del grano[2]	Temp. de gelat.[3]	
1	IET 2080 (J3-756)							
	Cross 4/TN1	India	80	146	1	5	B	6.6
2	IET 2815 (RP6-516-34-1)							
	TKM 6/IR8	India	84	130	2	3	I	7.4
3	IET 4094 (CR156-5021-207)							
	BU 1/CR 115	India	78	130	2	3	I	6.2
4	B54lb-Kn-58-5-3							
	Pelita I-1/IR1108-2	Indonesia	107	139	3	5	AI	7.1
5	B5416-Kn 22-7-2							
	Pelita I-1/IR1108-2	Indonesia	111	147	1	5	I	8.0
6	B541b- Kn-91-34							
	Pelita I-1/IR1108-2	Indonesia	108	145	3	5	I	7.2
7	B541b-Kn-7-1-2-3							
	Pelita I-1/IR1108-2	Indonesia	105	148	1	3	I	7.2
8	IR2863-38-1-2							
	IR1529-680-3/CR94-13//IR480-5-9-3	IRRI	86	149	1	3	B	5.3
9	IR4422-98-3-6-1							
	IR2049-134-2/IR2061-125-37	IRRI	110	139	3	3	B	8.3
10	BG 375-1 (75-404)							
	BG 66-1/IR20	Sri-Lanka	96	150	1	5	I	8.4
11	Taichung sen yu 195							
	Bin-Tang-Chien/IR661	Taiwan	92	149	1	3	I	6.5
12	CICA 8	Colombia	96	147	1	3	I	7.8
13	Diwani	Surinam	93	130	-	-	-	7.2
14	CICA 4 (Testigo)	Colombia	87	130	2	3	I	7.7

1 Escala internacional de resistencia de 1-9 : 1-2.9 = resistente; 3.0-3.9 = moderadamente resistente; 4.0-5.9 = moderadamente susceptible; 6.0-9.0 = susceptible.
2 Escala de longitud del grano: 3 = grano largo (6.61-7.50 mm); 5 = grano de longitud media (5.51-6.60 mm).
3 Temperatura de gelatinización: B = Baja; I = Intermedia; A= Alta.

Cuadro 20.

Características principales del germoplasma incluido en el Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz de 1978 — Variedades de Secano para América Latina (VIRAL-S).

Línea No.	Identificación	País de origen	Agronomía		Insectos	Calidad		Rendimiento (ton/ha)
			Altura (cm)	Madurez (días)	*Sogatodes*[1]	Longitud del grano[2]	Temp. de gelat.[3]	
1	KN361-1-8-6							
	JERAK/IR 8	Indonesia	133	132	2	5	I	8.6
2	IR 36							
	IR1561//IR24*/O.n.///CR94-13 (testigo)	IRRI	82	132	2	3	I	7.7
3	IR442-2-58							
	IR 95/Leb Mue Nahng	IRRI	98	147	1	3	I	6.3
4	IR1529-430-3							
	IR305/IR661-1-140	IRRI	81	147	1	3	B	8.4
5	IR2035-242-1							
	IR1416/IR1364//IR1824	IRRI	90	150	5	3	I	7.4
6	C 22	Filipinas	109	146	1	5	I	6.0
7	C46-15/IR24*	Filipinas	95	141	2	3	BIA	7.7
8	IR3260-91-100							
	IR8/Dewan /IR8/Kataktara	IRRI	110	158	5	3	I	8.8
9	Salumpikit (check)	Filipinas	110	120	2	5	I	3.3
10	C46-15/IR22*	IRRI	100	150	1	3	B	7.0
11	B1293b-Pn-24-2-1							
	IR747/Genjah Lampung	Indonesia	108	142	1	3	I	8.1
12	CR261-7039-236							
	Jayanti/IET 3144	India	85	136	2	3	B	8.3
13	IET 6047 (RNR 52162)	India	85	145	1	3	B	9.4
14	IR2058-78-1-3-2-3							
	IR1416-131/IR1364-37//IR1366-120/IR1539-111	IRRI	105	150	1	3	IB	8.8
15	IR2070-199-3-6-6							
	IR20*/O.n.//CR94-13	IRRI	99	140	1	5	I	6.4
16	IR4422-164-3-6							
	IR2049-134-2/IR2061-125-37	IRRI	98	156	2	3	B	9.4
17	IR5106-80-3-1							
	IR841-85-1-1-2/IR2061-464-2	IRRI	78	145	1	3	B	6.1
18	CICA 8	Colombia	96	147	1	3	I	7.8
19	CR 1113	Costa Rica	87	140	-	3	B	4.1

1 Escala internacional para resistencia de 1-9: 1-2.9 = resistente ; 3.0-3.9 = moderadamente resistente; 4.0-5.9 = moderadamente susceptible; 6.0-9.0 = susceptible.
2 Escala para longitud del grano: 3 = grano largo (6.61-7.50 mm); 5 = grano de longitud media (5.51-6.60 mm).
3 Temperatura de gelatinización: B = baja, I = intermedia; A = alta.

Cuadro 21.

Viveros del IRRI de 1978, recibidos a mediados de 1978 para su evaluación, en CIAT-Palmira.

Tipo de vivero	No. de accesiones
Rendimiento	
IRYN-E	28
IRYN-M	28
IRYN-L	26
IURYN	28
Observación	
IURON	191
IRON	389
IRDWON	510
IRLRON	261
IRARON	137
IRCTN	237
IRSATON	72
Enfermedades e Insectos	
IRBN	74
IRSHBN	20
IRSBN	20
Total	1.807

muestra el tipo de vivero y el número de accesiones. Estos viveros se sembraron en agosto en CIAT-Palmira para su evaluación, multiplicación de semilla y selección. El germoplasma de varios viveros se cosechó y se evaluará bajo condiciones de laboratorio por su resistencia a *Sogatodes* y calidad del grano, a principios de 1979. Las accesiones seleccionadas representarían el material básico para su distribución en 1979 por medio de viveros específicos para los países de América Latina.

Viajes de Supervisión

Una de las actividades del IRTP se relaciona con los viajes de supervisión, los cuales son organizados con la participación de científicos en arroz de los programas nacionales. En 1977 y 1978 se hicieron dos viajes de supervisión, uno de los cuales se realizó a América Central y México y el otro a la región meridional de América del Sur.

Los objetivos de estos viajes de supervisión fueron los siguientes: 1) observar el comportamiento del germoplasma de los viveros internacionales y de los materiales de los programas nacionales; 2) adquirir un mejor conocimiento del sistema de cultivo de la región y de las actividades de investigación llevadas a cabo por los programas nacionales; 3) determinar problemas específicos que limitan la producción de arroz y los cuales se podrían superar con variedades mejoradas; y 4) identificar personal de los programas nacionales para que reciban adiestramiento en el CIAT o en el IRRI.

Viaje de Supervisión a América Central y México

Este viaje de supervisión se hizo entre noviembre 7-13 de 1977, con el fin de observar los sistemas de producción de arroz y las actividades de investigación que se están llevando a cabo en Panamá, Costa Rica, Guatemala y México (Estados de Campeche y Morelos).

En el viaje de supervisión participaron los líderes de los programas nacionales de cada país visitado, el Coordinador del Proyecto de Arroz del CIAT en América Central y cuatro científicos del IRRI, incluyendo el Coordinador para América Latina.

A comienzos de 1978 se publicó un informe detallado que cubre las diferentes actividades y recomendaciones del grupo. El informe fue distribuido a los técnicos

arroceros y a quienes tienen la responsabilidad de tomar decisiones en el área de la investigación sobre arroz en la región.

Este viaje de supervisión fue muy instructivo; el grupo tuvo la oportunidad de observar los problemas que limitan la producción, tales como los daños causados por el añublo de la vaina, el escaldado de la hoja y piricularia, en Panamá, Costa Rica, Guatemala y México. En Guatemala, también se observaron problemas edáficos, tales como la deficiencia de Fe, que afectan los rendimientos.

El grupo observó que las variedades mejoradas semienanas presentan un buen comportamiento, bajo condiciones de secano, con una buena distribución de la precipitación y un buen manejo de la plantación. Sin embargo, es esencial que estos tipos semienanos tengan un buen vigor cuando están en estado de plántula, en los sistemas de cultivo de secano.

Viaje de Supervisión a la Región Meridional de América del Sur

Este viaje de supervisión se realizó en marzo 6-20 de 1978. Entre los participantes se incluyeron 3 científicos en arroz de Brasil, 1 de Argentina y 1 de Perú; 3 científicos del IRRI y el fitomejorador del CIAT. En Brasil, el grupo visitó las actividades de investigación en arroz de EMBRAPA, IAC é IRGA en los Estados de Goiás, Sao Paulo y Río Grande do Sul, respectivamente; el programa nacional de arroz del INTA, en Corrientes, Argentina; el Programa de Arroz del Ministerio de Agricultura en Caacupé, Paraguay; el Programa de Arroz del Centro de Investigaciones Agrícolas del Trópico (CIAT), en Santa Cruz, Bolivia; y el Proyecto Nacional de Arroz de Perú, en Chiclayo.

En cada país, el grupo tuvo la oportunidad de conocer personalmente a los administradores e investigadores en arroz y observar de cerca los problemas que afectan los rendimientos a escala comercial.

En octubre de 1978 se preparó y publicó un informe que cubrió aspectos de la producción arrocera del área, observaciones y recomendaciones del grupo. Este informe se distribuyó a técnicos arroceros y a todo el personal que conoció el grupo en este viaje de supervisión.

Algunas de las principales observaciones hechas en este viaje de supervisión son las siguientes:

Brasil. En Brasil, el 80 por ciento del área total sembrada en el ciclo de siembra 1977-78 (5.9 millones de ha) correspondieron al sistema de secano, 12 por ciento al sistema de riego y el 8 por ciento a una combinación de ambos sistemas. Estos sistemas contribuyeron con el 67, 28 y 5 por ciento, respectivamente, a la producción nacional. La mayor parte del arroz de secano se considera como del tipo de secano desfavorable, es decir, arroz secano con problemas de sequía y de fertilidad del suelo. El área de secano se concentra en la región de los "Cerrados" la cual tiene suelos de baja fertilidad y un alto contenido de Al, más una distribución irregular de la precipitación. Durante el ciclo de cultivo del arroz es común que se presenten 2 a 3 períodos secos. En 1977-78, el 45 por ciento del área de arroz secano del Estado de Sao Paulo (365,000 ha) se perdió como consecuencia de la sequía.

Otros problemas que afectan la producción de arroz de secano son: piricularia, Helmintosporiosis y el escaldado de la hoja, entre las enfermedades; el *Elasmopalpus lignosellus* y las hormigas, entre los insectos, y las malezas.

Las observaciones de campo de los viveros del IRTP (del IRRI y del CIAT), sembrados bajo condiciones de secano en las Estaciones Experimentales de EMBRAPA, en Goiania, é IAC, en Campinas, indicaron que los tipos semienanos no son apropiados para los sistemas de secano en Brasil. Durante los próximos 10-15 años no se deberá ignorar la necesidad que tiene Brasil de disponer de variedades de altura intermedia o alta, con resistencia a la sequía y a la piricularia, principalmente.

Argentina. El grupo de viaje de supervisión visitó la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en Corrientes, en donde se adelantan actividades de investigación en arroz. También, se observaron algunos cultivos comerciales de arroz de la región. En esta estación experimental, el grupo observó los siguientes problemas que afectan el rendimiento:

Se constató la presencia del gorgojito de agua, el chinche del tallo, la espiga erecta y la Helmintosporiosis; estos problemas fueron observados en Fortuna y Bluebonnet 50, que son las principales variedades comerciales y en algunos materiales genéticos del programa, como también en los viveros del IRTP, procedentes del CIAT-IRRI. Fue interesante observar y conocer el daño causado por el chinche del tallo *(Tibraca limbativentris),* que es similar al ocasionado por el barrenador del tallo (Figura 1). En las variedades susceptibles, como Fortuna y Bluebonnet 50, se estimó un daño hasta del 20 por ciento.

Entre los viveros del IRTP observados, se incluyen el VIAVAL, el VIRAL-P y el VIRAL-T los cuales fueron despachados por el CIAT, a finales de 1977. El germoplasma de estos viveros se encontraba en el estado de "embuchamiento" y

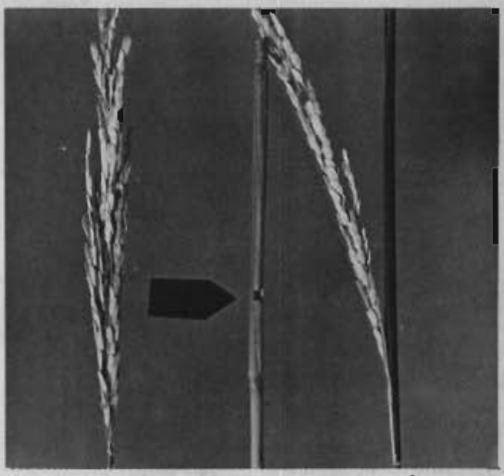


Figura 1. Panículas blancas o vanas causadas por el chinche del tallo *(Tibraca limbativentris).* La flecha señala el daño inicial producido en el tallo.

presentaba daños severos ocasionados por el gorgojito de agua del arroz, enanismo, amarillamiento foliar y síntomas de minador de la hoja. Sin embargo, se observó resistencia varietal a esta última plaga. En el VIRAL-T, la línea IR 2823-399-5-6 fue altamente resistente y la línea IR 2071-586-5-6-3, sembrada en una parcela adyacente, fue la más susceptible.

Paraguay. En Paraguay, el grupo visitó una finca arrocera en Arroyos y Esteros, 50 km al nordeste de Asunción, en donde el Programa de Arroz del Ministerio de Agricultura había establecido una prueba regional con material introducido del CIAT, de Brasil y de Argentina. En términos generales, en esta área, el material introducido del CIAT presentó muy buena adaptación. El crecimiento de CICA 6, CICA 7, CICA 9 y CICA 8 fue normal. En esta finca se observaron excelentes cultivos comerciales de CICA 6 y CICA 7, bajo condiciones de riego y al momento de la cosecha. Se había obtenido rendimientos de 5.5 ton/ha. Es importante mencionar que cuando se cultivaron en esta finca variedades altas, tales como Bluebonnet 50 y Fortuna, los rendimientos alcanzaron un promedio de 2.8 a 3.5 ton/ha; actualmente

con las variedades semienanas, los rendimientos se han duplicado.

Bolivia. La producción de arroz en Bolivia proviene, en su totalidad, de sistemas de cultivo de secano. Anualmente, se siembran entre 60-70,000 ha y el 70 por ciento de esta área se concentra en el Estado de Santa Cruz, especialmente, en la región norte, en donde la precipitación anual promedio oscila entre 1200 y 1800 mm. El Programa de Arroz del Centro de Investigaciones Agrícolas del Trópico (CIAT), en Santa Cruz, tiene su sede en la Estación Agrícola Experimental de Saavedra (EEAS), 65 km al nordeste de Santa Cruz. La investigación en arroz, bajo condiciones de secano, se inició en 1950 con la introducción de variedades; hasta el momento, se han recomendado los materiales Dourado, Bluebonnet, Bluebelle, Pico Negro y Dawn. En 1974, el Programa comenzó a evaluar material semienano, proveniente del IRRI y del CIAT; se ha seleccionado tres líneas del IRRI (IR 20-42-178-1, IR 1529-430-3 é IR 1840-3-2) y tres del CIAT (CICA 6, Línea 4440 y CICA 9), las cuales, en el momento de la visita, se encontraban en la etapa de multiplicación de semilla.

El grupo de supervisión observó las pruebas regionales que se habían establecido en Saavedra, Portachuelo y San Pedro, tres importantes regiones arroceras de Bolivia. En estos ensayos, los problemas que estaban limitando el rendimiento fueron piricularia, Helmintosporiosis, barrenadores del tallo y sequía, especialmente en Saavedra. Sin embargo, en los viveros del IRBN y del VIRAL-S, se identificaron materiales promisorios, los cuales se recomendaron para proceder luego a la multiplicación de semilla.

Perú. El grupo visitó la Estación Experimental de Vista Florida, en Chiclayo, en donde tiene su sede el Proyecto Nacional de Arroz. El equipo observó el material genético del Programa de Mejoramiento, el cual, en términos generales, mostró superioridad a las líneas genéticas introducidas del IRRI y del CIAT. Entre el material introducido, las mejores accesiones fueron: Bg 90-2 y Juma 58. La línea PNA 46-25, del mencionado programa, sobresalió entre los materiales observados.

En una granja experimental de la Universidad Pedro Ruiz Gallo, el grupo visitó el Vivero de Observación sobre Salinidad y Alcalinidad (VIOSAL) del CIAT, el cual se sembró en una área muy salina. Varias líneas, incluyendo el testigo susceptible, sucumbieron a la prueba. Sin embargo, se observó tolerancia en las líneas IR 2145, IR 2153-26, DA 26, Patnai 23, SR 26B, B 57-c-Md-10-1 é IR 2055-481-2-1-2.

En el Valle de Chancay, se observaron varios cultivos comerciales de arroz los cuales presentaron daños severos ocasionados por la sequía que prevalece en el país, durante enero y febrero. El nivel de agua en la represa de Tinajones había disminuido al mínimo y consecuentemente, no se disponía de suficiente agua de riego. El equipo de supervisión observó que el 50 por ciento del área cultivada de arroz, en el Valle de Chancay, se perdió como consecuencia de la sequía. Sin embargo, se observaron excelentes campos de arroz que no fueron afectados por la sequía, sembrados con las variedades Naylamp e Inti. Se estimaron rendimientos de 7-8 ton/ha.

Visitas Individuales

Se hicieron visitas individuales a Cuba, República Dominicana, Ecuador, México y Panamá para evaluar los viveros del IRTP, observar el material genético de los

programas nacionales y detectar algunos factores que limitan la producción de arroz.

Entre el germoplasma de los viveros del IRTP, se identificaron varias líneas promisorias como resistentes a la Hoja Blanca en Ecuador; al escaldado de la hoja y al añublo de la vaina, en Panamá; a la salinidad, en República Dominicana y a la alcalinidad y deficiencia de Zn, en Ciudad Altamirano, Estado de Guerrero, en México.

Fue interesante observar que el cultivo del arroz, en la región de Guayas, Ecuador, es un sistema típico de producción de arroz dependiente de las lluvias (Figura 2); en su mayor parte es arroz transplantado y cultivado, generalmente, por pequeños agricultores, quienes transplantan en las partes altas a medida que el nivel del agua baja. Esta área es apropiada para cultivar variedades flotantes; el área potencial se ha estimado en 50,000 ha.

En cultivos comerciales de arroz se detectaron algunos problemas específicos y localizados, los cuales afectan los rendimientos. Estos factores incluyeron el nemátodo de la raíz, en Chiriquí, Panamá; la deficiencia de Zn, en Camagüey, Cuba, y en Guerrero, México; y la salinidad, en el área arrocera del norte, en República Dominicana.

En Cuba y en República Dominicana, se observaron deficiencias en la preparación y nivelación del terreno. Otro problema observado en varios cultivos comerciales fue la infestación de arroz rojo, especialmente, en República Dominicana, Panamá y México. Aparentemente, estos problemas se acentuaron como resultado

Figura 2. Cultivo típico de arroz, dependiente de las lluvias en la región de Guayas, Ecuador.

del cambio de variedades altas a variedades semienanas.

A pesar de los factores anteriormente mencionados, en estos países se observaron excelentes cultivos de arroz obtenidos con variedades de alto rendimiento, recomendadas por los programas nacionales, lo cual indica que —en un futuro próximo— los problemas disminuirán y los rendimientos posiblemente aumenten rápidamente.

Distribución de Semillas de Variedades y Líneas Promisorias

Otra actividad del Proyecto IRTP se relaciona con la distribución de semillas de variedades y líneas promisorias, a solicitud de algunas instituciones de varios países. El Cuadro 22 muestra la cantidad de semilla despachada en 1978.

Lanzamiento de CICA 8, una Variedad de Alto Rendimiento

En el segundo semestre de 1977, se continuó la multiplicación de semilla básica de la Línea 4440, selecciones 1 y 10, en parcelas de 4.5 ha para cada una (Informe Anual del CIAT, 1977). De común acuerdo con el Líder del Programa Nacional de Arroz del ICA, se decidió lanzar la selección 1 como variedad comercial. El ICA designó esta línea como CICA 8 y su presentación a los agricultores se hizo en un Día de Campo, realizado en la sede del CIAT, en febrero de 1978 (Figura 3). Esta variedad provino de un cruzamiento entre CICA 4 y la F_1 del cruce IR 665-23-3-1 x Tetep, efectuado en 1972 por el Proyecto CIAT-ICA. Los Cuadros 23 y 24 presentan un resumen de las principales características de CICA 8, en comparación con otras variedades comerciales.

Cuadro 22.

Semilla de arroz despachada del CIAT a varios países latinoamericanos, durante 1978.

País	Variedades y líneas distribuídas (kg)						
	CICA 4	CICA 6	CICA 7	CICA 8	CICA 9	Bluebonnet 50	Línea 4440
Brasil			50.0	50.0	50.0		
Bolivia				100.0			
Costa Rica				50.0			
Colombia				50.0			
Ecuador						0.01	6.01
Panamá				50.0			
Paraguay				100.0			
Puerto Rica	1.0	1.0			1.0		
República Dominicana				55.0			
Surinam				0.05			
Uruguay		0.05	0.05		0.05		
Venezuela				50.0			
Total	1.0	1.05	50.05	505.05	51.05	0.01	6.01

Figura 3. El Dr. Manuel J. Rosero, Científico de Enlace CIAT/IRRI para América Latina, explica las características de CICA 8 durante la presentación de esta nueva variedad de arroz a los agricultores, en un día de campo organizado en la sede del CIAT, en febrero de 1978.

Cuadro 23.

Rendimiento y calidad de molinería de CICA 8, en comparación con seis variedades comerciales.

Variedad	Rendimientos de arroz con cáscara (ton/ha)[1]		Rendimiento de arroz blanco (%)[2]		Longitud del grano (mm)	Centro blanco[4]
	Riego	Secano	Total	Entero[3]		
CICA 8	6.9	5.4	68.0	59.9	7.0	0.6
CICA 9	6.7	3.9	72.5	69.1	7.0	0.6
CICA 7	5.5	-	67.8	59.5	7.2	0.4
CICA 6	5.5	4.1	71.8	69.0	6.8	0.6
CICA 4	6.1	3.7	70.5	66.7	6.8	0.6
IR 22	5.3	-	73.0	66.4	6.8	0.2
Bluebonnet 50	4.0	3.3	69.2	58.5	6.8	0.4

1 Promedio de 41 pruebas regionales con riego y de seis en secano, en las principales áreas arroceras de Colombia, realizadas por el ICA entre 1975-1977.
2 Con base en 5 kg de arroz con cáscara.
3 El arroz entero corresponde a granos enteros o aquellos que tienen ¾ de su tamaño normal.
4 Apariencia del arroz blanco, en una escala de 0-5: 0 = ausencia del centro blanco; 5 = centro blanco en todo el grano.

Cuadro 24.

Incidencia de enfermedades en la variedad CICA 8 y en cinco variedades comerciales, en pruebas regionales de riego en Colombia, entre 1975-1977[1].

Variedad	Añublo de la vaina (%)[2]		Escaldado de la hoja (%)[3]		Piricularia		
						Panícula (%)	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Hoja[5]	Rango	Promedio
CICA 8	4-21	13	0-15	9	2-3	3-10	5
CICA 9	8-20	12	0-20	12	3-5	5-30	15
CICA 7	5-16	10	0-20	13	2-3	5-70	13
CICA 6	11-18	14	4-06	4	3-5	10-60	25
CICA 4	13-24	18	0-10	7	4-5	5-80	31
IR 22	6-18	11	0-10	8	4-5	10-70	26

1 Datos observados en 41 pruebas regionales, realizadas por el Programa Nacional de Arroz del ICA (Colombia).
2 *Thanatephorus cucumeris (Corticium sasakii)*
3 *Rhynchosporium oryzae*
4 *Pyricularia oryzae*
5 Con base en una escala de 0-7: 0-2 = resistente; 2-3 = moderadamente resistente; 3-4 = moderadamente susceptible; >4 susceptible.

Se distribuyó semilla de CICA 8 a diferentes países de América Latina (Cuadro 22) para realizar pruebas a nivel semicomercial. Algunos países, como Panamá, México y Venezuela, están recomendando esta variedad para su producción comercial, utilizando su nombre original; sin embargo, en Paraguay, la variedad se ha denominado Adelaida 1.

CIAT

Unidad de Porcinos

1978

Unidad de Porcinos

Las actividades de cooperación internacional, particularmente el adiestramiento, constituyen una parte primordial del programa de la Unidad de Porcinos con el propósito de aumentar la eficiencia de la producción de esta especie animal en América Latina. El Tercer Curso Posgrado en Producción Porcina tuvo la participación de 20 profesionales pertenecientes a instituciones nacionales de diez países de la región; tuvo una duración de 4 meses. Los programas cooperativos de la Unidad, establecidos con las instituciones nacionales en Bolivia, Costa Rica, Ecuador y Perú, también intensificaron sus actividades de adiestramiento a nivel local y regional.

En los programas cooperativos con los respectivos países también se intensificó la validación de tecnología orientada hacia la resolución de problemas que limitan la producción porcina. La transferencia de tecnología a los porcicultores se está haciendo mediante actividades de extensión y de asesoría técnica, por especialistas en producción porcina de los programas nacionales.

En 1978, las actividades de investigación en la Unidad se orientaron primordialmente hacia la evaluación de programas de alimentación, especialmente utilizando raíces de yuca y productos procesados a partir de éstas. La adición de melaza de caña a las dietas a base de harina de yuca, permitió a los cerdos utilizar estas dietas con mayor eficacia. Se adelantó una serie de experimentos sobre el ensilaje de raíces de yuca picadas; utilizando este proceso, las raíces se conservaron por un mínimo de 6 meses. Los resultados experimentales de las evaluaciones nutricionales de las raíces de yuca ensiladas, indican que este proceso tiene un gran potencial para la conservación de las raíces en las regiones húmedas tropicales, en especial, por agricultores en pequeña y mediana escala, quienes podrían utilizar el producto final para la alimentación porcina. También, se evaluó la utilización de dietas con niveles de harina de hojas de yuca del 20 y 40 por ciento, para la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado. Se obtuvieron resultados aceptables cuando esta harina se suministró al menor nivel, para sustituir parcialmente las fuentes convencionales de proteína.

En 1978, se hicieron 35 fermentaciones con el fermentador de 3000 litros de la planta piloto para producir proteína unicelular, utilizando raíces de yuca molidas como sustrato energético. Se obtuvieron concentraciones de proteína cruda del 34 al 35 por ciento en la biomasa

secada al sol, después de períodos promedios de fermentación de 21 horas. A este nivel de producción, la principal dificultad fue la cosecha y el secamiento de la biomasa final.

La cantidad total de biomasa producida permitió adelantar estudios nutricionales con cerdos. La proteína unicelular (fermentada con el hongo *Aspergillus fumigatus* I-21A) fue la única fuente de proteína utilizada en las dietas, las cuales se compararon con dietas a base de torta de soya como fuente de proteína. La calidad nutricional de la proteína unicelular fue buena para alimentar cerdos, siempre y cuando se suplemente adecuadamente con metionina. Los resultados de los análisis de parámetros sanguíneos indican que la proteína unicelular no es tóxica para los cerdos. Se tomaron muestras de órganos y tejidos para hacer análisis histopatológicos.

Los resultados de la medición de los contenidos de glucósidos cianogénicos en las raíces de yuca y sus subproductos, indican que es necesario estudiar en más detalle el efecto de los métodos de almacenamiento y procesamiento sobre los cambios en el contenido de este componente tóxico, especialmente para productos que serán utilizados en la alimentación de animales. Estos alimentos normalmente contienen las cáscaras de las raíces, las cuales presentan mayores niveles de cianuro que el tejido parenquimatoso.

ADIESTRAMIENTO

Tercer Curso Posgrado en Producción Porcina

El Tercer Curso Posgrado en Producción Porcina se realizó entre julio 17 y noviembre 17 de 1978. Al curso asistieron 20 profesionales de instituciones de diez países de América Latina involucradas en el adiestramiento, la investigación y el fomento de la producción porcina. El objetivo del curso fue adiestrar a estos profesionales en sistemas integrados de producción porcina a fin de que constituyan un soporte efectivo para la industria porcina de América Latina.

El curso estuvo a cargo de un grupo de especialistas en diversas áreas de la producción porcina, en instituciones y entidades gubernamentales y privadas, y de personal científico de la Unidad de Porcinos, la Unidad de Servicios de Datos y la Oficina de Adiestramiento del CIAT. Durante el curso, las actividades de adiestramiento se distribuyeron así: conocimientos teóricos sobre producción (36% del tiempo total), actividades prácticas en el CIAT (21%), viajes de estudio (14%) y trabajos en fincas comerciales (28%).

Teoría de la Producción

La parte inicial del curso se dedicó a conferencias y seminarios sobre selección, mejoramiento genético, nutrición y alimentación, manejo, salud animal, mercadeo y análisis de costos de producción. En esta fase hubo discusiones, exámenes y ejercicios sobre documentación; tales ejercicios familiarizaron a los participantes con las fuentes de información existentes en la Biblioteca y con las investigaciones realizadas en el CIAT y en otros centros experimentales del mundo.

Actividades Prácticas en el CIAT

Durante esta fase del curso se hizo énfasis en dos aspectos de la producción porcina: 1) planeamiento y trabajos prác-

ticos en el manejo, salud animal, selección, reproducción y alimentación porcina; y 2) realización de experimentos diseñados conjuntamente por becarios e instructores. Estos experimentos incluyeron: destete precoz, sincronización del celo, inseminación artificial y alimentación restringida durante el acabado. Todas estas actividades se realizaron en la Unidad de Porcinos del CIAT.

Viajes de Estudio

Durante 2 semanas, los participantes en el curso visitaron las zonas porcicultoras más importantes de Colombia. Se visitaron 25 explotaciones porcinas con diferentes sistemas de producción y 16 compañías agroindustriales involucradas en la producción, procesamiento y mercadeo de alimentos y productos porcinos.

Algunas de las actividades y sistemas de manejo más importantes que se observaron fueron los siguientes: sistemas integrados de producción porcina/ganado lechero, en los cuales las deyecciones recogidas de la unidad porcina se utilizaban para fertilizar los pastos; la utilización del suero de leche (obtenido en la fabricación de quesos, en escala comercial o de pequeña explotación), para la alimentación porcina; la operación de plantas mezcladoras de alimentos que producen raciones balanceadas para cerdos; la utilización de desperdicios de cocina y de otros desechos en la alimentación porcina; el proceso del mercadeo por intermedio de ventas organizadas, el sacrificio de los animales y el procesamiento de la carne de cerdo. Además se visitaron algunos programas de desarrollo porcino y se observaron las actividades de las secciones de Ciencia Animal y de Medicina Veterinaria del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), especialmente en lo relacionado con las medidas preventivas que se han tomado con respecto a la fiebre porcina africana.

Trabajo en Fincas Porcícolas

Se formaron grupos de dos becarios y éstos fueron localizados en fincas porcícolas, en el Valle del Cauca, cerca del CIAT. Todas estas fincas operaban a escala comercial y estaban dedicadas a la cría, al levante y al engorde de cerdos; las poblaciones de cerdos oscilaron entre 500 y 2000 cabezas por granja. Las fincas se habían seleccionado previamente con la cooperación de los propietarios a fin de analizar cada operación y desarrollar un programa simulado de producción, con base en los recursos disponibles en cada empresa.

Entre las principales actividades de los becarios en las fincas se pueden mencionar las siguientes: establecimiento de sistemas de registros de producción y de programas para seleccionar los mejores animales reproductores; instrucción sobre manejo para el personal de campo de las fincas; reorganización de las instalaciones para obtener mayores beneficios y programación de su utilización racional, según el flujo de producción; formulación de raciones y establecimiento de programas de alimentación; tratamiento y utilización de desperdicios de origen porcino; y programas de salud animal.

COOPERACION INTERNACIONAL

Bolivia

La Unidad de Porcinos del CIAT continúa proporcionando asesoría a los proyectos cooperativos en la Universidad Boliviana Gabriel René Moreno (UBGRM) y a las actividades de la Comisión de Desarrollo Rural/Banco Interamericano de Desarrollo, en Monteagudo, Chuquisaca.

Durante 1978, la piara de cría en la UBGRM aumentó a 200 cerdas para satisfacer la creciente demanda por animales mejorados en el área de influencia del proyecto. Actualmente, se están distribuyendo aproximadamente 100 cerdos por mes a los programas de fomento. También, se despacharon 50 cerdos de pura raza al Proyecto Heifer para su distribución a fincas pequeñas de la región, por intermedio de los programas de extensión agrícola.

La Unidad de Porcinos en la UBGRM se están utilizando en toda su capacidad; hasta finales del año 1978, se han obtenido camadas de 166 partos, con resultados experimentales satisfactorios (Cuadro 1). En 1978 se desarrollaron actividades de adiestramiento para productores y estudiantes recién graduados de la universidad. Se ofrecieron cinco cursos cortos, con una duración de 1 mes, para porcicultores de la región.

Los proyectos de investigación realizados durante 1978, como parte de las actividades cooperativas CIAT/UBGRM, incluyeron los siguientes experimentos: utilización de subproductos de arroz; evaluación de levadura seca *(Saccharomyces cereviciae)* como fuente de proteína y energía en la alimentación porcina, y evaluación de aditivos comerciales en raciones para cerdas en lactancia. La mayoría de estos experimentos constituye material para desarrollar proyectos de tesis para los estudiantes de la Facultad de Medicina y Veterinaria y Ciencia Animal de la mencionada universidad.

Cuadro 1.

Resumen del comportamiento reproductivo obtenido en el Proyecto Cooperativo Universidad Boliviana Gabriel René Moreno-Heifer/CIAT.

Parámetro	Valor
Total de partos	166
Fertilidad (%)	85
Partos/cerda/año	1.6
Lechones/camada al parto	8.5
Lechones/camada al destete, 56 días	7.6
Peso al nacimiento (kg)	1.25
Peso al destete, 56 días (kg)	13

En 1978, el Proyecto de Fomento Porcino, en Chuquisaca, amplió sus programas de crédito y fomento para la producción porcina. El crédito está restringido a la financiación conjunta obligatoria de cultivos de maíz y producción porcina; se han establecido tres modelos de empresa, con 15, 30 y 45 cerdas de cría, respectivamente.

En las piaras de demostración, se están probando sistemas de manejo y producción que se pueden implementar a nivel del usuario. Las instalaciones utilizan construcciones sencillas; siempre que sea posible, los pastos se establecen en áreas marginales u otros sitios no aptos para la producción de cultivos en las fincas. Las áreas requeridas para el pastoreo de las piaras se han calculado en 1.5, 3.0 y 4.5 ha para 15, 30 y 45 cerdas, respectivamente. El sistema de alimentación tiene, como base, el maíz producido en la finca, más un suplemento proteínico producido en el área en la cual está asentado el Proyecto. El Cuadro 2 presenta los primeros resultados obtenidos en las piaras de demostración y en uno de los hatos comerciales. En general, los comportamientos productivos fueron satisfactorios.

Adicionalmente, se ha iniciado un programa de trabajo/estudio en conexión con las piaras de demostración, mediante el cual los participantes reciben adiestramiento supervisados por los profesionales a cargo del proyecto, como

Cuadro 2.

Resumen del comportamiento reproductivo obtenido en las piaras del Proyecto del Comité de Desarrollo Rural/Banco Interamericano de Desarrollo.

Parámetro	Unidad de demostración (15 cerdas)	Unidad de demostración (30 cerdas)	Piara comercial del Comité
Total de partos	33	26	243
Lechones/camada al parto	8.0	6.5	7.8
Lechones/camada al destete, 56 días	6.1	5.3	6.2
Peso al nacimiento (kg)	1.4	1.3	1.5
Peso al destete, 56 días (kg)	15.6	16.6	12.5
Mortalidad, nacimiento-destete (%)	19.4	18.9	19.9

un requerimiento indispensable para obtener crédito para las actividades del Proyecto.

El CIAT colaboró en la realización en Chuquisaca de un seminario sobre producción porcina, organizado por la Comisión de Desarrollo Rural de esta localidad. El seminario, con una duración de 1 semana, reunió a 30 profesionales del Proyecto Porcino y de las Juntas Rurales de Crédito.

Además, en 1978 el CIAT realizó un curso sobre Producción Porcina al cual asistieron 3 bolivianos; 1 de los profesionales pertenecía a la UBGRM y los otros 2 representaron al Proyecto de Desarrollo Porcino de Chuquisaca.

Costa Rica

En 1978, los trabajos de cooperación internacional en Costa Rica tuvieron un impacto significativo a través de las actividades desarrolladas por el Programa de Producción Porcina, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en la Zona Bananera de la costa atlántica de este país centroamericano. A mediados del año, se inauguró el Centro de Investigación y Fomento Porcino en la Estación Experimental "Los Diamantes", en Guápiles, Provincia de Limón, como parte de un acuerdo cooperativo establecido entre el MAG, la Asociación Nacional de Bananeros y el Banco Central de Costa Rica. Este Centro tiene instalaciones para producir piaras básicas de cría y para realizar investigación aplicada en alimentación y manejo porcino. Las actividades del Centro se iniciaron con cerdos puros importados de Estados Unidos; los cerdos producidos en la piara básica se distribuirán principalmente a los bananeros establecidos en el litoral atlántico del país.

Las actividades de investigación están orientadas hacia la evaluación de sistemas prácticos de alimentación, utilizando bananos de desecho como la fuente principal de energía. La Unidad Porcina del CIAT ha colaborado en el desarrollo de este nuevo Centro, especialmente a través de la planeación de los trabajos de investigación, la asistencia técnica y el adiestramiento a nivel de posgrado.

Fue poco el progreso logrado en 1978 en el Proyecto Porcino Cooperativo de la Universidad de Costa Rica, debido principalmente a que aún no se ha iniciado la construcción de la unidad porcina. Sin embargo, utilizando instalaciones arrendadas, se adelantaron algunos trabajos experimentales y se han obtenido cerdos

puros en la piara básica, para proporcionar cerdos de cría a los productores de la región.

Ecuador

Los programas porcinos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), continuaron sus trabajos de investigación y de fomento porcino en sus áreas de influencia.

El Programa Porcino establecido en la Estación Experimental de Santa Catalina ha intensificado sus actividades de extensión; igualmente, se ha ampliado la labor de diez cooperativas agrícolas en la región andina, cerca a Quito. Se han iniciado actividades similares en otras áreas (Provincias de El Oro y Guayas), bajo el Programa Porcino de la Estación Experimental de Boliche. Con base en los resultados de una encuesta parcial que incluyó a los agricultores de la región, se encontró que la mayoría de los porcicultores en pequeña y mediana escala crían unos cuantos cerdos, bajo sistemas tradicionales de producción (subsistencia). Los trabajos de extensión en estas estaciones consisten en el suministro de asistencia técnica para los productores, especialmente en lo relacionado con la construcción de instalaciones sencillas para alojar cerdos, y de padrotes (reproductores) de razas mejoradas. También, se brinda asistencia en el cálculo de dietas sencillas utilizando, siempre que sea posible, subproductos de los cultivos de la región (cebada, trigo y papa, en la región andina; y banano, arroz y caña de azúcar, en la región suroccidental). Por lo general, antes de iniciar la colaboración técnica con el personal de las cooperativas, a nivel de producción, se proporciona adiestramiento práctico a los técnicos que trabajan en las Unidades del Programa Porcino del INIAP. Con este objetivo y para propósitos de demostración, se han construido chozas o cobertizos con techo de paja, hechos con materiales locales, en los cuales se puede albergar un número limitado de cerdos en condiciones controladas de semiconfinamiento.

Las actividades en el Programa Porcino de la Estación Experimental en Santo Domingo de los Colorados fueron reestructuradas y ahora están orientadas hacia la validación de tecnología, especialmente, en relación con el manejo y la alimentación de los cerdos. Los resultados experimentales que se obtengan servirán para establecer ensayos o hacer aplicaciones prácticas a los niveles regional o local, principalmente en la región occidental de este país.

La Unidad de Porcinos del CIAT ha proporcionado colaboración mediante visitas periódicas y asistencia técnica, con base en nueva orientación que se ha dado a las actividades de los programas porcinos del INIAP. En el curso sobre producción porcina, realizado en el CIAT en 1978, participaron dos profesionales que trabajan en estos programas.

Perú

Las actividades del Programa Porcino del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), localizado en Pucallpa, se han orientado hacia la continuación de la actualización de registros sobre producción porcina, en la granja del Programa y hacia la realización de trabajos de investigación, especialmente sobre algunos aspectos de la alimentación. Se continuó la distribución de cerdos de base a los porcicultores de la región, pero, por razones económicas, las actividades de extensión y de asistencia fuera del área del Programa, han sido limitadas.

Los datos sobre comportamiento reproductivo y producción de camadas, obtenidos en 3 años consecutivos (1976-1978), confirman los resultados parciales mencionados anteriormente (Informe Anual del CIAT, 1977), en los cuales se indicó que los cerdos de la raza Yorkshire se adaptan y comportan satisfactoriamente a las condiciones tropicales de Pucallpa. Los estudios sobre el efecto de los ciclos climatológicos sobre el tamaño de la camada y el peso de los lechones al nacimiento y a los 21 y 56 días (destete), muestran que estos parámetros no fueron afectados, al menos durante un período de observación de 2 años (1977-1978).

En 1978, se completaron los trabajos experimentales sobre utilización de insumos disponibles localmente en programas de alimentación, especialmente, puliduras de arroz y raíces de yuca. Los principales ensayos realizados incluyeron: la utilización de raíces frescas de yuca con suplementos proteínicos a base de harina de pescado que contenían 20, 30 y 40 por ciento de proteína, durante el período de crecimiento; niveles de 50 y 90 por ciento de puliduras de arroz, suplementadas con harina de pescado, en dietas para porcinos en crecimiento; además, se estudió el efecto del número de raciones diarias de una dieta a base de puliduras de arroz, durante los períodos de crecimiento y acabado. Adicionalmente, se están realizando aún ensayos sobre la utilización de las deyecciones de los cerdos en la producción de peces en estanques (conjuntamente con la Sección de Piscicultura) y en la fertilización de cultivos de yuca.

En el curso de producción porcina efectuado en 1978, participaron tres peruanos. Los tres profesionales representaron al IVITA, al Ministerio de Agricultura y Producción de Alimentos y a la Universidad de Piura, respectivamente.

INVESTIGACION

En 1978, las actividades de investigación realizadas por la Unidad de Porcinos del CIAT se enfocaron hacia la utilización de la yuca en la alimentación porcina. Los estudios incluyeron: el efecto de la adición de melaza de caña a las dietas para porcinos a base de harina de yuca; el proceso de ensilaje y la utilización del ensilaje de raíces de yuca; el suministro de harina de hojas de yuca y la producción y evaluación de proteína unicelular utilizando raíces frescas de yuca como sustrato energético. Adicionalmente, se determinó el contenido de ácido cianhídrico en las raíces de algunas variedades de yuca, como también de los productos derivados de la yuca. Se utilizó una nueva metodología, la cual permite medir en forma más precisa el contenido de este compuesto tóxico en las raíces.

Harina de Yuca

Los resultados experimentales que se habían obtenido anteriormente (Informe Anual del CIAT, 1976) demostraron que la harina de yuca puede suministrar la mayor parte de los requerimientos calóricos de los cerdos, sustituyendo parcial o totalmente las fuentes energéticas convencionales, especialmente, los cereales. La limitación principal en el uso práctico de la harina de yuca en programas de alimentación porcina es un costo relativamente alto, en comparación con otras fuentes energéticas. Además, la utilización de altos niveles de harina de yuca resulta en raciones con una textura o apariencia muy polvorosa.

Una solución posible a estos problemas es la adición de melaza de caña para

reducir la cantidad de harina de yuca en las dietas y mejorar su consistencia física. Ya se ha demostrado (Informe Anual del CIAT, 1976) la factibilidad de emplear niveles crecientes de melaza con una dieta a base de harina de yuca; sin embargo, el manejo de este tipo de alimento requiere mucha mano de obra para reajustar periódicamente los niveles de melaza que se han de utilizar. Para simplificar el manejo de este sistema se evaluaron dos niveles de melaza: 10 por ciento, durante la fase de crecimiento y 20 por ciento durante el período de acabado. En el Cuadro 3 se presenta la composición de las dietas experimentales para los períodos de crecimiento y de acabado; las dietas proporcionaron el 16 y 13 por ciento de la proteína para los períodos de crecimiento y de acabado, respectivamente.

El Cuadro 4 presenta los resultados del experimento. Los cerdos alimentados con la ración de harina de yuca presentaron una tasa de crecimiento (ganancia diaria promedio) ligeramente menor que los alimentados con las dietas testigo. La adición de la melaza mejoró el comportamiento de las dietas a base de sorgo y de las dietas a base de harina de yuca. El mejoramiento fue más marcado con la dieta a base de harina de yuca, la cual proporcionó una mejor conversión del alimento (alimento suministrado/ganancia de peso) que los otros tres grupos experimentales. Los resultados de este experimento, al igual que los del anterior, sugieren que la adición de melaza a las dietas a base de harina de yuca ayuda a mejorar el comportamiento de los cerdos en la fase de crecimiento al aumentar el consumo de la dieta, cuando se utilizan mayores niveles de melaza, o mejorando la eficiencia o la conversión alimenticia, cuando se utilizan niveles del orden del 10 y 20 por ciento en los períodos de crecimiento y acabado, respectivamente.

Ensilaje de Raíces

En las regiones tropicales, con alta precipitación y alta humedad relativa, es difícil secar las raíces de yuca picadas a fin de producir harina. El ensilaje es un método práctico para conservar las raíces picadas bajo estas condiciones. En 1978, la Unidad de Porcinos hizo varios estudios sobre ensilaje de raíces de yuca y evaluó el producto final para determinar su calidad nutricional.

Cuadro 3.

Composición porcentual de las raciones experimentales, a base de harina de yuca y con dos niveles de melaza.

Ingrediente	Variable experimental			
	Sorgo + torta de soya (testigo)		Harina de yuca + torta de soya	
	sin melaza	con melaza	sin melaza	con melaza
Sorgo	77 (85)[1]	65 (60)	-	-
Harina de yuca	-	-	65 (72)	55 (51)
Torta de soya	19 (11)	21 (16)	31 (24)	31 (25)
Melaza	-	10 (20)	-	10 (20)
Premezcla[2]	4	4	4	4

1 Los porcentajes entre paréntesis corresponden a los niveles de ingredientes en las raciones para cerdos en acabado.
2 Composición de la premezcla: harina de huesos, 87.5%; sal yodada, 7.5%; premezcla de minerales y vitaminas, 5%.

Cuadro 4.

Resultados de las raciones a base de sorgo o harina de yuca, con dos niveles de melaza, para cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado.

Parámetro	Variable experimental			
	Sorgo + torta de soya (testigo)		Harina de yuca + torta de soya	
	sin melaza	con melaza	sin melaza	con melaza
No. de días experimentales	112	112	119	112
Cerdos/grupo	9	10	9	10
Peso vivo promedio (kg)				
Inicial	16.5	16.1	16.0	16.2
Final	95.9	99.0	93.3	93.7
Ganancia diaria promedio (kg)	0.71	0.74	0.65	0.69
Consumo diario promedio (kg)	2.35	2.52	2.22	2.22
Relación Consumo/Ganancia	3.3	3.4	3.4	3.2

Las raíces de yuca se lavaron a fin de remover el exceso de material extraño; posteriormente, se cortaron en tajadas pequeñas con una picadora mecánica. Estas tajadas se pueden empacar en silos (Figura 1), cuando es necesario preservar cantidades considerables del producto o bien en bolsas de polietileno (Figura 2), para pequeñas cantidades.

Los silos se hacen con paredes de madera forradas con metal (2.3 m de largo, 1.5 m de ancho y 1.2 m de alto, dando una capacidad total de 4.1 m). En este silo portátil, colocado sobre un piso de concreto, se conservaron 5 toneladas de yuca durante 6 meses. La superficie del ensilaje se cubrió con plástico, sobre el cual se colocó viruta de madera y tejas para prevenir la entrada de aire; el silo se mantuvo cubierto con un toldo para protegerlo de las lluvias.

Figura 1. Silo construido con paredes laterales de madera, recubiertas con hojas de metal, para conservar raíces de yuca.

Cambios Químicos en las Raíces Ensiladas

La Figura 3 muestra los resultados de la medición del contenido de materia seca y

Figura 2. Ensilaje de raíces de yuca almacenado en bolsas de polietileno.

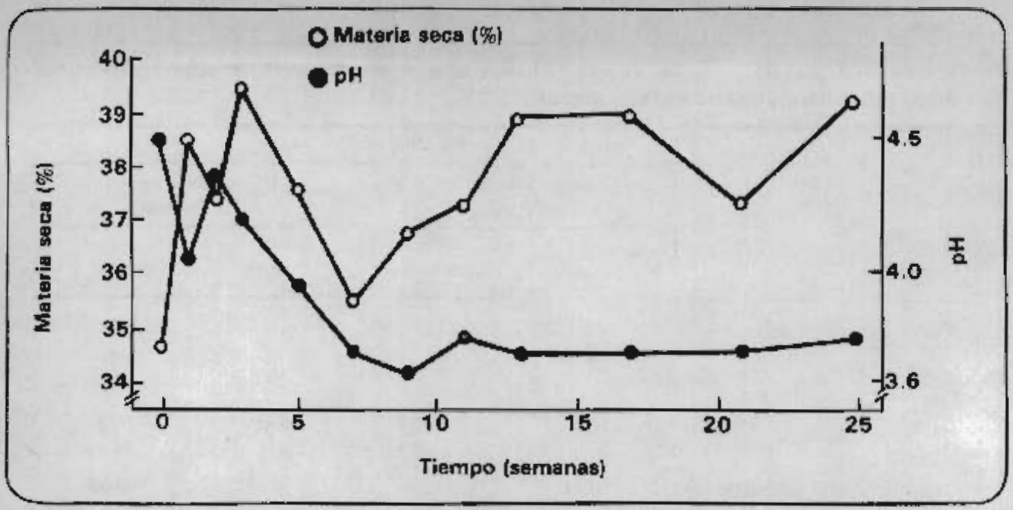


Figura 3. Cambios ocurridos con el transcurso del tiempo, en el contenido de materia seca y en el pH de raíces de yuca ensiladas, en el CIAT.

del pH de las muestras del ensilaje, durante los 6 meses del almacenamiento. Las raíces ensiladas incluyeron una mezcla de las variedades M Ven 270, M Ven 53 y M Col 655 A. Se observaron variaciones marcadas, posiblemente debidas a la técnica del muestreo utilizada, en los contenidos de materia seca y de carbohidratos totales. Se observaron tendencias hacia un aumento en el contenido de materia seca y una disminución en los carbohidratos totales durante el período del ensilaje. Los contenidos iniciales y finales de materia seca y carbohidratos fueron del 34.5 y 39.1 por ciento, y del 90 y 80 por ciento, respectivamente. La concentración de la materia seca y la reducción en los carbohidratos totales se debió a la pérdida de agua y a la utilización de los carbohidratos en la fermentación anaeróbica durante el proceso del ensilaje. Durante las primeras 7 semanas, después del inicio del proceso del ensilaje, se observó una rápida disminución en el pH, de 4.5 a 3.7. Aunque no se midió la concentración de ácidos grasos volátiles, la disminución en el pH debió haber sido causada parcialmente por la producción de estos ácidos, especialmente del ácido láctico, como productos de la fermentación anaeróbica, la cual utiliza el almidón contenido en las raíces como sustrato energético.

El Cuadro 5 presenta los resultados del análisis proximal de las muestras iniciales y finales de la yuca ensilada. En este caso, el extracto no nitrogenado (carbohidratos solubles) se estimó por diferencia; el contenido fue superior al encontrado para las muestras analizadas específicamente para determinar su contenido de carbohidratos (Figura 3). Los cambios más importantes observados fueron las dis-

Cuadro 5.

Composición química porcentual de la materia seca de raíces frescas de yuca y ensiladas (6 meses).

Componente	Raíces frescas	Raíces ensiladas
Materia seca	34.6	39.1
Proteína cruda (N x 6.25)	2.8	3.2
Grasas o extracto etéreo	1.2	2.0
Fibra cruda	2.4	5.5
Cenizas	2.3	2.9
Extracto libre de nitrógeno[1]	91.2	86.5

1 Estimado indirectamente por diferencia.

minuciones en el contenido de humedad y del extracto libre de nitrógeno, y los aumentos en los contenidos de grasas (extracto etéreo) y fibra cruda. Los análisis químicos de las muestras tomadas del silo, durante el período de almacenamiento, variaron considerablemente; parte de esta variación pareció deberse al sistema de muestreo (realizado a diferentes profundidades, con un implemento para tomar muestras de suelo) y al hecho de que las muestras mixtas representaron tres variedades de yuca.

Efectos de la Adición de Sal y Duración del Ensilaje

Para estudiar los efectos de la duración del período de ensilaje y de la adición de sal a las raíces que se iban a ensilar, se hizo una evaluación nutricional con cerdos, durante los períodos de crecimiento y acabado. Las raíces ensiladas en bolsas de polietileno durante un mínimo de 6 meses, se compararon con las raíces ensiladas durante un tiempo menor. Además, se mezcló sal común con la mitad de cada lote experimental, en una dosis del 2 por ciento del peso fresco de la yuca picada al momento de ensilarla.

Los resultados del análisis químico de las raíces ensiladas en bolsas de polietileno fueron similares a los de la yuca conservada en un silo, pero el contenido de fibra cruda (aproximadamente un 2%) de las raíces almacenadas en bolsas fue ligeramente menor; el contenido de cenizas (aproximadamente 5.4-5.8%) fue casi el doble para las raíces ensiladas con sal.

El suplemento proteínico empleado para balancear el ensilaje de yuca proporcionó un 42 por ciento de proteína cruda y contuvo los siguientes porcentajes de ingredientes: torta de soya, 44; torta de algodón, 44; harina de huesos, 9; vitaminas generales, 1; y sal, 2 (reemplazada por un 2% de harina de yuca en suplementos utilizados con el ensilaje, al cual se le había adiconado sal). En determinado día, el suplemento se mezcló con el ensilaje de yuca al momento de alimentar los cerdos; al día siguiente, sólo se proporcionó ensilaje.

El Cuadro 6 presenta los comportamientos de los cerdos alimentados con raciones a base de raíces ensiladas. No se observaron diferencias en el aumento de peso de los cerdos. El consumo promedio de raíces ensiladas por cerdo, durante 6 meses, fue ligeramente menor que para los animales alimentados con raíces por un tiempo menor. En ambos casos, la adición de sal disminuyó el consumo del ensilaje pero, como se obtuvo la misma ganancia de peso, esta dieta produjo una mejor conversión alimenticia.

Los resultados experimentales adicionales han demostrado que se puede obtener un comportamiento similar mezclando todos los días o cada 2 días, el suplemento de proteína-minerales-vitaminas con ensilaje de yuca. Otros resultados también sugieren que la adición, cada 2 días, de 10 por ciento de melaza de azúcar al ensilaje y a la mezcla del suplemento, proporciona una mejor eficiencia de conversión alimenticia durante los períodos estudiados.

Evaluación de Diferentes Suplementos Proteínicos

Con el fin de evaluar varias fuentes de proteína que se podrían utilizar para suplementar raciones a base de raíces de yuca ensilada, se hizo un experimento con cerdos durante las fases de crecimiento y de acabado, utilizando los suplementos proteínicos con las composiciones mostradas en el Cuadro 7. Estos suplementos proporcionaron niveles de proteína en el 41 y 52 por ciento; según la fuente de proteína

Cuadro 6.

Comportamiento de cerdos, durante los períodos de crecimiento y acabado, cuando se les suministró raciones a base de ensilaje de raíces de yuca.[1]

Parámetro	Raíces de yuca ensilada: durante más de 6 meses sin sal	durante más de 6 meses con sal	durante menos de 6 meses sin sal	durante menos de 6 meses con sal
Peso vivo promedio (kg)				
Inicial	21.7	22.0	21.9	21.8
Final	96.7	95.7	96.6	97.0
Ganancia diaria promedio (kg)	0.63	0.62	0.63	0.63
Consumo diario promedio (kg)				
Ensilaje	3.30	2.87	3.45	3.20
Suplemento[2]	0.78	0.78	0.78	0.78
Relación Consumo/Ganancia[3]	3.71	3.45	3.84	3.63

1 Promedios para seis cerdos/tratamiento, alimentados individualmente durante un experimento de 119 días.
2 Suplemento de proteína, minerales y vitaminas, el cual proporcionó un 42 por ciento de proteína.
3 Con base en un contenido de materia seca del 90 por ciento.

suministrada, variaron las cantidades mezcladas con las raíces ensiladas.

Debido a la disponibilidad limitada de raíces ensiladas, el ensayo se completó después de 18 semanas. Los grupos de cerdos alimentados con raíces ensiladas y con suplementos de torta de soya o una mezcla de torta de soya y torta de algodón, alcanzaron el peso normal esperado (90 kg) para finales del experimento, en tanto que los otros grupos presentaron menores pesos (Cuadro 8). Las ganancias promedio de peso de los grupos alimentados con ensilaje de raíces de yuca fueron similares a las del grupo testigo, excepto que el grupo alimentado con el suplemento a base de harina de pescado presentó un comportamiento más pobre que los otros grupos. Los cerdos alimentados con una mezcla de raíces de yuca ensiladas y el suplemento proteínico (a base de harina de pescado)

Cuadro 7.

Composiciones porcentuales de diferentes suplementos preparados con diferentes fuentes de proteína, para su utilización con raíces ensiladas de yuca.

Ingrediente	Fuente de proteína: Torta de algodón + torta de soya	Torta de soya	Torta de algodón + harina de pescado	Harina de pescado
Torta de algodón	44	-	48.5	-
Torta de soya	44	88	-	-
Harina de pescado	-	-	48.5	97
Harina de huesos	9	9	-	-
Sal	2	2	2	2
Minerales y vitaminas	1	1	1	1
Proteína calculada (%)	41	44	47	52

Cuadro 8.

Comportamiento de cerdos alimentados con raciones a base de ensilaje de raíces de yuca, en combinación con varias fuentes de suplementación proteínicos.[1]

Parámetro	Ración testigo	Raíces ensiladas de yuca + Torta de algodón + torta de soya	Torta de soya	Torta de algodón + harina de pescado	Harina de pescado
Peso vivo promedio (kg)					
Inicial	16.3	16.1	16.3	16.2	16.2
Final	87.0	90.9	90.4	85.0	79.2
Ganancia diaria promedio (kg)	0.56	0.59	0.59	0.55	0.50
Consumo diario promedio (kg)					
Ensilaje	-	2.85	3.10	3.01	2.98
Suplemento	(2.06)[2]	0.86	0.73	0.67	0.60
Relación Consumo/Ganancia[3]	3.68	3.61	3.58	3.65	3.84

1 Promedio de 10 cerdos/grupo; duración del experimento: 126 días. Las raíces ensiladas contenían aproximadamente 40 por ciento de materia seca.
2 Consumo diario promedio de la ración testigo.
3 Con base en un contenido de materia seca del 90 por ciento.

consumieron una cantidad total más pequeña de la mezcla en comparación con los otros grupos, lo cual indica que la menor apetecibilidad de la mezcla limitó su consumo. El suplemento que contenía harina de pescado con torta de algodón mejoró el comportamiento de los animales aunque no fue igual al observado con los suplementos a base de torta de soya. Generalmente, cada animal consumió una cantidad aproximada de ensilaje de 3 kg por día, una cantidad que es similar a la utilizada en otros esquemas de alimentación que utilizaron raíces frescas picadas (Informe Anual del CIAT, 1975).

Los estudios realizados sobre el proceso del ensilaje de las raíces de yuca y las evaluaciones nutricionales posteriores, indican que este sistema de conservar raíces es promisorio, especialmente para aquellas fincas de pequeña y mediana escala, en regiones con climas húmedos tropicales, en donde el proceso de secamiento para producir harina de yuca sería muy riesgoso. Se están adelantando investigaciones adicionales para tratar de mejorar el proceso del ensilaje y para desarrollar un sistema adecuado de manejo para alimentar cerdos con raíces de yuca ensilada.

Harina de Hojas de Yuca

Los estudios preliminares realizados por el Programa de Yuca indican que las partes aéreas de la planta de yuca (hojas y tallos más jóvenes), pueden dar buenos rendimientos de materia seca y proteína cruda por unidad de superficie (Informe Anual del CIAT, 1973). El follaje verde o fresco tiene un buen valor alimenticio para rumiantes (Informe Anual del CIAT, 1976); en el caso de animales monogástricos, el follaje se podría utilizar seco, como fuente de proteína.

Se utilizó la variedad de yuca M Col 12 para producir material vegetativo. Las plantas enteras se cortaron a 20 cm por

encima de la superficie del suelo y posteriormente, se pasaron por una picadora de forraje. El forraje picado se secó al sol en bandejas o en pisos de concreto; el material seco se molió para obtener una harina integral. La composición química (en porcentaje) de esta harina utilizada para alimentar cerdos, durante la etapa de crecimiento, fue la siguiente: humedad, 8.5; proteína cruda, 17.2; grasas totales o extracto etéreo, 5.8; fibra cruda 17.5; cenizas, 9.6; calcio, 1.8; y fósforo, 0.3. Los porcentajes se expresan en la muestra seca que contuvo 8.5 por ciento de humedad; el contenido de humedad del forraje fresco, después de picado, dio un promedio del 70 por ciento.

Evaluación Nutricional

Con el fin de aumentar la disponibilidad de información experimental sobre la utilización de proteína foliar y, especialmente, de harina de hojas de yuca y tallos jóvenes, se realizó un experimento con cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado, utilizando dos niveles de harina de hojas de yuca (20 y 40% de las dietas) y agregando melaza de caña para mejorar la apetecibilidad de las raciones experimentales. El Cuadro 9 presenta las composiciones de las dietas.

Aunque el experimento incluyó dos repeticiones por tratamiento, los resultados de la segunda repetición fueron significativamente diferentes de la primera, en todos los tratamientos. Los datos del Cuadro 10 corresponden a los resultados obtenidos en la primera repetición. Esto indica que la utilización de niveles crecientes de harina de hojas de yuca tendió a reducir el comportamiento de los cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado. Sin embargo, los resultados obtenidos con un 20 por ciento de harina de hojas de yuca, y aún con un 40 por ciento, son aceptables teniendo en cuenta los pesos iniciales de los animales experimentales. El consumo total de las dietas por cerdo, durante el período experimental, fue de 276, 358 y 381 kg para la dieta testigo y las dietas con 20 y 40 por ciento de harina de hojas de yuca, respectivamente.

La información experimental indica que existe un gran potencial para incorporar niveles relativamente bajos (aproximadamente un 20%) de harina de hojas de yuca en dietas para cerdos. Como estos ensayos se hicieron en una escala muy pequeña, no se conoce el costo real de estas fuentes de proteína. Los cerdos deben ser capaces de utilizar altos niveles de esta

Cuadro 9.

Composición porcentual de las dietas experimentales para cerdos, utilizando harina de hojas de yuca, durante los períodos de crecimiento y acabado.

Ingrediente	Testigo (torta de soya)	Harina de hojas de yuca	
		20%	40%
Harina de yuca	53.7 (49.8)[1]	40.5 (36.6)	27.0 (23.3)
Melaza	10.0 (20.0)	10.0 (20.0)	10.0 (20.0)
Torta de soya	31.6 (25.5)	24.8 (18.7)	18.3 (12.0)
Harina de hojas de yuca	-	20.0	40.0
Harina de huesos	4.0	4.0	4.0
Sal	0.5	0.5	0.5
Minerales y vitaminas	0.2	0.2	0.2

1 Los números entre paréntesis corresponden a los porcentajes de las dietas para cerdos en acabado.

Cuadro 10.

Efectos de la utilización de dos niveles de harina de hojas de yuca, en las raciones de porcinos, durante los períodos de crecimiento y acabado.[1]

Parámetro	Testigo (torta de soya)	Harina de hojas de yuca	
		20%	40%
Peso vivo promedio (kg)			
Inicial	15.1	15.1	15.3
Final	101.1	98.3	96.8
Duración del experimento (días)	119	147	147
Ganancia diaria promedio (kg)	0.72	0.57	0.55
Consumo diario promedio (kg)	2.32	2.44	2.59
Relación Consumo/Ganancia	3.2	4.3	4.7

1 Promedio de cinco cerdos/grupo.

clase de proteína durante el período de gestación, pero, debido a la falta de materias primas, no fue posible hacer estos experimentos.

Producción y Evaluación de la Proteína Unicelular

Durante 1978, se progresó significativamente en las actividades de la planta piloto del CIAT para la producción de proteína unicelular partiendo de la fermentación de raíces de yuca. La satisfactoria operación del fermentador de 3000 litros permitió la producción de suficientes cantidades de biomasa para llevar a cabo los estudios nutricionales con cerdos, durante los períodos de crecimiento y acabado.

Producción

Se hicieron 35 fermentaciones con el fermentador de 3000 litros (Cuadro 11). El sustrato empleado fue raíces frescas de yuca molida, de diferentes variedades, con un total utilizado de 420-430 kg de yuca por fermentación. La concentración inicial de carbohidratos solubles fue de aproximadamente un 4 por ciento ó 40 g/litro. Se utilizó el hongo *Aspergillus fumigatus* I-21A, en todas las fermentaciones, siguiendo el procedimiento ya descrito (Informe

Cuadro 11.

Producción de proteína unicelular a partir de raíces frescas de yuca, utilizando *Aspergillus fumigatus* I-21A, en un fermentador de 3000 litros de capacidad.

Parámetro	Valor
Yuca fresca/cada fermentación (kg)	423
Concentración de carbohidratos solubles (g/litro)	
Inicial	41.1
Final	15.1
pH prom. del medio de fermentación	
Inicial	3.5
Final	5.2
Proteína cruda en la biomasa seca (%)	34.2
Duración prom. de la fermentación (horas)	21
Cantidad prom. de biomasa seca producida/cada fermentación (kg)	55.5

Anual del CIAT, 1976). Los resultados obtenidos con el fermentador de 3000 litros han sido superiores a los obtenidos el año anterior con el fermentador de 200 litros especialmente, en relación con el contenido de proteína cruda en la biomasa seca final, resultante de la utilización más eficiente de los carbohidratos de la yuca por el hongo.

La dificultad principal había sido la recolección de la biomasa producida en el fermentador grande y especialmente, la extracción del agua a niveles suficientemente bajos para permitir el secamiento rápido de la biomasa. Para extraer el agua se ha utilizado una máquina cosechadora especial (filtro-prensa) la cual fue diseñada y construida en la Universidad de Guelph, Canadá (Figura 4). Además, se ha utilizado otra prensa operada por un gato hidráulico. Este implemento, construido en los talleres del CIAT, permite una mejor extracción del agua de la biomasa y forma una torta, la cual se muele con facilidad en la picadora de yuca. La harina de la biomasa molida (con un 65% de agua) se puede secar al sol en 6-8 horas o bien en un horno de aire forzado.

Figura 4. Extracción parcial del agua de la biomasa de proteína unicelular, utilizando una prensa de filtros construida en la Universidad de Guelph, Canadá.

Evaluación Nutricional

El Cuadro 12 presenta la composición porcentual de las dietas experimentales utilizadas para la evaluación nutricional de la biomasa proteínica para alimentar cerdos en los períodos de crecimiento y acabado. Resultados anteriores obtenidos en Guelph y en el CIAT mostraron que la proteína unicelular tiene una deficiencia marcada en aminoácidos azufrados, especialmente metionina. Estos experimentos también habían demostrado los efectos benéficos logrados al suplementar este aminoácido, al hacer evaluaciones biológicas con ratas. En los experimentos de alimentación porcina realizados en 1978 se utilizó proteína unicelular como única fuente de proteína en las dietes, con (0.3%) o sin la adición de DL-metionina. La biomasa proteínica secada al sol presentó la siguiente composición química (en porcentajes): humedad, 11.6; proteína cruda (N x 6.25), 35.0; extracto etéreo o grasas totales, 3.0; fibra cruda, 19.3; extracto no nitrogenado, 30.0; cenizas, 4.1; calcio, 0.2; y fósforo, 0.8. Según las mediciones hechas en una bomba calorimétrica, la energía total de la biomasa unicelular fue de 4260 cal/g.

El Cuadro 13 presenta los resultados experimentales de la evaluación nutricional de la proteína unicelular. La calidad nutricional de la proteína fue buena y se comparó favorablemente con la torta de soya, siempre y cuando se suplementara con metionina. La biomasa proteínica sin metionina produjo resultados inferiores; los cerdos requirieron 3 semanas adicionales para alcanzar un peso promedio final similar al

Cuadro 12.

Composición porcentual de las dietas experimentales para cerdos en crecimiento y acabado, para hacer evaluaciones nutricionales de la proteína unicelular (PUC).

Ingrediente	Sorgo + torta de soya	Harina de yuca + torta de soya	Harina de yuca + PUC sin metionina	Harina de yuca + PUC con metionina
Sorgo	77.8 (85.4)[1]	-	-	-
Harina de yuca	-	66.1 (72.4)	52.8 (61.0)	52.5 (60.7)
Torta de soya	18.0 (10.4)	29.4 (23.1	-	-
Biomasa de *A. fumigatus* I-21A	-	-	43.0 (34.8)	43.0 (34.8)
Harina de huesos	3.5	3.5	3.5	3.5
Sal	0.5	0.5	0.5	0.5
Minerales y vitaminas	0.2	0.2	0.2	0.2
DL-metionina	-	0.3	-	0.3

1 Los números entre paréntesis corresponden a los porcentajes de las dietas para cerdos en acabado.

de los grupos alimentados con proteína unicelular suplementada con metionina. Estos dos grupos experimentales presentaron tasas promedio diarias de consumo por cerdo similares, pero la suplementación con metionina aumentó significativamente las ganancias de peso y la eficiencia de conversión alimenticia. Para el caso de la proteína unicelular suplementada con metionina, este último parámetro parece ligeramente mejor que el obtenido con la dieta a base de torta de

Cuadro 13.

Resultados de la evaluación nutricional de la proteína unicelular (PUC), en dietas para cerdos en crecimiento y acabado.[1]

Parámetro	Sorgo + torta de soya	Harina de yuca + torta de soya	Harina de yuca + PUC sin metionina	Harina de yuca + PUC con metionina
Duración del experimento (días)	112	119	140	119
No. de cerdos	7	6	6	6
Peso vivo promedio (kg)				
Inicial	15.8	15.8	15.8	15.8
Final	94.4	95.7	90.0	90.7
Ganancia diaria promedio (kg)	0.70	0.67	0.53	0.63
Consumo total/cerdo (kg)	288.2	282.4	292.1	252.8
Consumo diario promedio (kg)	2.57	2.37	2.09	2.12
Relación Consumo/Ganancia	3.67	3.53	3.94	3.37

1 Promedios para los cerdos alimentados individualmente durante el experimento.

soya y harina de yuca, pero el peso final de los cerdos en otros grupos es diferente y no se pueden obtener conclusiones definitivas. Los resultados de los comportamientos de los cerdos alimentados con la dieta a base de proteína unicelular suplementada con metionina, variaron en mayor grado en comparación con los otros grupos experimentales.

Se sacrificaron 11 cerdos (2 del grupo alimentado con harina de yuca más torta de soya y 3 de cada uno de los otros tres grupos), con el fin de evaluar características de los canales y de tomar muestras de tejidos y órganos para efectuar estudios histopatológicos. No se observaron diferencias en las calidades de las canales a juzgar por las medidas del espesor de grasa dorsal ni en las proporciones obtenidas de los diferentes cortes. Se tomaron muestras de un total de 18 tejidos u órganos de cada cerdo, las cuales serán analizadas. No se observaron cambios significativos en las muestras tomadas de órganos internos. El personal de la Sección de Salud Animal del Programa de Ganado de Carne del CIAT, está colaborando en estos estudios.

Durante el experimento, se tomaron muestras de sangre de todos los cerdos para hacer análisis hematológicos y otras determinaciones de parámetros bioquímicos de la sangre. Los resultados indicaron que la proteína unicelular suministrada a los cerdos no alteró significativamente ninguno de los parámetros estudiados, lo cual confirma los resultados de experimentos previos hechos con animales de laboratorio, en la Universidad de Guelph.

La experiencia adquirida durante 2 años de operación de la planta piloto, demuestra la factibilidad técnica de producir proteína unicelular utilizando raíces molidas de yuca como sustrato energético para obtener una biomasa que presente un buen contenido de proteína cruda. La calidad nutricional de esta proteína es buena para la alimentación animal si se suplementa adecuadamente con metionina, el aminoácido más limitante. Aparentemente, la biomasa proteínica no afecta adversamente la salud de los animales que la consumen.

Las precauciones de seguridad que son normalmente observadas en una planta piloto se pueden considerar como una protección adecuada para el manejo del microorganismo empleado en la fermentación. Sin embargo, la transferencia de esta tecnología requiere la consideración cuidadosa de aspectos tales como la factibilidad económica y otros factores que pueden afectar el comportamiento de la operación total de producción, a escala comercial.

Contenidos de Cianuros en Raíces de Yuca y Productos Derivados

Los resultados obtenidos de las investigaciones que se han hecho en relación con el valor nutricional de las raíces o de los productos derivados de la yuca, utilizados especialmente en la alimentación, muestran una falta de consistencia. Quiere ésto decir que los resultados no se repiten. Algunas de estas discrepancias se deben a variaciones en las composiciones químicas de los productos, las cuales pueden ser ocasionadas por diversos factores. Con frecuencia, la variedad de la yuca utilizada no se identifica o bien, no se determina cuál es el contenido de cianuro en los productos analizados. Hasta hace poco tiempo la mayoría de los métodos analíticos utilizados para hacer las determinaciones no era totalmente confiable debido a que las técnicas de análisis empleadas eran inexactas e imposibles de reproducir. Recientemente, el Tropical

Cuadro 14.

Contenidos de cianuro total y libre, en las cáscaras y parénquima de las raíces, de cuatro variedades de yuca.

Variedad	Cianuro en la cáscara			Cianuro en el parénquima			Relación cianuro
	Total	Libre	Libre/ Total	Total	Libre	Libre/ Total	Parénquima/ cáscara
	(ppm)		(%)	(ppm)		(%)	
Llanera	777	58.3	7.5	29.9	0.98	3.3	1:26
M Ven 218	1221	160.3	13.1	55.3	6.50	11.8	1:22
M Col 1684	796	87.2	11.0	401.8	7.18	1.8	1:2
M Col 22	2251	92.7	4.1	153.9	7.84	5.1	1:15

1 Promedios de cinco mediciones; los contenidos se expresan con base en el peso fresco (las plantas tenían 9 meses de edad).

Products Institute (TPI), en el Reino Unido, desarrolló un método enzimático para determinar el contenido de cianuro en una muestra de yuca. El método sobrepasa la sensibilidad, reproductibilidad y velocidad de los métodos cuantitativos utilizados anteriormente. En colaboración con el Doctor Rodney Cooke, quien desarrolló la nueva tecnología en el TPI, se estableció este método de análisis en los laboratorios del CIAT.

Se analizaron cinco raíces de tres plantas de yuca de cada una de las variedades Llanera, M Ven 218, M Col 1684 y M Col 22. Las plantas habían sido cultivadas en lotes experimentales del Programa de Yuca del CIAT, Sección de Mejoramiento Varietal. Se determinaron los contenidos de cianuro total y libre en la cáscara de las raíces y en el tejido parenquimatoso de un corte central, hecho en forma de disco, de cada una de las raíces. El Cuadro 14 presenta los resultados promedios de estos análisis con relación al cianuro libre/cianuro total y del cianuro total en el parénquima/cianuro total en la cáscara.

Las variaciones entre las raíces en la misma variedad fueron considerables; ya se habían encontrado tales variedades en estudios similares relizados en el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA). La relación cianuro libre/cianuro total mantuvo un nivel cercano al 10 por ciento, especialmente en la cáscara. Los contenidos de cianuro total en las cáscaras son relativamente altos, aún en variedades como M Col 22, la cual se considera baja en contenido de cianuro. Teniendo en cuenta que para la alimentación animal se utiliza la totalidad de la raíz, incluyendo la cáscara, se puede afirmar que la relación del cianuro total en las cáscaras es aproximadamente 15-25 veces mayor que en el tejido parenquimatoso. En las variedades "amargas" de yuca, tales como M Col 1684, el contenido de cianuro en el parénquima es muy alto, aproximadamente la mitad de la concentración en la cáscara.

Los análisis del contenido de cianuro en otros productos derivados de la yuca, tales como harina, ensilaje de raíces, harina de hojas, hojas frescas y biomasa proteínica unicelular, se hicieron con muy pocas muestras para obtener conclusiones válidas. En general, las concentraciones de cianuro en estos productos fueron mucho menores que las observadas en muestras de raíces frescas. Por ejemplo, dos muestras de ensilaje de raíces analizadas después de 6 meses de conservación, presentaron

concentraciones de 30 y 38 ppm de cianuro, en la forma de cianuro libre.

El nuevo método analítico mencionado anteriormente, permitirá adelantar estudios más precisos, los cuales podrán medir cambios significativos en el contenido de cianuro bajo diferentes métodos de almacenamiento o de procesamiento de raíces y productos de yuca.

PUBLICACIONES

Buitrago, J., J. **Chamorro, E. Taborda** y **G. Gómez.** 1977. Melaza, pulidiuras de arroz y torta de algodón para cerdos en crecimiento y acabado. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:143. (Resumen).

Buitrago, J., M. Musmanni, J.H. Maner y **V. Carrizo.** 1977. Maíz y sorgo enteros para cerdos en crecimiento. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:144 (Resumen).

Cabeza M., J. Buitrago y **A. Owen.** 1977. Rendimiento y comportamiento de cerdos criollos Zungo vs. Duroc-Jersey. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:145. (Resumen).

Gómez, G., J. Santos, P. Zamora y **A. Monsalve.** 1977. Harina de yuca y metionina en dietas para cerdas gestantes y lactantes. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:140 (Resumen).

Gómez, G., J. Santos y **J. Chamorro.** 1977. Suplementación de dietas a base de harina de yuca para cerdos en crecimiento y acabado. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:142 (Resumen).

Gómez, G., J. Santos y **J. Chamorro.** 1977. Niveles crecientes de melaza en dietas a base de pulidiuras de arroz o de harina de yuca para cerdos en crecimiento y acabado. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:151. (Resumen).

Santos, J., y **G. Gómez.** 1977. Producción de proteína microbiana usando las raíces de yuca como substrato energético. *In* Proc. VI Reunión ALPA (Habana, Cuba, dic. 4-9 1977). 2:150. (Resumen).

Trujillo, C., J. Santos, L.E. Beltrán, J. Buitrago y **G. Gómez.** 1977. Características y perspectivas de la producción porcina en Colombia. *In* Memorias Primer Encuentro Nacional de Zootecnistas (Medellín, Colombia, dic. 8-10 1977). 155 pp.

CIAT

Unidades de Investigación Asociadas

1978

Unidad de Recursos Genéticos

En 1978, la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT se instaló en su edificio remodelado, de tal manera que a finales del año el personal de la Unidad estaba utilizando en su totalidad los tres cuartos fríos, los cinco laboratorios, el herbario y las dos áreas destinadas al trillado de las semillas. Hace 1 año, en realidad, no se almacenaba germoplasma en la Unidad; para finales de 1978, se habían almacenado más de 26,000 accesiones de fríjol *Phaseolus* (cuatro especies), leguminosas y gramíneas forrajeras tropicales (aproximadamente, 23 géneros) y yuca.

Durante el año, la Unidad de Recursos Genéticos dejó de ser un colector de otras colecciones de *Phaseolus* para convertirse en un colector activo de germoplasma de *Phaseolus* en la región central de México, uno de sus más importantes centros de diversidad genética. Después de 1 mes de estudios de especímenes de herbario en México, se realizó un viaje de colección de 3 meses, en cooperación con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), de ese país. Para mediados de noviembre, se habían colectado 120 muestras de semillas, cubriendo 14 especies de *Phaseolus*, más 165 muestras de plantas, la mayoría de las cuales eran tipos silvestres, en ocho estados mexicanos (desde Durango, en el norte, hasta Michoacan, en el sur). También, se contrató la colección de materiales en Perú, España y Portugal.

El germoplasma de fríjol *Phaseolus* del CIAT ha aumentado de aproximadamente 13,000 accesiones en 1977 a más de 21,000 hasta el momento. Algo aún mas importante es el hecho de que este germoplasma se está evaluando por sus características genéticas y agronómicas, y aquellos materiales contaminados con enfermedades bacteriales y/o virales se están multiplicando bajo condiciones controladas y en colaboración cercana con el Programa de Fríjol, a fin de producir semillas libres de dicha contaminación. Se ha desarrollado un sistema computadorizado para el archivo de los datos, a fin de facilitar el almacenamiento, la actualización y la recuperación de información obtenida de las evaluaciones de germoplasma, a nivel de campo y de laboratorio.

Recientemente, se transfirió a la Unidad de Recursos Genéticos la responsabilidad del germoplasma de forrajes tropicales que tiene el CIAT (aproximadamente 4500 accesiones); ahí se cumplirán ciertas etapas de la evaluación y multiplicación y en

donde, lógicamente, se almacenará. Se compartirán algunas actividades con el Programa de Ganado de Carne, especialmente, la evaluación de campo de materiales de CIAT-Carimagua. En cooperación con el Programa de Ganado de Carne, se está desarrollando un sistema flexible de manejo de datos con la capacidad de abarcar toda la información de las evaluaciones.

Desde abril, el fisiólogo ha probado y diseñado métodos que permiten el desarrollo rápido de plántulas de yuca, provenientes de cultivos de tejidos meristemáticos. El tiempo requerido entre la toma de una muestra pequeña de tejido y su desarrollo de una planta pequeña, lista para ser transferida al campo, es de sólo 8 semanas. En contraste, se están probando otras técnicas que permitirán el almacenamiento de plántulas de yuca en tubos de ensayo durante 1 año, por lo menos, libres de enfermedades y de otros problemas que se presentan en el campo. A finales de 1978, se iniciaron gestiones para seleccionar algunos centros nacionales y organizarlos en una red internacional, la cual permitirá la distribución de germoplasma de yuca en la forma de cultivo de tejidos, por intermedio de las entidades nacionales de cuarentena.

Germoplasma de Phaseolus

Adquisición y Multiplicación de Semilla

Desde comienzos de 1978, se adquirieron casi 7500 accesiones de *Phaseolus;* con esta nueva adición, la colección actual del CIAT tiene más de 21,000 introducciones de *Phaseolus* (Cuadro 1). La mayoría de estos materiales nuevos son de la especie *Phaseolus vulgaris* los cuales fueron enviados al CIAT por la Estación Regional de Introducción de Plantas del Departamento de Agricultura de EEUU, situada en Pullman, Estado de Washington, para completar la colección de los 8554 materiales de *Phaseolus* asignados con números dentro de la categoría P.I. (Introducción de Plantas). Entre los materiales nuevos, está también incluida la colección Norvel, hecha en México, la colección del Instituto de Fitomejoramiento Hortícola, de Wageningen, Holanda, y la del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA), en Guatemala.

Además de obtener materiales de diversos bancos de germoplasma, el CIAT ha estado activamente involucrado en la colección de materiales de *Phaseolus* en

Cuadro 1.

Muestras disponibles de *Phaseolus*, accesiones multiplicadas y accesiones evaluadas en la Unidad de Recursos Genéticos, hasta noviembre de 1978.

Especies	No. de accesiones	No. de accesiones multiplicadas	No. de accesiones evaluadas
P. vulgaris	19,910	12,600	9500
P. lunatus	1010	310	-
P. coccineus	430	150	-
P. acutifolius	70	60	60
Otras de *Phaseolus*[1]	100	50	-

1 Incluye muestras de ocho especies silvestres.

Perú (233 muestras de *P. vulgaris* y 39 de *P. lunatus)* como también en España y Portugal (411 muestras de *P. vulgaris* y 13 de *P. coccineus).* En 1978 se aumentó la colección de germoplasma de *Phaseolus* procedente de México, en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), utilizando un experto asociado de FAO y con la financiación parcial de la Junta Internacional de Recursos Genéticos Vegetales (IBPGR)[1]. En esta colección de campo se está dando atención a las especies silvestres de *Phaseolus,* pues éstas pueden ser útiles en el Programa de Cruzamientos Interespecíficos que se está realizando en cooperación con la Faculté des Ciences Agronomiques, Gembloux, Bélgica.

Ya se ha multiplicado semilla de más de 13,000 muestras de las 21,000 muestras de *Phaseolus* recibidas. Esto representa un gran esfuerzo que fue iniciado en 1970; cada accesión debe ser revisada para verificar que no tenga enfermedades y que sea genéticamente uniforme. Los esfuerzos hechos en 1978 se concentraron en hacer la "limpieza" de gran parte de la colección, erradicando las plantas que presentaron las principales enfermedades transmitidas por la semilla, tales como el añublo bacterial, el virus del mosaico común del fríjol y la antracnosis. Esta actividad ha sido tan importante que los materiales "limpios" cosechados en el campo han sido almacenados como lotes de semilla específicos, marcados según tengan o no síntomas de enfermedades. En abril y mayo de 1978, se cultivaron en CIAT-Palmira, Popayán y CIAT-Quilichao, más de 3500 accesiones. En octubre y noviembre, se cultivaron en CIAT-Palmira y en Popayán, otras 5300 accesiones.

1 International Board for Plant Genetic Resources. Roma 00100, Italia.

Evaluación Agronómica de la Colección

Desde 1970, se ha evaluado en el CIAT más de 9500 accesiones de *P. vulgaris,* valorando los materiales por algunas de las 32 características taxonómicas y agronómicas consideradas como las más importantes para este género de plantas (Cuadro 2). Sin embargo, como todas estas accesiones no han sido evaluadas por los 32 caracteres, en 1978 se hicieron esfuerzos por obtener más información sobre tales accesiones. En la misma forma como se venía haciendo en años anteriores, cada accesión se cultivó en una hilera de 6 m, en CIAT-Palmira, al comienzo de la estación de lluvias. Se evaluaron más de 500 accesiones entre abril y junio y otras 230, a finales del año. Un logro importante en 1978 fue la identificación de 200 líneas de *P. lunatus* que presentan uniformidad en cuanto a los caracteres de las semillas. Actualmente estos materiales se están evaluado en CIAT-Palmira.

Entre las 9500 accesiones de *P. vulgaris* evaluadas, se han identificado unos 600 juegos de duplicados (que incluyen 1400 accesiones), con base en su nombre y origen. Se espera que esta cifra aumente en la medida en que se disponga gradualmente de más información sobre los materiales.

Almacenamiento de la Semilla

A comienzos de 1978, se establecieron métodos estandar en la Unidad, recomendados por la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA). La germinación de las semillas y su vigor, como medidas de la viabilidad de la semilla, son parámetros que ahora se determinan rutinariamente para las accesiones de fríjol *Phaseolus* utilizando papel enrollado y

Cuadro 2.

Caracteres evaluados en CIAT-Palmira, en la colección de germoplasma de *Phaseolus vulgaris*.

Caracter	No. de accesiones evaluadas	Caracter	No. de accesiones evaluadas
Días hasta la emergencia	4406	Vainas por planta	7238
Longitud del hipocotilo	4386	Ramas con vainas	4331
Color del hipocotilo*[1]	8960	Angulo de las ramas	4362
Longitud de la hoja	4401	Semillas por vaina	4337
Anchura de la hoja	4401	Forma de la semilla	7229
Altura de la cobertura foliar	6521	Color principal de la semilla*	7827
Nudos al momento de la floración*	4373	Color secundario de la semilla*	1889
Nudos al momento de la madurez*	3457	Brillo de la semilla*	7230
Días hasta la floración*	4401	Peso de la semilla*	8457
Duración de la floración	4386	Rendimiento por planta	4292
Color de las flores	8978	Materia seca total	4311
Sensibilidad al fotoperíodo	691	Roya	2172
Hábito de crecimiento*	8997	Antracnosis	456
Altura de la planta*	6968	Virus del mosaico común del fríjol	823
Grosor del tallo	4399	Añublo bacterial	2762
Racimos por planta	7913	*Empoasca*	5038

1 Los caracteres señalados con asteriscos, han sido recomendados por el Comité Asesor de Germoplasma de *Phaseolus*, el cual forma parte de la Junta Internacional de Recursos Genéticos Vegetales, por acuerdo tomado en julio de 1978.

mantenido durante 7 días a 20° -30°C y a una humedad relativa del 100 por ciento. Hasta el momento, se ha evaluado la germinación de más de 1750 accesiones; entre 1113 accesiones generales evaluadas, el 69 por ciento presentó una tasa mínima de germinación del 90 por ciento. En contraste, cuando se evaluaron 461 lotes de semilla limpia, el 90.5 por ciento presentó una tasa de germinación superior al 90 por ciento. Es interesante anotar que, aunque el porcentaje de germinación y el porcentaje de vigor (estimado como el número de plántulas significativamente más grande, en cada prueba de germinación) sólo se correlacionan débilmente en las accesiones generales, esta correlación positiva aumenta en el caso de las semillas limpias a un r = 0.597. Esto implica que, cuando se eliminan algunos factores ambientales, especialmente enfermedades, el vigor de la planta puede manifestarse como una característica genética.

Se desarrolló un método sencillo para el secamiento de la semilla a temperatura ambiente. Se toman los lotes pequeños de semilla (típicamente, menos de 1 kg para fríjol *Phaseolus)* y se colocan en gabinetes desecantes sobre gel sílica, durante 7 días. Durante este período, el contenido de humedad de la semilla disminuye a niveles inferiores del 7 por ciento. Cuando estas semillas se empacan en bolsas laminadas, a prueba de humedad, mantienen este bajo contenido de humedad no importa cuál sea la humedad relativa ambiental. Se estima que el germoplasma de fríjol *Phaseolus,* mantenido a menos 10°C y 7 por ciento de contenido de humedad, retendrá el 90 por ciento de su viabilidad inicial, durante un período de 300 años.

Distribución de Germoplasma

En 1978 se distribuyó un total de 14,800 muestras de germoplasma de *Phaseolus* (en su mayor parte, *P. vulgaris).* La distribución de los materiales hecha fuera del CIAT, fue la siguiente: América del Sur (391 muestras), América del Norte (190), América Central (6000), Asia (200), Africa (856), Europa (376), y Lejano Oriente (346). Dentro del CIAT, se distribuyeron casi 6500 accesiones al Programa de Fríjol, especialmente a los fitomejoradores.

Manejo y Catalogación de Datos

El manejo de los datos correspondientes al germoplasma es una función integral de la Unidad de Recursos Genéticos. Las fuentes de datos sobre germoplasma incluyen las pertinentes a la colección o introducción, mantenimiento, evaluación y distribución. Para el caso del germoplasma de *Phaseolus,* se ha desarrollado una serie de archivos de computador para manejar dicha información, en colaboración con la Sección de Biometría del CIAT. Se han iniciado trabajos similares para el germoplasma de forrajes tropicales, con la colaboración del Programa de Ganado de Carne.

Parte de la información sobre germoplasma se debe poner a disposición de los usuarios, mediante la publicación de un catálogo. Se completó una versión analizada del catálogo de materiales "promisorios" (803 selecciones de *P. vulgaris),* con anotaciones actualizadas sobre caracteres de las semillas y hábito de crecimiento, y datos obtenidos de las evaluaciones de campo. También, se ha completado un trabajo similar con el germoplasma de forrajes tropicales existente en el CIAT, a fin de publicar un catálogo con información computadorizada sobre géneros, especies, fuentes de obtención y origen o sitio de colección de una accesión determinada, con su correspondiente número de identificación.

Análisis Multivariado

Se ha explorado la posible utilización del análisis multivariado como un método basado en objetivos, con el propósito de estudiar la diversidad genética en el germoplasma de *Phaseolus* y también, para investigar las interrelaciones de las variables que se evalúan normalmente. Para probar este método, se ha generado un nuevo juego de datos para proporcionar información confiable, teniendo bases genéticas y ambientales más amplias. Se hicieron ensayos de evaluación replicados en CIAT-Palmira, CIAT-Quilichao y Popayán, utilizando distancias amplias de siembra entre plantas (30 cm) y distancias cortas (8 cm). Se seleccionaron diez accesiones al azar de *P. vulgaris, P. lunatus* y *P. acutifolius* y se hizo una selección preliminar por grupos, de acuerdo con el hábito de crecimiento de cada especie. Los caracteres registrados incluyen los primeros 27 rasgos agronómicos que se incluyen en la lista del Cuadro 2. Se calcularon las medias para los caracteres relativamente más estables por localidades, espaciamientos y repeticiones, y éstas se utilizaron para estructurar el análisis multivariado.

El análisis "cluster" (análisis de conglomerados) mostró que la diversidad genética se podría demostrar fácilmente agrupando materiales similares (por ejemplo, especies y hábitos de crecimiento) con base en las variables anteriores. Se encontró que hay un traslape de los grupos de hábito de crecimiento, dentro de cada especie, pero esta circunstancia se superó normalizando todas las variables (es decir, colocándolas en una escala de 0-9). Los resultados de este estudio se pueden extender a dos áreas en las cuales ac-

tualmente, se requiere tener alguna indicación de que existe diversidad genética. La primera se refiere a la identificación de diversidad genética de progenies avanzadas provenientes de los fitomejoradores de fríjol y la segunda, hace referencia al estudio de las similitudes y diferencias en las accesiones del banco de germoplasma de *P. vulgaris*.

Utilizando los datos del germoplasma de *P. vulgaris* encontrado en el Catálogo de Materiales Promisorios, el 75 por ciento de la variabilidad genética total observada el año pasado podía ser atribuida a cuatro componentes principales. Utilizando datos nuevos, sólo se requieren tres componentes o factores para representar el 83 por ciento de la variabilidad total. El factor 1 respondió por el 40 por ciento de la variabilidad total; incluyó a los siguientes caracteres: hábito de crecimiento, altura de la planta, nudos al momento de la floración, racimos por planta, nudos al momento de la madurez, semillas por vaina y peso de 100 semillas. El factor 2 respondió por el 29 por ciento de la variabilidad total e incluyó: longitud de la hoja, ancho de la hoja, grosor del tallo, rendimiento de materia seca y rendimiento de grano. El factor 3, el cual sólo respondió por el 14 por ciento de la variabilidad total, incluyó caracteres tales como longitud del hipocotilo, días hasta la floración, vainas por planta, racimos con vainas y duración de la floración. Dichos resultados implican que la selección de unos pocos caracteres claves, con uno o más de cada uno de estos factores, podría proporcionar una base para la evaluación futura, en una amplia diversidad de ambientes. En la actualidad, se ha seleccionado el hábito de crecimiento, el rendimiento y los días hasta la floración como un mínimo de caracteres para evaluar más de 6000 accesiones de *P. vulgaris* cultivadas en La Selva, Obonuco y Popayán, Colombia.

Cultivo de Tejidos Meristemáticos en Yuca

Potencial del Método

El incremento del germoplasma de yuca establecido entre el CIAT y otros países, es un factor básico dentro del papel que juega el CIAT en el mejoramiento de este cultivo tropical. Sin embargo, muchos países han levantado estrictas barreras cuarentenarias, las cuales previenen la distribución de materiales vegetativos debido a la amenaza que significaría la diseminación de plagas y enfermedades. Similarmente, el cultivo convencional de las plantas en el campo expone frecuentemente materiales valiosos al ataque de plagas y de enfermedades. Los métodos de cultivo de tejidos se pueden utilizar para propagar la yuca vegetativamente; tales riesgos se reducen considerablemente o se eliminan. Las tasas de propagación, potencialmente altas, que se pueden obtener mediante estos cultivos de tejidos, conjuntamente con la obtención de ventajas, tales como la asepsia de los medios de cultivos, los pequeños espacios requeridos y los procedimientos de manejo relativamente simples, hacen conveniente utilizar estos sistemas de cultivo de tejidos para el mantenimiento y el intercambio de germoplasma de yuca a nivel internacional.

En 1978, se iniciaron investigaciones en la Unidad de Recursos Genéticos, en cooperación con el Programa de Yuca, enfocadas hacia el desarrollo de métodos para el cultivo de meristemas, a fin de: 1) conservar recursos genéticos de yuca en clones, por períodos largos de tiempo y libres de enfermedades; 2) disponer de un medio para transferir internacionalmente germoplasma de yuca valioso, en condiciones libres de enfermedades; y 3) disponer de un método para multiplicar rápidamente los materiales. Durante el

año, se completó el ciclo que se requiere para llegar desde el tejido meristemático hasta la siembra de las plantas en el campo, pasando por las etapas del manipuleo del tubo de ensayo y del uso del invernadero.

Desarrollo de Metodologías para el Cultivo de Meristemas

En varios experimentos, se sometieron meristemas y ápices de diez variedades de yuca a una diversidad de concentraciones de citoquininas, giberelinas y auxinas como suplementos solas o en combinaciones con el medio de sal mineral y vitaminas de Murashing-Skoog (con 2% de sucrosa). La diferenciación de un tejido meristemático de 0.4-0.6 mm en una planta completa (Figura 1 A-C), dependió en gran medida del régimen apropiado de reguladores del crecimiento y en cierta medida, de la variedad de yuca. Niveles bajos de bencil aminopurina (BAP), combinados con bajas concentraciones de ácido giberélico (AG) fueron adecuados para la diferenciación de retoños en un 90 por ciento de las variedades, pero, en general, el enraizamiento se inhibió. La adición al medio de cultivo de ácido naftilacético (ANA), a razón de 0.1 mg/litro, favoreció la diferenciación de los retoños y raíces en tres de las variedades cuando actuó conjuntamente con el AG y en un 80 por ciento del material, cuando se combinó con BAP y AG. Al aumentar ligeramente la concentración de BAP se favoreció el crecimiento de los retoños, pero el enraizamiento disminuyó; sin embargo, la exposición de los cultivos a temperaturas bajas (20°C) tendió a ayudar a superar la inhibición del enraizamiento, como consecuencia del BAP. Por otra parte, la transferencia de los retoños sin raíces a un medio de cultivo con AG y ANA, ambos a razón de 0.1 mg/litro, con un 3 por ciento de sucrosa y a 28°-30°C, estimuló en gran medida el enraizamiento, en el 90 por ciento de los materiales.

Consecuentemente, la respuesta de diferentes variedades de yuca al cultivo de meristemas parece estar principalmente relacionada con su capacidad de enraizamiento. Con base en los tipos de las respuestas observadas en esta etapa, se han diseñado dos medios de cultivo diferentes: uno, contiene las tres hormonas en las concentraciones más bajas y el otro, sólo contiene AG (0.105 mg/litro) y BAP (0.102 mg/litro). Para fines prácticos, este último medio de cultivo debe inducir el crecimiento de retoños, en la mayoría de los materiales, en tanto que el primero se formuló para estimular el crecimiento, tanto de retoños como de raíces, en forma simultánea.

En experimentos separados, se cortaron de los retoños desarrollados *in vitro* de segmentos nodales los cuales tenían una yema axilar y una pequeña hoja envolviéndola; estos segmentos se cultivaron para formar "cultivos nodales". Un medio que contenía 0.01 mg/litro de BAP, 0.1 mg/litro de ANA y 0.2 mg/litro de AG, más 3 por ciento de sucrosa, favoreció el desarrollo rápido de los cultivos nodales en plantas enteras, en un 90 por ciento de las variedades. Dependiendo del número de yemas axilares bien desarrolladas, se logró obtener, en 1 mes, de 3 a 6 plantas de cada retoño.

Para obtener mayores tasas de multiplicación de cultivos de meristemas se utilizaron tres variedades. Bajo la influencia de altos niveles de BAP (0.105-0.2 mg/litro), se desarrollaron cultivos de retoños múltiples, a partir de un solo ápice aislado, en dos de las variedades. Se logró producir hasta 20 retoños, debido a las mayores tasas de ramificación, cuando los cultivos se rotaron en medios líquidos. Se buscarán medios químicos y físicos que favorezcan la formación de retoños axilares múltiples y/o retoños adventicios, en cultivos de meristemas.

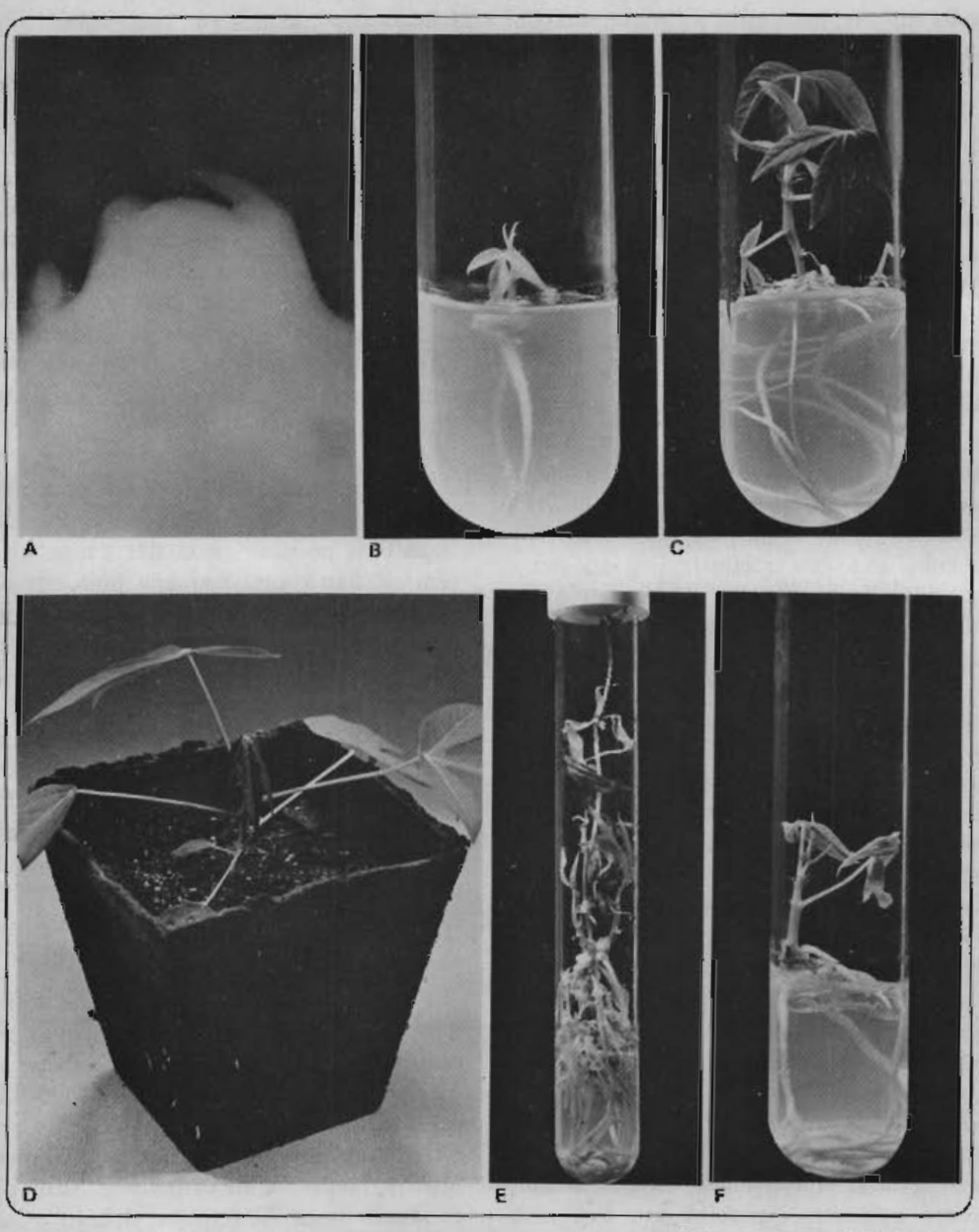


Figura 1. Desarrollo secuencial de plantas de yuca en cultivos de meristemas: A) Un ápice de retoño disectado, el cual muestra el meristemo apical en forma de cúpula, bordeado por dos hojas primordiales (X40). B) Diferenciación del retoño y la raíz de un meristemo, después de 3 semanas de cultivo (X1.2). C) Una planta de 5 semanas de edad, proveniente de un cultivo de meristemos (X1.0). D) Una planta proveniente de un tejido meristemático, despues de sembrada en un matero, a las 8 semanas (X0.5). Efecto de la temperatura en el crecimiento de los ápices de retoños de yuca, después de 4 meses en cultivo. E) Planta incubada a 30°C, durante el dia y a 25°C, durante la noche (X0.8). F) Incubada a 20°C (X0.8).

Durante la incubación de los cultivos, la temperatura se mantuvo a 28°-30°C durante el día y a 24°-25°C durante la noche. La iluminación tuvo un nivel de aproximadamente 1000 lux al comienzo de la incubación y luego se aumentó a 2000 lux durante las siguientes 3 a 5 semanas de cultivo; el fotoperíodo se controló a 14 horas.

La supervivencia de las plantas durante la etapa de cultivo en materos, aumentó del 50 al 90 por ciento mediante un tratamiento de endurecimiento, el cual consiste en incrementar la iluminación a 5000 lux y remover las tapas de los tubos de ensayo 1 semana antes de su transplante a materos. En los materos, se utilizó un sustrato a base de vermiculita, arena fina y grava (1: 1: 1 v/v). Después de 1 semana en el laboratorio, se transfirieron los materos al invernadero (Figura 1, D) a fin de exponer las plantas gradualmente a las condiciones ambientales, antes de transplantarlas al campo.

Erradicación de Enfermedades

La utilización de estacas de tallo, infectadas con la enfermedad cuero de sapo, resulta en pérdidas de rendimiento muy significativas (Informe Anual del CIAT, 1977). Se han iniciado investigaciones sobre la posible utilización del cultivo de meristemas, en combinación con termoterapia, para la erradicación de la enfermedad cuero de sapo de variedades infectadas. Es posible que existan temperaturas en las cuales se deba cultivar el patógeno y el hospedante para obtener una máxima inactivación del patógeno. Por lo tanto, se está investigando la intensidad y la duración de la termoterapia aplicada antes o durante el cultivo de los meristemas. También, se está estudiando el efecto del tamaño del tejido meristemático en la erradicación de la enfermedad. El objetivo de este trabajo es desarrollar técnicas mejoradas para limpiar, en forma rutinaria, materiales valiosos (Figura 2).

Conservación de Recursos Genéticos

La técnica del cultivo de meristemas puede ser muy valiosa para la conservación de germoplasma a largo plazo, puesto que se podrían almacenar colecciones grandes en espacios pequeños, eliminando prácticamente los riesgos de la contaminación por enfermedades y disminuyendo significativamente los costos de mantenimiento. Se están estudiando dos sistemas para el almacenamiento de germoplasma de yuca en la forma de cultivos de meristemas.

Congelación. Se ha iniciado un proyecto, en cooperación con el CIAT, en el Prairie Regional Laboratory, Saskatoon, Canadá, para investigar la factibilidad de preservar ápices de retoños de yuca a la temperatura de N líquido (-196°C). Se evaluarán las tasas de congelación y deshielo, como también la utilización de tratamientos con crioprotectores y endurecedores, para determinar sus defectos en la supervivencia de las células meristemáticas.

Almacenamiento con un Mínimo de Crecimiento. En el CIAT se está adelantando trabajo para desarrollar métodos para el mantenimiento de cultivos de meristemas de yuca que presenten la tasa mínima de crecimiento, por períodos prolongados de tiempo. Como segmentos iniciales de plantas para el almacenamiento, se utilizaron cultivos nodales de dos variedades de yuca. Los resultados, después de 4 meses de almacenamiento, indican que: 1) la tasa de crecimiento de los retoños en cultivos mantenidos a 20°C se puede reducir de 5.5 cm/mes (a 30°C durante el día y 25°C durante la noche) a 0.5 cm/mes (Figura 1, E y F); 2) el

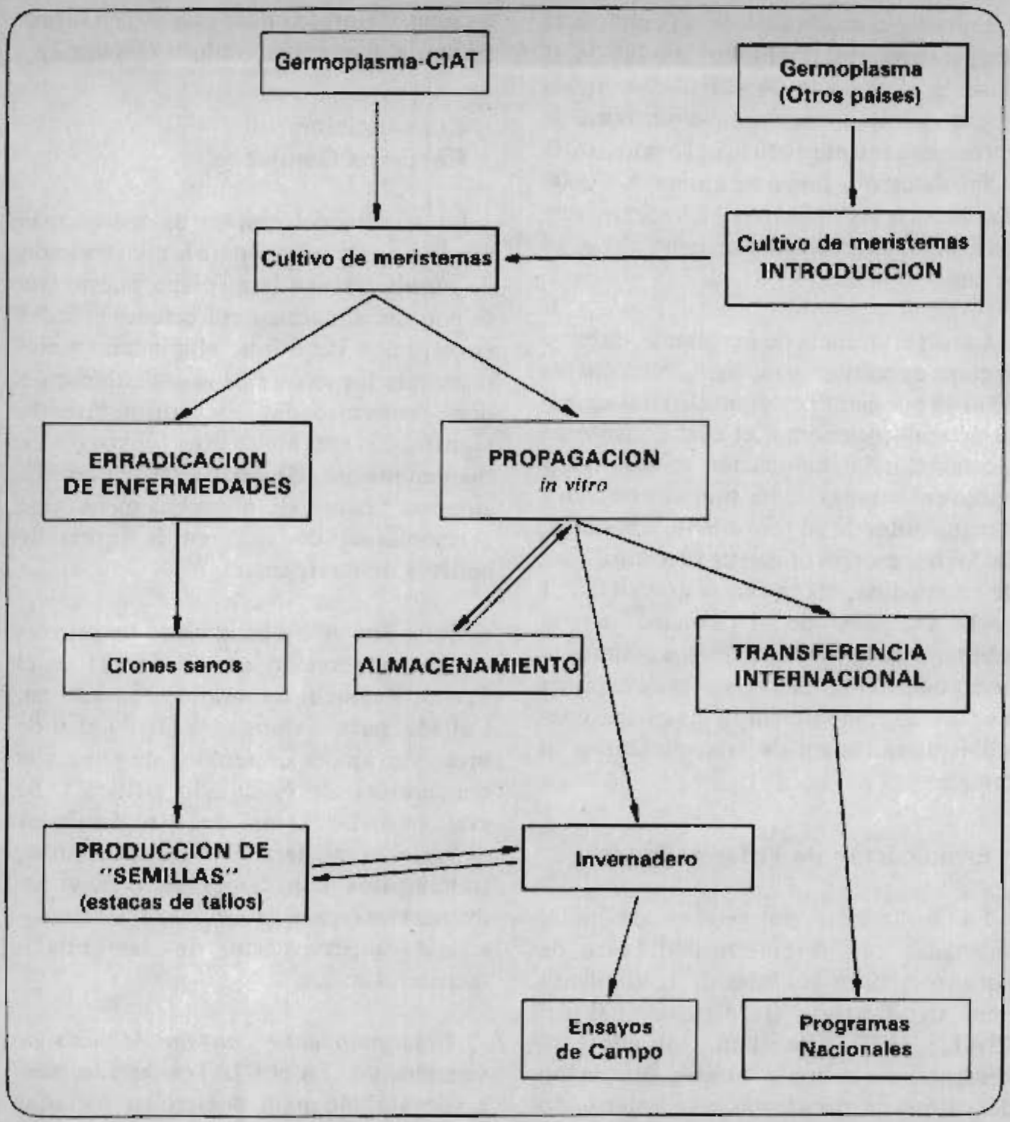


Figura 2. Representación gráfica de los diversos pasos que se siguen en la aplicación del cultivo de tejido de meristemos en yuca.

crecimiento se puede reducir aún más, con un 100 por ciento de supervivencia de los cultivos, a una tasa de 0.2 cm/mes y el nivel de sucrosa del medio de cultivo se aumenta a un 5 por ciento, pero los niveles de sucrosa más altos tienden a reducir la supervivencia de los cultivos; 3) la adición de bajas concentraciones de BAP al medio del cultivo hace aún más lento el crecimiento, sin reducciones en la supervivencia; 4) los cultivos mantenidos a 15°C comenzaron gradualmente a presentar clorosis y senescencia, después de 1 mes de almacenamiento.

Las investigaciones futuras proporcionarán información definitiva sobre temperaturas óptimas, clase y tamaño de segmento de plantas para el almacenamiento, tasas de propagación y

estabilidad del genotipo de los materiales recuperados del almacenamiento.

Transferencia Internacional de Germoplasma

Los cultivos de tejidos iniciados a partir de ápices de retoños de 0.4-0.6 mm deben estar libres de insectos, nemátodos y de la mayor parte de hongos y bacterias. Los parásitos obligados, tales como los virus, se deben erradicar por termoterapia y cultivo de meristemas, antes de su embarque *in vitro*.

Se desarrollarán métodos sencillos para distribuir germoplasma de yuca del CIAT a otros países, por medio de cultivos asépticos de meristemas. Estos procedimientos permitirán también la introducción de nuevo germoplasma al CIAT, sin riesgos de enfermedades (Figura 2).

Un aspecto muy importante del programa será el adiestramiento de personal de los países que recibirán los materiales vegetales en la aplicación de técnicas apropiadas para la recuperación y multiplicación de los materiales.

PUBLICACIONES

Luse, R.A. 1978. Transfer of forage germplasm (Chap. VIII) and, Preservation of forage germplasm (Chap. IX). *En* Handbook for the Collection, Preservation and Characterization of Tropical Forage Germplasm Resources. G.O. Mott, Ed. CIAT, Cali, Colombia (en prensa).

Luse, R.A. 1978. The need for food utilization and processing studies to supplement nutritional evaluation. *En* Proc. XI Int. Cong. of Nutrition. Rio de Janeiro, Brasil (en prensa).

Luse, R. A. y **Rachie, K.O.** 1978. Seed protein improvement in tropical food legumes. *En* Proc. Symp. on Seed Protein Improvement in Cereals and Grain Legumes (Neuherberg, Fed. Rep. Germany, set. 1978). Intl. Atomic Energy Agency, Viena, Austra (en prensa).

Rachie, K.O. y **Luse, R.A.** 1978. Support systems for climbing food crops. *En* Proc. Intl. Wing Bean Conference (Los Baños, Filipinas, ene. 1978) (en prensa).

Sing, S.R., Luse, R.A., Leuschner, K. y **Nangju, D.** 1978. Groundnut oil treatment for the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) during cowpea storage. J. Stored Products Res. 14(2/3): 77-80.

Song, L. y **Rawal, K.** 1978. Data management of forage germplasm (Chap. X). *En* Handbook for the Collection, Preservation and Characterization of Tropical Forage Germplasm Resources. G.O. Mott, Ed. CIAT, Cali, Colombia (en prensa).

Roca, W.M. 1978. Introducción de germoplasma como cultivo de meristemas. *En* Proc. II Latin American Botanical Cong. (Brasilia, Brasil, ene. 1978) (en prensa).

Roca, W.M., Espinosa, N.O., Roca, M.R. y **Bryan, J.E.** 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. Amer. Potato J. 55: 691-701.

Roca, W.M., Bryan, J.E. y **Roca, M.R.** 1979. Tissue culture for the international transfer of potato genetic resources. Amer. Potato J. 56: 1-10.

Unidad de Estudios Especiales

Durante 1978, la Unidad de Estudios Especiales se concentró en las evaluaciones de germoplasma. Continuaron los ensayos iniciados en años anteriores en caupí (*Vigna unguiculata*), guandul (*Cajanus cajan*) y sorgo (*Sorghum vulgare*). Se seleccionaron líneas promisorias de caupí y guandul, a fin de preparar pruebas internacionales de rendimiento para ambos cultivos. Se están distribuyendo juegos de los ensayos en América Latina; en 1979, se dispondrá de los resultados obtenidos en 1978.

Se iniciaron estudios con accesiones de frijol lima (*Phaseolus lunatus*), en cooperación con la Unidad de Recursos Genéticos. Se establecieron ensayos en varias localidades para probar la adaptabilidad y el potencial de rendimiento de estos materiales. Estos datos preliminares se utilizarán para orientar los futuros experimentos de fitomejoramiento.

Se iniciaron investigaciones sobre sistemas de cultivos intercalados con yuca. Estos experimentos están a cargo de un científico posdoctoral quien trabaja en el Programa de Yuca.

Evaluación de Germoplasma de Caupí

A principios del año se hicieron las selecciones finales de los mejores materiales de caupí (*Vigna unguiculata*) evaluados en los semestres (ciclos de cultivo) 1976B, 1977A y 1977B. Entre las 30 líneas más promisorias sembradas en 1977B, solamente 8 dieron rendimientos promedios de 3 ton/ha. Todas, excepto una de las líneas, presentó resistencia buena o moderada a los ataques por virus y bacterias.

Se recibió del Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) un segundo grupo de líneas de caupí para su evaluación. Estas líneas se sembraron en 1977B y se evaluaron por adaptabilidad, resistencia a enfermedades y plagas, rendimiento y otras características agronómicas. Los rendimientos disminuyeron como consecuencia de infecciones virales, altas poblaciones de *Cyperus rotundus* y por el hecho de que el caupí se había sembrado en la misma parcela durante 4 semestres consecutivos. Las mejores líneas de crecimiento determinado fueron: Tvx-7-5H, Tvx-309-1G, Tvx-1193-9F, Tvx-1836-19E, Tvx-1836-

90E y la variedad local ICA Mocarí; en este grupo de materiales los rendimientos oscilaron entre 2.5 y 3.2 ton/ha. Todas las líneas presentaron algunas infecciones virales. Las mejores líneas de crecimiento indeterminado fueron Tvx-33-1G y Tvx-1836-157G, con rendimientos promedio de 2.3 y 2.5 ton/ha, respectivamente.

Los mejores materiales (un total de 32 líneas) se sembraron en 1978A para su evaluación final, antes de incluirlos en el ensayo de rendimiento. Las parcelas en las cuales se sembraron las plantas presentaban una alta población de *C. rotundus*, una maleza que se controló mediante dos aplicaciones de glifosato. Sin embargo, debido a su agresividad, vigor y desarrollo rápido, el caupí parece ser una leguminosa que es relativamente resistente a *Cyperus*, bajo las condiciones de la región del Valle del Cauca.

El Cuadro 1 presenta un resumen de los rendimientos de las diez mejores líneas,

Cuadro 1.

Rendimientos de líneas seleccionadas de caupí (*Vigna unguiculata*), en CIAT-Palmira, 1976-1978.

Línea[1]	Rendimiento (ton/ha)			
	1976B	1977A	1977B	1978A
Tvx-66-2H	3.6	2.8	1.8	3.6
Tvx-456-01F	3.6	2.4	-	3.9
Tvx-30-1G	3.6	3.0	2.6	3.4
Tvx-966-01B	2.6	2.8	-	4.1
Tvx-13-2E	1.7	-	2.1	3.4
Tvx-1836-90E	-	-	2.7	3.5
Tvn-354-1B	3.6	3.4	3.3	4.1
Tvn-157-1E	2.9	2.6	-	4.3
Tvn-1190-E	3.1	-	3.1	3.7
Tvn-201-1D (Vita 1)	3.0	3.0	-	3.6

1 Todas estas líneas procedían del Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA).

durante 2 años. Con base en estos datos, es claro que los rendimientos han aumentado a medida que se han eliminado de las líneas las plantas infectadas por virus. Esto parece ser un factor limitante muy importante. En 1978A, el rendimiento promedio global fue de 3.7 ton/ha.

Con base en los resultados de los ensayos de observación, se seleccionaron diez de las mejores líneas para su distribución en América Central por el Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA). El objetivo central de este ensayo es evaluar la adaptabilidad de los materiales promisorios bajo diferentes condiciones ambientales y en comparación con variedades locales. Las líneas seleccionadas fueron las mismas que las presentadas en el Cuadro 1. En 1978B a densidades de población de 83,500 y 66,666 plantas/ha, se dispondrá de los resultados obtenidos.

Aún continúan las evaluaciones de germoplasma de las restantes líneas de caupí las cuales también se sembraron en 1978B. Se harán selecciones con base en la estructura de la planta, calidad de la semilla, hábito de crecimiento, y salud y vigor de las plantas.

Evaluación de Germoplasma de Guandul

En 1977, se iniciaron las evaluaciones de materiales de guandul (*Cajanus cajan*) con la multiplicación de semillas de 26 líneas introducidas del IITA. En el primer semestre de 1978, se seleccionaron y sembraron 14 de las líneas de mayor rendimiento. La mayoría de estas líneas son de crecimiento determinado, pero, también se han identificado algunos materiales promisorios de crecimiento indeterminado. Al mismo tiempo, se recibieron diez nuevas accesiones del Ins-

tituto Internacional de Investigación para Cultivos de Zonas Tropicales y Semiáridas (ICRISAT). Las líneas mejor adaptadas entre un total de 24 sembradas en 1978A fueron: los materiales 2786 y 14769 del ICRISAT, y las selecciones TCc números 2263, 2308, 3D-8111, 3D-8126, 3D-8129 y 4F-38 del IITA, con rendimientos promedio de 3 ton/ha.

Entre los materiales sembrados entre 1977B y 1978A, se seleccionaron ocho líneas para la preparación de un ensayo uniforme de rendimiento para su distribución por el PCCMCA. El objetivo básico de este ensayo es evaluar la adptabilidad de estos materiales promisorios bajo diferentes condiciones ambientales. En 1978B, se sembró en el CIAT un ensayo con tal propósito. Se espera obtener resultados a comienzos de 1979.

Al mismo tiempo, se hicieron y sembraron otras selecciones entre las 24 líneas estudiadas en el semestre anterior. La selección se basó en la estructura de la planta, el color y tamaño de la semilla y otras características agronómicas. Estos resultados estarán también disponibles a comienzos de 1979.

Evaluación de Germoplasma de Sorgo

Se realizaron ensayos agronómicos replicados con diez líneas de sorgo (*Sorghum vulgare*), seleccionadas en el segundo semestre de 1977 entre 71 materiales inicialmente obtenidos del ICRISAT y del All-India Coordinated Sorghum Improvement Program (AICSIP). Se hicieron selecciones con base en los rendimientos estimados, altura de la planta, tamaño y vigor de la panícula y precocidad.

Los materiales 5Dx61/6/2-14 y 5Dx61/6/2-2 presentaron ciertas características deseables, tales como grano amargo, lo cual les da resistencia al ataque por pájaros. Sin embargo, los materiales A-22791 y 5Dx36short-18 no presentaron granos amargos y mostraron ser alta y moderadamente susceptibles, respectivamente, al ataque por pájaros.

Evaluación de Germoplasma de Fríjol Lima

A principios de 1978, se realizaron ensayos de observación con más de 300 líneas de fríjol lima (*Phaseolus lunatus*) que se tenían en el CIAT, a fin de continuar los trabajos iniciados por la Unidad de Recursos Genéticos. La mayoría de estos materiales (aproximadamente un 90%) eran de crecimiento indeterminado y procedían de Brasil. También, se estudiaron algunas líneas de crecimiento determinado procedentes de Perú y Estados Unidos. Entre todos los materiales, se seleccionaron 95 líneas promisorias con base en sus características agronómicas y se sembraron en CIAT-Quilichao, en mayo de 1978.

El experimento hecho en CIAT-Quilichao indicó que —con la posible excepción del caupí— el fríjol lima y otras leguminosas que fueron evaluadas, no se adaptan al suelo virgen de dicha localidad (pH 4.0). El crecimiento virtualmento cesó después de unas pocas semanas y la cosecha fue casi nula en las parcelas con suelos no tratados, posiblemente debido a la toxicidad por Mn (19.4 ppm). Las líneas sembradas en suelos con efectos residuales de fertilizantes (pH 4.25, con un fertilizante completo aplicado el semestre anterior, más 5 ton/ha de cal) respondieron considerablemente mejor. Estas parcelas se cosecharon dos veces y se registraron los rendimientos. Las 30 líneas de mejor rendimiento dieron en promedio 2.65

ton/ha, a pesar de las condiciones edáficas relativamente pobres. En términos generales, las plantas se observaron libres de problemas de enfermedades e insectos. En siembras hechas en CIAT-Palmira y CIAT-Quilichao, los principales problemas han sido el añublo bacterial, el lorito verde y en menor grado, el virus del mosaico común del fríjol. Sin embargo, los problemas con enfermedades e insectos no fueron tan serios como los observados en las parcelas de *Phaseolus vulgaris* sembradas en las cercanías.

En el segundo semestre de 1978 se iniciaron otros ensayos agronómicos con las 30 líneas de mejor rendimiento seleccionadas en el semestre anterior. Se planeó un experimento con fríjol lima trepador a fin de evaluar el rendimiento y la adaptación bajo diferentes condiciones ambientales. Se incluyeron seis líneas de *P. vulgaris* en el mismo experimento (2 líneas adaptadas a temperaturas frescas, 2 adaptadas a temperaturas intermedias y 2 adaptadas a temperaturas altas), a fin de hacer comparaciones. El experimento se sembró en CIAT-Palmira (temperaturas intermedias) y en la región del río Patía, Colombia, (temperaturas altas). Los resultados estarán disponibles a principios de 1979.

En la última mitad de 1978, se sembró en CIAT-Palmira un fríjol lima arbustivo, para evaluar el rendimiento y otras características; sin embargo, debido a la mala germinación, este ensayo se descontinuó y las parcelas se utilizaron para multiplicar semillas de variedades arbustivas.

Se entregaron a la Sección de Fitopatología de Fríjol 50 líneas promisorias para su selección por resistencia a la roya, en CIAT-Palmira. Se han planeado ensayos cooperativos similares para seleccionar por resistencia al añublo bacterial y al lorito verde (conjuntamente con las Secciones de Fitopatología y de Entomología de Fríjol, en CIAT-Palmira) y por resistencia al virus del mosaico dorado (en colaboración con el personal del Programa de Fríjol en Costa Rica).

El grupo de la Unidad de Servicios de Laboratorio del CIAT analizó 35 accesiones por su contenido de ácido cianhídrico. Aunque la mayoría de las líneas presentaron niveles muy bajos de este tóxico, dos de ellas contenían más de 10 mg de cianuro total por 100 g de materia seca (11.8 y 28.4 mg/100 g). (El máximo contenido permitido en fríjol lima, para el consumo humano en los Estados Unidos, es de 20 mg/100 g.) En los próximos semestres se harán evaluaciones del contenido de cianuro en los materiales promisorios.

Utilizando los datos de las evaluaciones anteriores y de las evaluaciones detalladas que está haciendo la Unidad de Recursos Genéticos sobre diversas características agronómicas de las plantas, se tiene planeado adelantar estudios de fitomejoramiento con fríjol lima, los cuales se iniciarán en 1979.

CIAT

Grupos de Apoyo a la Investigación

1978

Unidad de Servicios de Datos

Debido a la continua expansión que tienen los servicios de computación en el CIAT y a la instalación del computador IBM S/34, aún pendiente, la anteriormente denominada Unidad de Biometría fue designada como Unidad de Servicios de Datos, la cual se reestructuró en dos secciones principales: Servicios Estadísticos y Servicios de Computación. Los líderes de ambas secciones responden ante el Coordinador General de la Unidad.

La Sección de Servicios Estadísticos proporciona asesoría estadística en la planeación, diseño, análisis e interpretación de experimentos o proyectos científicos desarrollados en el CIAT. Esta Sección también desarrolla y aplica técnicas cuantitativas a las necesidades de investigación del Centro y proporciona adiestramiento en métodos cuantitativos a personal interno del Centro y a profesionales de diversas instituciones latinoamericanas y asiáticas.

La Sección de Servicios de Computadora desarrolla actividades en el área de sistemas de información y programación, a fin de satisfacer las necesidades de los diversos programas administrativos y de investigación del Centro. Adicionalmente, el personal de la Sección tiene la responsabilidad de operar y mantener el equipo de computación de la Unidad.

COLABORACION CON LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION

Programa de Ganado de Carne

Evaluación del Proyecto ETES (Estudio Técnico-Económico de Sistemas de Producción de Carne). La Unidad se ha responsabilizado de la sistematización de la información colectada en las fincas incluidas en este estudio. El banco de datos para el proyecto contiene archivos sobre: 1) información invariante de cada finca; 2) información variable para cada finca; 3) inventarios de animales distribuidos en los lotes experimentales; 4) comportamiento individual de las vacas de cría; 5) comportamiento individual de los toros; y 6) costos y beneficios económicos.

Hasta la fecha, se ha procesado y analizado la información proveniente de las primeras dos visitas de trabajo a 17

fincas seleccionadas de los Llanos Orientales de Colombia. En los textos correspondientes a las Secciones de Manejo Animal y de Salud Animal del Programa de Ganado de Carne de este Informe Anual se encuentra información detallada sobre las actividades desarrolladas y datos disponibles sobre las investigaciones realizadas.

Proyectos "Hatos de Cría" y "Hato Experimental." La Unidad de Servicios de Datos ha colaborado en estos dos proyectos desde las etapas de planeación. Ambos proyectos se iniciaron en Carimagua en 1977.

El objetivo principal del Proyecto de Hatos de Cría es evaluar pastos mejorados y estudiar su utilización durante períodos críticos de los ciclos reproductivos de los animales. En este proyecto, la información se genera cada 2 meses e incluye medidas de los parámetros reproductivos y variables fisiológicas de los hatos. Para finales de 1978, se había procesado y analizado información de seis períodos de pesaje.

Estudio de los Ecosistemas del Occidente de Brasil Central. En 1977, el Programa de Ganado de Carne inició el Estudio del Area de Actuación. La primera área seleccionada para su evaluación fue la región del Occidente de Brasil Central; la información utilizada fue colectada en 83 estaciones metereológicas ubicadas en la región. Los objetivos eran clasificar parámetros ecológicos y diseñar mapas de los recursos de suelos de la región, a fin de facilitar el desarrollo de estrategias realísticas para el desarrollo y transferencia de tecnología, e identificar áreas geográficas prioritarias. La Sección de Servicios de Computación está desarrollando un sistema para compilar, actualizar, manejar y recuperar la información colectada para cada sistema de tierra estudiado.

Experimentos de Utilización de Pastos. En 1978, se hizo un análisis global de los experimentos realizados en Carimagua entre 1972 y 1978. Esta serie experimental incluyó los siguientes proyectos: 1) el manejo de sabanas nativas en los Llanos Orientales de Colombia; 2) el manejo de las quemas en las sabanas nativas de Colombia; 3) el efecto de la fertilización sobre las ganancias de peso de novillos que pastorean *Melinis minutiflora* en Carimagua; y 4) el manejo de *Melinis minutiflora:* suplementación con nitrógeno y descanso, durante la estación seca. Además, la Unidad colaboró en el análisis estadístico de los datos generados por investigaciones sobre la predicción de la digestibilidad de forrajes tropicales, con base en la enzima de la celulosa.

Otros Proyectos. Se ha proporcionado asesoria estadística en los diferentes proyectos de evaluación de rocas fosfóricas y en experimentos realizados por las Secciones de Agronomía de Gramíneas y Agronomía de Leguminosas del Programa de Ganado de Carne.

Programa de Fríjol

Sistema de Información de Fríjol (SIFRI). Durante 1978, este sistema de servicios de asistencia a los científicos del Programa de Fríjol de CIAT se intensificó, tanto en magnitud como en alcance. Por esta razón, se cambió el nombre del sistema de información que anteriormente tenía, Sistema de Información sobre Fitomejoramiento de Fríjol (SIFFRI) a su designación actual y se le definió como un sistema general que sirve a la totalidad del Programa.

El sistema proporciona asistencia en el desarrollo de actividades para ayudar a satisfacer los principales objetivos del Programa de Fríjol. Esta asistencia incluye el mantenimiento y la distribución de

información, sobre las diversas disciplinas que participan en el Programa, proveniente de ensayos hechos en varios ciclos de selección de materiales. Estos ciclos incluyen: 1) cruzamientos y selección; 2) Viveros de Evaluación de Fríjol (VEF); 3) Ensayos Preliminares de Rendimiento (EP); 4) Viveros Internacionales de Rendimiento y Adaptación de Fríjol (IBYAN) y 5) Ensayos Internacionales de Selecciones Elites (ESE). La Figura 1 muestra la forma como el SIFRI interactúa con los diversos ciclos de selección.

Las diferentes secciones del Programa de Fríjol hacen evaluaciones en cada uno de estos ensayos y la información compilada se distribuye, por intermedio del SIFRI, a todos los miembros del equipo de fríjol. Durante el proceso de selección de variedades mejoradas, la compilación de toda la información relacionada con un material determinado y su distribución es

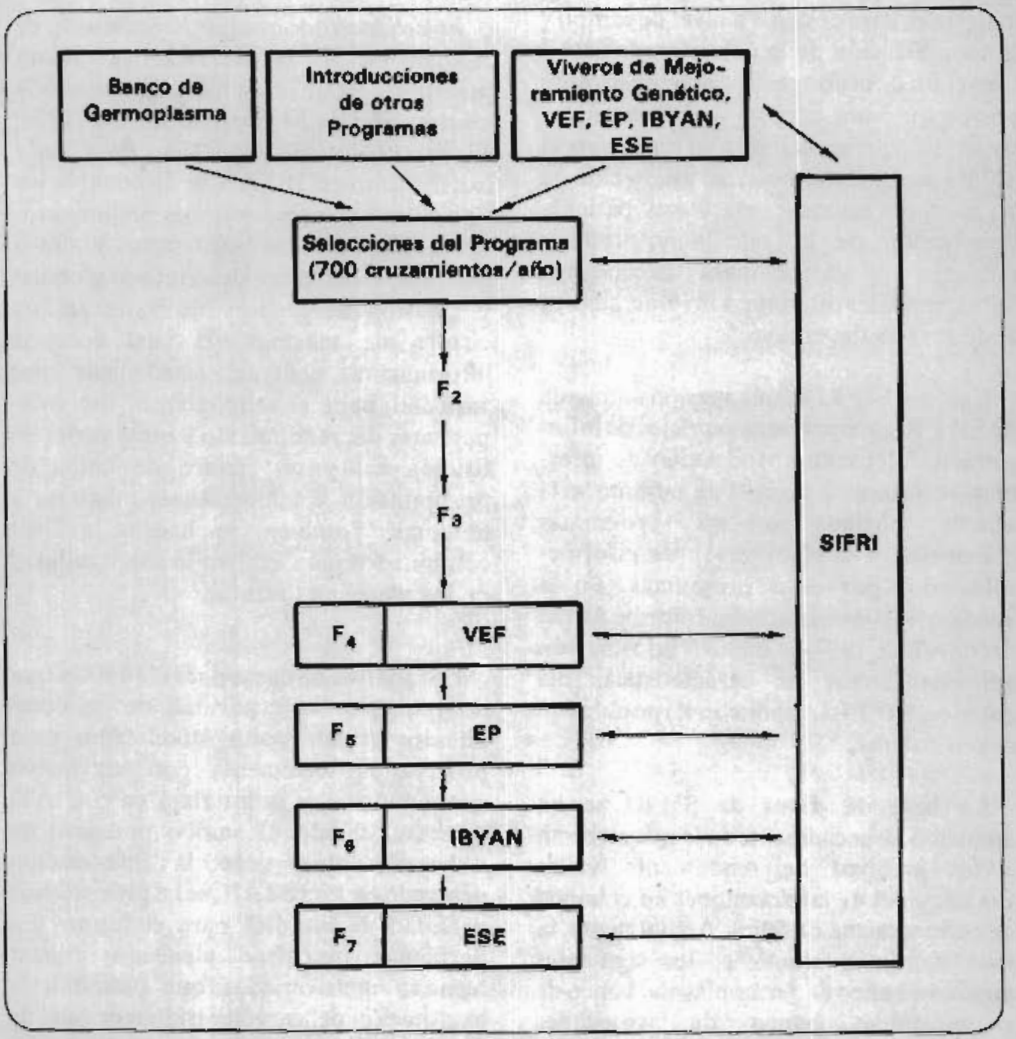


Figura 1. Interacción del Sistema de Información de Fríjol (SIFRI) con el desarrollo y la evaluación simultánea y secuencial del germoplasma de fríjol.

de gran importancia. Por ejemplo, se espera que en los ensayos VEF y EP, el SIFRI producirá una serie de informes para facilitar la selección de material que debe continuar en el proceso de selección. Los resultados obtenidos de un ensayo realizado para simular el proceso de selección probaron que el SIFRI es operacional, o sea, que es confiable.

Sucesivamente, al SIFRI se le ha delegado una serie de funciones importantes incluyendo la asignación de materiales para ensayos a nivel de campo y la simplificación de la colección de datos. Con el fin de utilizar estas características se prevee que, tan pronto se conozcan los materiales que se incluirán en un ensayo, el SIFRI podrá determinar su asignación en el campo, elaborar etiquetas para la distribución de la semilla y producir manuales de campo para colectar los datos, según las disciplinas involucradas en el desarrollo del ensayo.

Como el SIFRI es una versión ampliada de SIFFRI, proporciona servicios de información, tales como producción de información cruzada, la cual se adjunta a la semilla enviada a los programas nacionales, y la elaboración de informes solicitados por estos programas. En la Sección de Biometría, en el Informe Anual del CIAT de 1977, se incluyó información adicional sobre las características del anterior SIFFRI, ahora incorporadas al nuevo sistema.

La base de datos de SIFRI se ha ampliado, especialmente en lo que respecta a los archivos de rendimiento y las evaluaciones de las accesiones en el banco de germoplasma de fríjol. Actualmente, la base de datos contiene los siguientes archivos: banco de germoplasma, banco de cruzamientos, banco de variedades promisorias, banco de reacciones a enfermedades de material promisorio (según el ciclo de siembra y las diferentes localidades), porcentaje de germinación y vigor de las accesiones en el banco de germoplasma, accesiones evaluadas por la Unidad de Recursos Genéticos y otros archivos especiales.

Tan pronto se instalen los nuevos equipos de computación se tiene planeado establecer algunos de los segmentos del sistema dentro de la sede del CIAT, a fin de ofrecer un mejor servicio a los usuarios.

Vivero Internacional de Rendimiento de Adaptación de Fríjol (IBYAN). Hasta noviembre de 1978, se había procesado la información de 54 experimentos de 1976; 53 de 1977 y 12 de 1978. Para cada experimento del IBYAN se dispone de los siguientes informes: informes preliminares sobre listas de inconsistencias y datos dudosos; estadísticos descriptivos globales y cuadros de análisis de varianza; un cuadro de resumen, el cual contiene información general; estadísticas por variedad para el rendimiento, los componentes del rendimiento y otras variables fisiológicas; y un cuadro de datos de precipitación y temperaturas máximas y mínimas. También, se hacen análisis combinados para evaluar la adaptabilidad de los materiales utilizados.

Los análisis de datos para el IBYAN que no requieren la capacidad de un computador grande serán modificados para procesarlos localmente con un nuevo computador que se instalará en el CIAT. Además, debido al amplio potencial de utilización que tiene la información generada en los IBYAN, se ha previsto una variedad de estudios para el futuro. En particular, se tiene planeado utilizar técnicas multivariadas que permitan la explotación del carácter tridimencional de la información del IBYAN—en el espacio, el tiempo y la respuesta.

Efectos de los Bordes, Tamaño de Parcela y Número de Repeticiones en Asociaciones de Fríjol Trepador/Maíz. Los trabajos realizados durante 1978 fueron la continuación de un proyecto cooperativo entre la Sección de Agronomía del Programa de Fríjol y la antigua Unidad de Biometría, cuyo objeto ha sido estudiar los diferentes aspectos de la "técnica de parcela experimental" en la investigación con el cultivo de fríjol.

Efectos de los Bordes: Se realizaron dos tipos de experimentos en CIAT-Palmira, para medir los efectos de bordes en los sistemas asociados fríjol trepador/maíz.

El objetivo del primer ensayo fue estudiar el efecto de competencia varietal y de espacios no sembrados sobre el rendimiento de 36 variedades de fríjoles trepadores asociados con el híbrido de maíz ICA H-210. El efecto de la competencia se midió comparando los rendimientos de parcelas con bordes laterales, con los rendimientos de parcelas sin bordes laterales, considerando una cama, a cada lado, como el borde (efecto de bordes laterales). El efecto de los espacios no sembrados se midió comparando los rendimientos de parcelas en las cuales se cosecharon 50 cm de borde de cabecera con los rendimientos de parcelas en las cuales no se cosecharon los bordes de cabecera (efecto del borde de cabecera).

El diseño experimental utilizado fue un látice 6 x 6, con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 24 m² (4 camas de 6 m de largo con 2 hileras de fríjol y 1 de maíz por cama).

Los rendimientos promedio, para cada tipo de parcelas, se presentan en el Cuadro 1. El análisis de varianza de los rendimientos indica que los efectos por bordes laterales no fueron significativos y que no se presentó efecto de competencia varietal sobre el rendimiento por parcela. Por otra parte, los efectos de bordes de cabecera fueron significativos a un nivel del 1 por ciento; el rendimiento promedio de las parcelas en las cuales se cosecharon los bordes de cabecera (1021 kg/ha), sobrepasaron los rendimientos obtenidos en aquellas parcelas en las cuales no se cosecharon bordes de cabecera (739 kg/ha) en un 38.2 por ciento. Sin embargo, este efecto no fue uniforme para todas las

Table 1.

Rendimientos promedio de 36 variedades de fríjol trepador en parcelas con y sin la cosecha de los bordes laterales y de cabecera.

Tratamiento	Area de parcela (m²)	Rendimiento promedio (kg/ha)	DS (kg/ha)	CV (%)
Cosecha de bordes laterales y de cabecera	24	1034	233	22.5
Cosecha de bordes laterales y excluyendo 50 cm del borde de la cabecera	20	736	191	26.0
Sin cosechar bordes laterales pero cosechando bordes de cabecera	12	1008	234	23.3
Sin cosechar bordes laterales ni bordes de cabecera	8	742	203	27.3

variedades, como lo indica la significancia (a un nivel del 5%) de la interacción variedad x borde de cabecera y la significancia (<0.01) de la regresión del excedente del rendimiento incluyendo el borde de cabecera en el rendimiento del fríjol sin los bordes de cabecera. Esta regresión muestra que las variedades más rendidoras presentan un menor excedente de rendimiento que las variedades que producen bajos rendimientos, aparentemente, debido a la diferente habilidad competitiva.

Se puede concluir que en los experimentos de asociación fríjol trepador/maíz no hay efecto por competencia varietal, pero sí existe un efecto ocasionado por espacios no sembrados. Consecuentemente, los bordes laterales no son necesarios pero es aconsejable dejar los bordes de cabecera, dados los efectos diferenciales entre variedades.

En el segundo experimento se realizó en CIAT-Palmira un estudio más detallado para tratar de conocer el grado de alcance del efecto de espacios no sembrados en el monocultivo de fríjol y en asociaciones de fríjol trepador/maíz, utilizando una variedad de fríjol y una variedad de maíz. La parcela experimental se diseñó de 11 x 11 m, con 11 surcos de 11 m de largo. Los cultivos se cosecharon en unidades de m^2. El rendimiento promedio por anillo (numerados del 1 al 5) se estimó con base en los datos de rendimiento por m^2. El Anillo 1 lo constituyeron las plantas sembradas en el perímetro de la parcela y el Anillo 5 correspondió al anillo más interno. De esta manera, el ensayo permitió la medición del grado de alcance del efecto de los espacios no sembrados a niveles de 0, 1, 2, 3 y 4 m hacia el interior de la parcela.

El experimento se sembró en dos estaciones. La primera siembra, en octubre de 1977, incluyó la línea de fríjol P589, de hábito de crecimiento IV, y la variedad de maíz ICA H-207, un material alto, susceptible al volcamiento. En la segunda siembra, hecha en marzo de 1978, se sembró la misma línea de fríjol con la variedad de maíz ICA H-210, un material de tallo corto, braquítico, resistente al volcamiento.

Aunque no se hizo un análisis estadístico de los resultados obtenidos en la primera siembra, debido a las pérdidas parciales que se obtuvieron como consecuencia del volcamiento, los rendimientos de fríjol por anillo, en asociación y en monocultivo, y los rendimientos de maíz por anillo en asociación, disminuyeron hacia el interior hasta el Anillo 3 y luego permanecieron constantes, hacia los anillos interiores. En el caso del maíz en monocultivo, los rendimientos sólo disminuyeron entre el Anillo 1 y el Anillo 2 (Cuadro 2). Los rendimientos de maíz en monocultivo, en los primeros 3 anillos, fueron inferiores a los obtenidos con el maíz en asociación, debido al mayor grado de volcamiento. El amplio grado de variación de los efectos de bordes, especialmente en el caso del fríjol en asociación, fue sorprendente y se le puede atribuir al hecho de que el maíz sembrado fue una variedad alta.

Los resultados de la segunda siembra fueron más confiables y se analizaron estadísticamente. El Cuadro 2 presenta el rendimiento promedio por anillo en cada sistema de siembra y el Cuadro 3 muestra los resultados del análisis de varianza. El efecto de espacios no sembrados en fríjol en asociación fue más moderado que en el primer ensayo, probablemente, debido a la variedad escogida de maíz (material de baja altura). Los rendimientos del fríjol en monocultivo, del fríjol en asociación, del maíz en monocultivo y del maíz en asociación disminuyeron significativamente entre los Anillos 1 y 2, pero las

Cuadro 2.

Rendimientos promedio por anillo, en sistemas de fríjol en monocultivo, maíz en monocultivo y fríjol/maíz en asociación, en estudios sobre los efectos de los espacios sin sembrar.

	Rendimientos (kg/ha)							
	Fríjol en monocultivo		Fríjol en asociación		Maíz en monocultivo		Maíz en asociación	
Anillos	Oct. 1977	Mar. 1978	Oct. 1977	Mar. 1978	Oct. 1977	Mar. 1978	Oct. 1977	Mar. 1978
1	3323	5710	1648	3209	4708	5943	6102	2953
2	2523	3791	664	1957	4428	4741	4657	2171
3	2263	3885	428	1931	3934	4306	4134	1840
4	2375	4132	330	1908	3786	4305	3655	2209
5	1965	3864	265	1970	3896	4028	3404	2100
D.M.S. al 5% (kg/ha)	-[1]	407	-[1]	486	-[1]	935	-[1]	573

1 En el ensayo sembrado en octubre de 1977, se perdió parte de la producción debido al volcamiento y los rendimientos finales no se analizaron estadísticamente.

diferencias en el rendimiento entre los anillos restantes no fueron significativas. El rendimiento registrado en el Anillo 1 sobrepasó los rendimientos de los anillos interiores en un promedio de 31, 39, 27 y 29 por ciento para el fríjol en monocultivo, el fríjol en asociación, el maíz en monocultivo y el maíz en asociación, respectivamente. También, se hizo un análisis de varianza sobre los rendimientos de parcelas de 1 m^2, a fin de estudiar si el efecto de los espacios no sembrados era diferente, según la orientación de la parcela. Este modelo con varias fuentes de variación (repetición, posición de la planta dentro de la hilera vertical, posición de la planta dentro de la hilera horizontal e interacción hilera horizontal x hilera vertical) indicó que, para cada sistema, el efecto de orientación de la parcela no fue significativo.

Cuadro 3.

Resultados de los análisis de varianza para el rendimiento por anillo, en cuatro repeticiones, en estudios sobre los efectos de los espacios sin sembrar en los rendimientos de fríjol y maíz en monocultivo y en asociación. (Siembra de marzo de 1978.)

Fuente de variación	Grados de libertad	Fríjol en monocultivo		Fríjol en asociación		Maíz en monocultivo		Maíz en monocultivo	
		Cuadrado medio	F	Cuadrado medio	F	Cuadrado medio	F	Cuadrado medio	F
Repeticiones	3	283,253	4.1*	244,679	4.9*	2,654,249	7.2**	2,193,098	15.8**
Anillos	4	2,634,648	37.7**	1,287,261	25.8**	2,301,775	6.2**	1,302,970	9.4**
Error	12	69,820		49,822		368,472		138,423	
Total	19								
D.M.S. al 5% (kg/ha)		407		486		935		573	
D.M.S. al 1% (kg/ha)		571		682		1311		804	

Los resultados muestran que los espacios no sembrados afectan significativamente los rendimientos en los sistemas de monocultivo y en los de asociación fríjol trepador/maíz, y que los efectos son independientes de la orientación de la parcela. Puesto que la disminución del rendimiento fue significativa hasta el Anillo 2, se recomienda dejar 1 m de borde entre parcelas adyacentes y para espacios no sembrados, tanto en los sistemas de monocultivo como en los de asociación.

Tamaño Optimo de Parcela y Número de Repeticiones. Con base en los resultados obtenidos en marzo de 1978, descritos anteriormente, se hizo otro estudio para determinar el tamaño óptimo de parcela y el número de repeticiones en cada uno de los cuatro sistemas de siembra fríjol trepador en monocultivo, fríjol trepador en asociación con maíz, maíz en monocultivo, y maíz asociado con fríjol trepador. La metodología empleada fue la que propuso Hatheway[1].

Los datos en el Cuadro 4 permiten al investigador decidir, para cada sistema, la combinación óptima de repeticiones y las áreas útiles que se pueden utilizar para las parcelas, según la significancia de la diferencia que desea detectar, como porcentaje de la media (d). Por ejemplo, en fríjol monocultivo, para un valor de d=24 por ciento, existen las siguientes alternativas: (r=2, X=14.14), (r=3, X=8.09), (r=4, X=5.44), (r=5, X=4.00) y (r=6, X=3.11). Con base en estas alternativas, el investigador puede escoger una combinación, según el área total disponible. Generalmente, para el mismo nivel de precisión (representado por d), el tamaño de la parcela para fríjol trepador en monocultivo es menos que el requerido para fríjol trepador en asociación; de igual manera, el tamaño de la parcela requerido en ensayos de maíz en monocultivo es más pequeño que el requerido para evaluar maíz en asociación.

Para las asociaciones de fríjol trepador/maíz, en las cuales el interés principal es el comportamiento de fríjol, se recomienda utilizar el tamaño de parcela y el número de repeticiones según los resultados calculados para el fríjol en asociación; igual cosa se debe hacer en el caso del maíz. Si el interés es el comportamiento de ambos cultivos se debe escoger el tamaño máximo de parcela y el número máximo de repeticiones entre los valores recomendados para el fríjol en asociación y el maíz en asociación.

Programa de Yuca

Ensayos Uniformes de Rendimiento. Durante 1978, se procesaron los datos de los Ensayos Uniformes de Rendimiento para la Sección de Agronomía, a fin de estudiar la heterogeneidad de las parcelas utilizadas y determinar el tamaño, la forma y el número de repeticiones más apropiados para los ensayos de rendimiento. El Cuadro 5 presenta las características principales para los cuatro ensayos.

Cada ensayo tuvo cuatro repeticiones para permitir investigar los efectos de los bordes y de los espacios no sembrados. Cada repetición incluyó 16 hileras de 16 plantas cada una, equivalente a 256 plantas o parcelas unitarias. Se registraron diversas variables para cada planta, incluyendo: peso total de las raíces, peso de las raíces comerciales y peso de las partes aéreas.

A fin de describir el procedimiento de análisis utilizado, sólo se discutirán aquí los detalles para la variable "peso total de raíces" para el primer ensayo. En la Figura 2 se presenta el diseño de este ensayo.

Efectos de los Bordes en Yuca. En primer lugar, se hizo un análisis gráfico en la parcela, diseñando mapas de fertilidad. La Figura 3 muestra el mapa de fertilidad para el peso total de raíces en la primera

Cuadro 4.

Area útil de las parcelas para varias combinaciones de número de repeticiones (r) y diferencias (d) por detectar, como porcentaje de la media, para fríjol trepador en monocultivo, maíz en monocultivo y fríjol trepador/maíz en asociación.

		Areas útiles de parcela (m²)					
r	d=	15%	18%	21%	24%	27%	30%
		51.60[1]	31.22	20.42	14.14	10.22	7.64
2		48.80[2]	32.09	22.52	16.57	12.54	9.92
		56.45[3]	38.91	28.41	21.63	17.01	13.72
		121.84[4]	81.97	58.63	43.86	33.95	27.00
		29.52	17.86	11.68	8.09	5.85	4.37
3		30.62	20.14	14.13	10.39	7.93	6.22
		37.33	25.72	18.78	14.30	11.25	9.07
		78.42	52.76	37.74	28.23	21.85	17.38
		19.86	12.02	7.86	5.44	3.93	2.94
4		22.00	14.47	10.15	7.47	5.70	4.47
		27.83	19.18	14.01	10.66	8.39	6.76
		57.36	38.59	27.60	20.65	15.98	12.71
		14.60	8.84	5.78	4.00	2.89	2.16
5		17.02	11.19	7.85	5.78	4.41	3.46
		22.16	15.28	11.15	8.49	6.68	5.39
		45.01	30.28	21.66	16.20	12.54	9.98
		11.36	6.88	4.50	3.11	2.25	1.68
6		13.80	9.08	6.37	4.69	3.57	2.81
		18.40	12.68	9.26	7.05	5.54	4.47
		36.92	24.84	17.76	13.29	10.29	8.18

1 Fríjol en monocultivo.
2 Fríjol en asociación.
3 Maíz en monocultivo.
4 Maíz en asociación.

repetición. Como se puede observar, en la Hilera 16 y en las Columnas 1 y 16 predominan las dos siembras con mayor respuesta, lo cual sugiere que existen efectos de bordes. Por otra parte, los efectos de los bordes no son pronunciados en la Hilera 1. Estos resultados claramente muestran los efectos de los espacios no sembrados. En la Figura 3, se puede observar que las áreas en donde es evidente el efecto de los bordes, corresponden a los lados del perimetro contiguo con espacios no sembrados de más de 1 m de ancho; sin embargo, la Hilera 1, la cual no presenta efectos de bordes, se encuentra adyacente a un corredor no sembrado de sólo 1 m de ancho. También, se puede observar la presencia de parches de fertilidad variable, lo cual sugiere el carácter heterogéneo del suelo en la parcela.

Cuadro 5.

Características principales de las localidades e información sobre la siembra y la cosecha de cuatro ensayos diseñados para estudiar métodos experimentales para evaluar rendimientos de yuca.

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4
Localidad	CIAT-Palmira	CIAT-Palmira	Carimagua	Carimagua
Variedad sembrada	M Mex 11	M Mex 59	M Mex 59	M Col 22
Fecha de siembra	Ene. 4, 1977	Dic. 14, 1976	Mayo 13, 1977	Mayo 13, 1977
Fecha de cosecha	Nov. 16, 1977	Nov. 16, 1977	Abril 16, 1978	Abril 16, 1978
Edad a la cosecha	316 días	337 días	338 días	338 días
Parcela unitaria	1 x 1 m	1 x 1 m	0.8 x 0.8 m	0.8 x 0.8 m

Con el fin de confirmar las conclusiones que se pueden obtener del mapa de fertilidad, se hizo un análisis de las medias de los anillos. Un anillo se definió como las

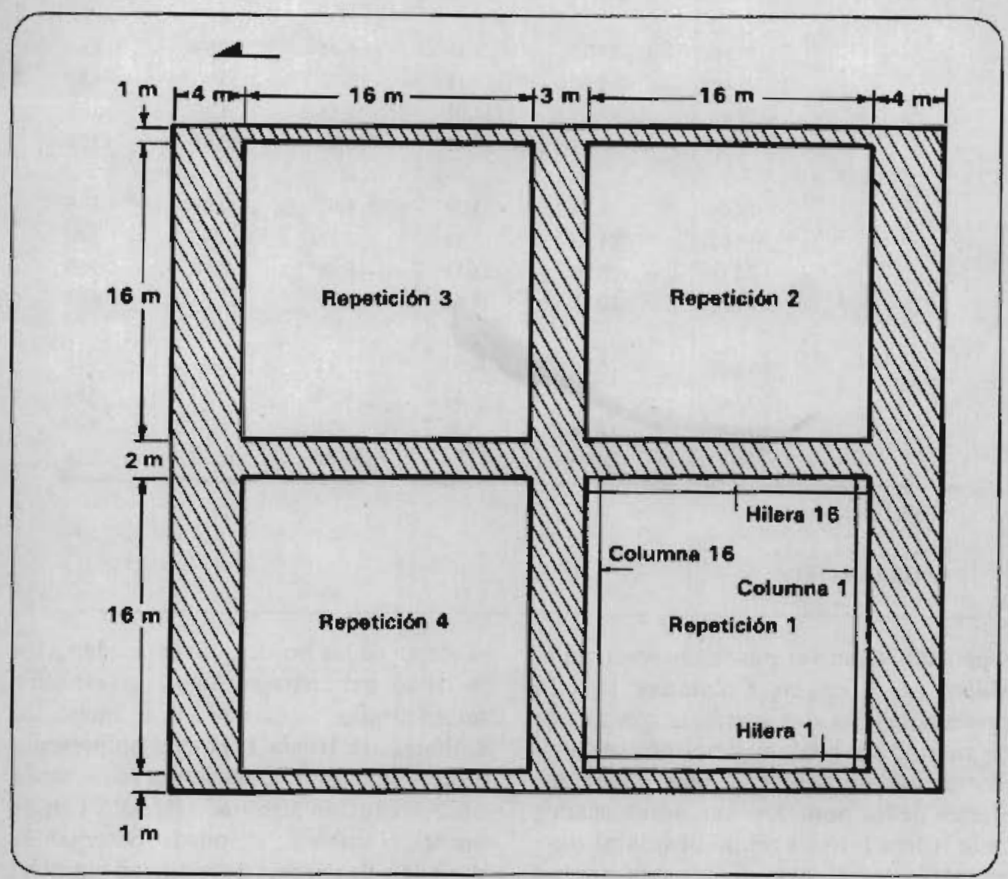


Figura 2. Ordenamiento espacial del campo experimental para estudiar los efectos de los bordes y de los espacios no sembrados en yuca (Ensayo1).

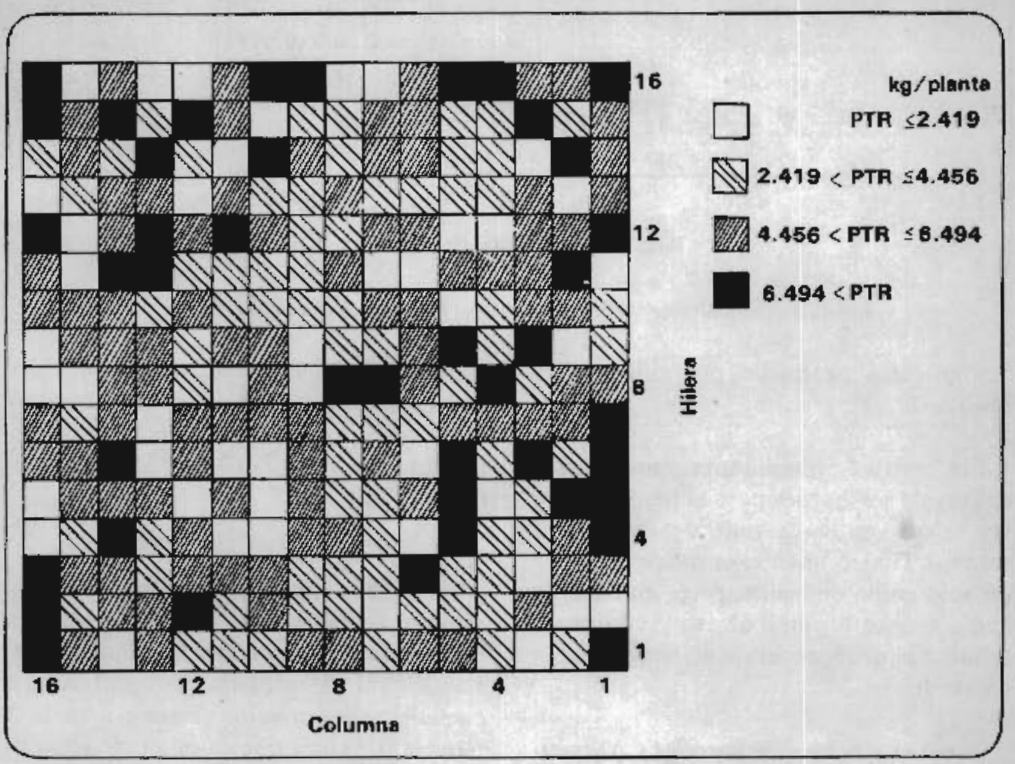


Figura 3. Mapa de fertilidad para la variable Peso Total de Raíces (PTR), para la Repetición 1, Ensayo Uniforme de Yuca 1, el cual se diseñó para estudiar los efectos de los bordes y los espacios no sembrados en yuca (véase la Figura 2).

plantas contiguas a la misma distancia mínima del borde de la repetición; por ejemplo, el Anillo 1, corresponde al anillo exterior de la repetición; el Anillo 2, corresponde a las plantas en las Hileras y Columnas 2 y 15, etc.

El Cuadro 6 corresponde a los datos del análisis de varianza del peso total de raíces en el primer ensayo. La prueba de rango múltiple de Duncan y la prueba de diferencias mínimas significativas muestran que los siete anillos interiores son homogéneos y diferentes al anillo exterior. En consecuencia, para el análisis del tamaño y forma óptima de la parcela, se puede eliminar el anillo exterior de cada repetición, dejando 196 (14 x 14) plantas disponibles para cada repetición. La Figura 4 es una ilustración gráfica de los

Cuadro 6.

Análisis de varianza para el Peso Total de Raíces en el Ensayo Uniforme de Yuca 1.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Anillos	7	7.086	1.012	2.93*
Error	24	8.294	0.346	
Total corregido	31	15.380		

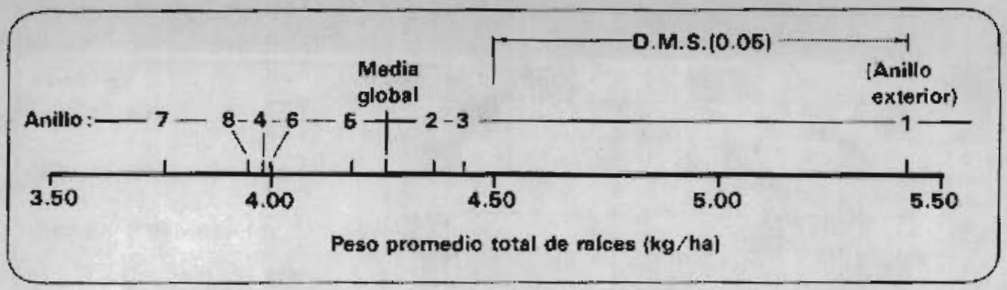


Figura 4. Rendimientos medios por anillo en el Ensayo Uniforme de Yuca 1.

rendimientos promedio por anillo en el Ensayo 1.

El Cuadro 7 presenta un resumen de los efectos de los bordes para el peso total de las raíces, en cada uno de los cuatro ensayos. Generalmente, es suficiente dejar un solo anillo de borde, pero, en ensayos que tengan por objeto confirmar resultados, se recomienda dejar dos hileras de bordes.

Tamaño y Forma de Parcelas y Número de Repeticiones. Las plantas adyacentes se agruparon en 49 formas, cada una de las cuales simula una división de la repetición. Las 49 formas corresponden a las combinaciones posibles de longitud y anchura: (1, 1), (1, 2) . . . (1, 7); (2, 1), (2, 2) . . . (2, 7); (7, 1), (7, 2) . . . (7, 7).

Para cada división simulada se determinó el coeficiente de variación entre las parcelas correspondientes a dicha división. La Figura 5 presenta la gráfica del coeficiente de variación *versus* el área de la parcela. Es claro que en esta repetición es poco ventajoso utilizar parcelas mayores de 16 m² como área por cosechar.

Cuadro 7.

Resumen de los efectos de los bordes en el Peso Total de Raíces en cuatro ensayos uniformes de yuca.

Ensayo	Resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan[1]	Conclusiones
1	7 8 4 6 5 2 3 | 1	Efecto significativo del borde en el anillo exterior
2	6 5 7 3 4 8 2 | 1	Efecto significativo del borde en el anillo exterior y un menor efecto en el 2ndo anillo
3	8 7 5 6 3 4 2 | 1	Efecto significativo del borde en el anillo exterior y mucho menos efecto en el 2ndo anillo
4	7 4 6 5 3 2 8 1	Efecto de borde no significativo

1 Los números identifican a los anillos evaluados; los números de anillos por una línea no son significativamente diferentes.

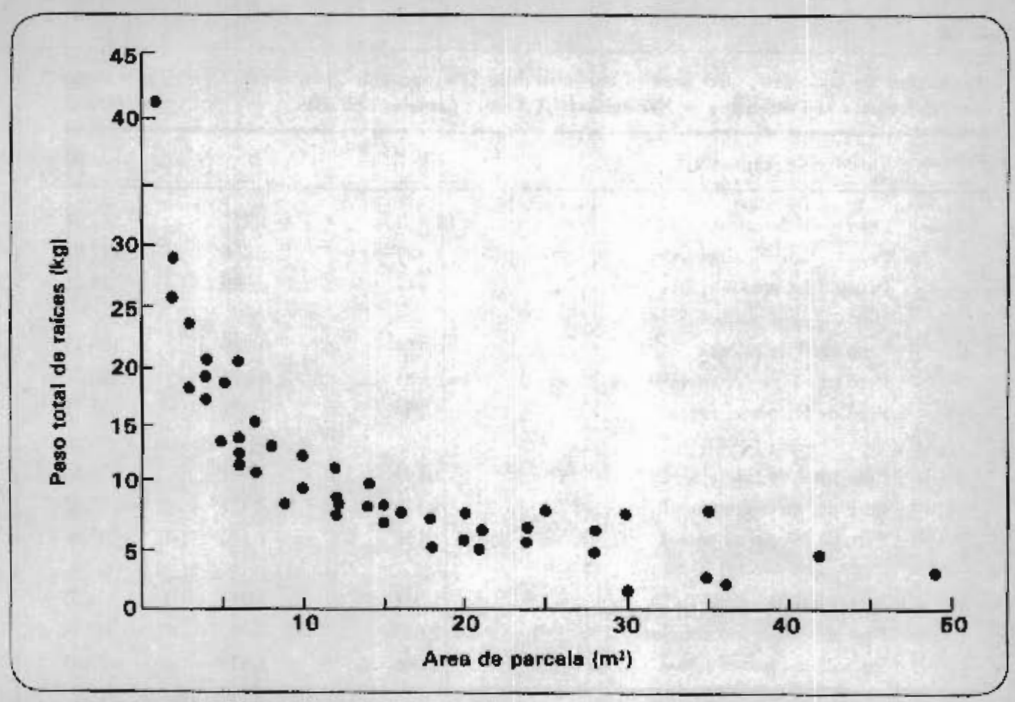


Figura 5. Coeficiente de variación del Peso Total de Raíces *versus* Area de Parcela, para la Repetición 1, en el Ensayo Uniforme de Yuca 1, el cual se diseñó para estudiar los efectos de los bordes y los espacios no sembrados en yuca (véase las Figuras 2 y 3).

Con el fin de analizar el efecto de la forma de la parcela, se seleccionaron las divisiones (1, 6), (2, 3), (3, 2) y (6, 1), todas con una área de 6 m²; los respectivos coeficientes de variación son 20.36, 14.08, 12.24 y 12.88 por ciento, respectivamente. En consecuencia, si es necesario restringirse a utilizar parcelas de 6 m², sería deseable utilizar la división (3, 2) con el menor coeficiente de variación. Sin embargo, considerando las otras repeticiones en las cuales el efecto de la forma es menos marcado, dado que no existen gradientes definidos, entonces el efecto de la forma de la parcela es de poca importancia. En estos casos, se deben utilizar parcelas cuadradas a menos que otras formas ofrezcan más ventajas para manejar el experimento.

Para definir el coeficiente de heterogeneidad del suelo se utilizó el método propuesto por Federer[1] y la ecuación de regresión de Smith[2]. El Cuadro 8 presenta los promedios por repeticiones de b, b' y los coeficientes de variación de las parcelas unitarias, obtenidos para cada variable de respuesta, en cada uno de los cuatro ensayos uniformes. Los valores de b y b' mayores que 1 indican que hay competencia interespecífica, la cual se espera que ocurra cuando las plantas de yuca se encuentran espaciadas a 1 m o menos. Utilizando b' y el método esbozado por Hatheway[3] se obtuvieron los datos en el Caudro 9, el cual presenta un resumen de los resultados obtenidos en el primer ensayo, para el peso total de las raíces. Cuando d y r son fijos, las áreas requeridas permanecen casi constantes para $t > 10$. Con base en esta conclusión, se diseñaron las curvas que aparecen en la Figura 6, con el fin de relacionar t, d y r. Estas curvas son aproximaciones conservadoras del tamaño

Cuadro 8.

Promedios de las repeticiones para el coeficiente de heterogeneidad (b), según Smith[1], (b'), según Federer[2] y para el Coeficiente de Variación (C.V.) entre parcelas unitarias.

Ensayo	Variable de respuesta	b	b'	C.V. (%)
1	Peso total de raíces	1.463	1.257	42.34
	Peso de raíces comerciales	1.427	1.236	47.07
	Peso de las partes aéreas	0.947	0.990	34.25
2	Peso total de raíces	0.754	0.889	108.13
	Peso de raíces comerciales	0.685	0.871	120.15
	Peso de las partes aéreas	1.354	1.221	72.77
3	Peso total de raíces	1.169	1.141	72.80
	Peso de raíces comerciales	1.170	1.139	85.83
	Peso de las partes aéreas	1.166	1.170	47.01
4	Peso total de raíces	1.061	1.071	54.73
	Peso de raíces comerciales	1.023	1.052	80.19
	Peso de las partes aéreas	1.086	1.010	37.85

1 Smith, H.F. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. J. Agric. Sci. 28(1): 1-23.

2 Federer, W.T. 1963. *Experimental design*. MacMillan Book Co. New York.

de parcela, cuando (t - 1) x (r - 1) es mayor que 14.

En el segundo ensayo (Figura 6 B), el coeficiente de variación requerido entre parcelas fue muy grande para ser práctico. La gran variabilidad observada en este ensayo se puede explicar con base en el hecho de que el tipo de planta utilizado (variedad M Mex 59) no se recomienda para el ecosistema de CIAT-Palmira. Esta variedad es de un tipo vigoroso, el cual ramifica profusamente bajo condiciones de mucha fertilidad y de buen manejo, lo cual resulta en un desarrollo vegetativo excesivo, en detrimento de la producción de raíces.

Modelo Estocástico para Estudios sobre el Gusano Cachón de la Yuca. En 1978, se construyó un modelo el cual trata de representar adecuadamente el comportamiento del gusano cachón de la yuca *(Erinnyis ello)*, plaga de considerable importancia económica para la producción de yuca, y dos de sus controles biológicos: el parásito de huevos *Trichogramma* spp. y el predator de larvas *Polistes* spp.

Este modelo incluye como variables el área foliar del cultivo de yuca en un momento determinado, la temperatura y los parámetros que representan ciertas características biológicas de los insectos, tales como los ciclos de vida, la fecundidad, las proporciones de sexos, la fertilidad, la relación predator/captura, la relación huésped/parásito, etc. Actualmente, se están adelantando trabajos para estimar experimentalmente estos parámetros, a fin de validar posteriormente el modelo. Se escogió el modelo estocástico debido a las características del problema, es-

Cuadro 9.

Tamaño de parcela requerido en función del número de tratamientos por comparar (t), del número de repeticiones por utilizar (r), y de la diferencia significativa real por detectar (d, expresada como un porcentaje de la media).[1] (Ensayo Uniforme de Yuca 1 para los datos del Peso Total de Raíces.)

		r						
d	t	2	3	4	5	6	7	8
	5	242.1	137.9	101.9	82.4	69.8	60.9	54.2
5%	10	185.7	122.3	94.3	77.8	66.7	58.7	52.5
	15	173.4	118.4	92.4	76.6	65.9	58.1	52.1
	20	168.0	116.6	91.4	76.0	65.5	57.8	51.8
	5	80.3	45.7	33.8	27.3	23.2	20.2	18.0
10%	10	61.6	40.6	31.3	25.8	22.1	19.5	17.4
	15	57.5	39.3	30.6	25.4	21.9	19.3	17.3
	20	55.8	38.7	30.3	25.2	21.7	19.2	17.2
	5	42.1	24.0	17.7	14.3	12.1	10.6	9.4
15%	10	32.3	21.3	16.4	13.5	11.6	10.2	9.1
	15	30.2	20.6	16.1	13.3	11.5	10.1	9.1
	20	29.2	20.3	15.9	13.2	11.4	10.1	9.0
	5	26.7	15.2	11.2	9.1	7.7	6.7	6.0
20%	10	20.4	13.5	10.4	8.6	7.3	6.5	5.8
	15	19.1	13.0	10.2	8.4	7.3	6.4	5.7
	20	18.5	12.8	10.1	8.4	7.2	6.4	5.7
	5	18.7	10.6	7.9	6.4	5.4	4.7	4.2
25%	10	14.3	9.4	7.3	6.0	5.2	4.5	4.1
	15	13.4	9.1	7.1	5.9	5.1	4.5	4.0
	20	13.0	9.0	7.1	5.9	5.1	4.5	4.0

1 b = 1.257, C_1 = 42.34%, = 5%, P = 80%.

pecialmente su gran variabilidad y complejidad.

Utilizando este modelo, se espera representar cuantitativamente el conocimiento biológico que se tiene en el momento, sobre este sistema natural. Tal representación, conjuntamente con algunas condiciones iniciales (población, área foliar de la yuca, etc.) y medidas de control (cantidad y momento de liberación del *Trichogramma*, etc.) le permitirá al modelo predecir las tendencias de las poblaciones de gusano cachón, *Trichogramma* y *Polistes*, como también, sus efectos en el área foliar de la yuca.

Otros Proyectos. Durante 1978, la Sección de Mejoramiento Varietal del Programa de Yuca reinició la tarea de completar y actualizar la información existente sobre el banco de germoplasma de yuca. Se está trabajando en el diseño y análisis de un sistema similar al utilizado

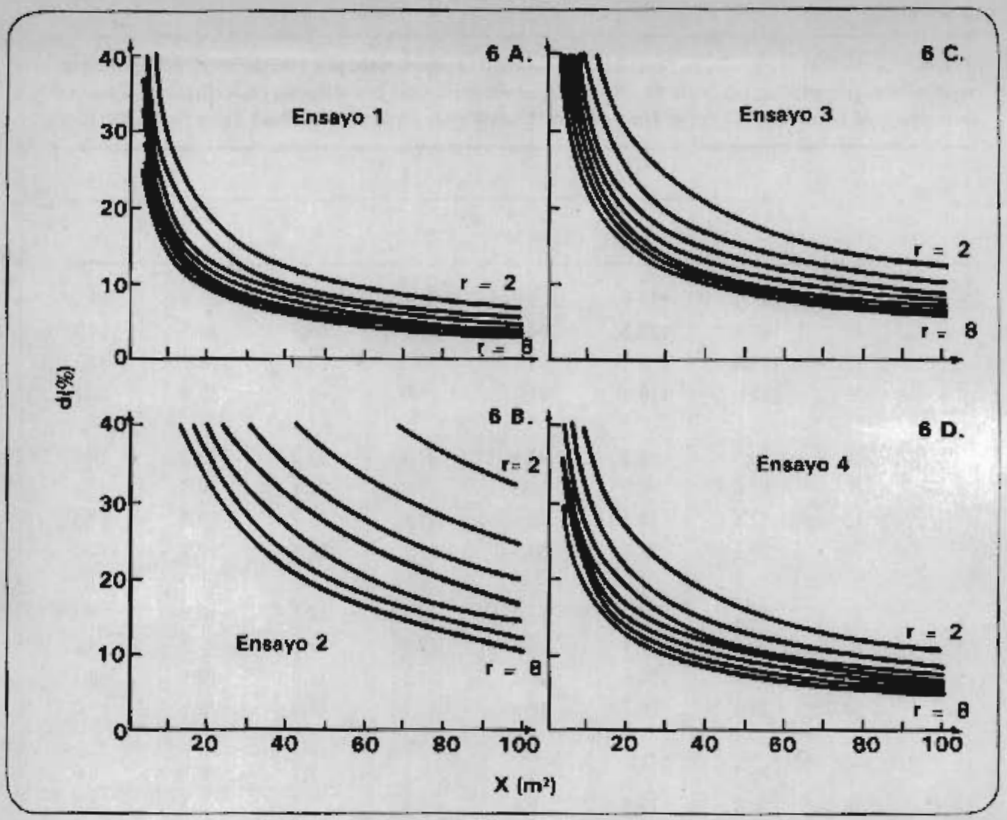


Figura 6. Realciones aproximadas entre el tamaño de parcela requerido (X), el número de repeticiones por utilizar (r) y la diferencia significativa real por detectar (d, como un porcentaje de la media), para cuatro ensayos uniformes de yuca.

en el Programa de Fríjol, el cual permitirá satisfacer las necesidades del Programa de Yuca.

También, en 1978, se procesó una serie de experimentos sobre evaluaciones de densidad de siembra, utilizando un diseño sistemático trapezoidal. También, se analizaron experimentos de asociación en yuca/fríjol arbustivo para evaluar la efectividad del control de las malezas bajo condiciones de monocultivo y de asociación. Los resultados sugieren que la asociación de yuca/fríjol arbustivo es una práctica cultural efectiva para controlar las malezas. En el texto correspondiente a la Sección de Prácticas Culturales del informe del Programa de Yuca se presentan resultados más detallados para ambos experimentos.

Programa de Arroz

Viveros Internacionales. En 1978, la Unidad de Servicios de Datos colaboró en la planeación y realización de análisis estadísticos de cinco viveros internacionales de arroz: El Vivero Internacional de Rendimiento de Arroz para América Latina (VIRAL-76), con 15 experimentos; el VIRAL para Variedades Tempranas (VIRAL-T), con 17 experimentos; el VIRAL para Variedades Precoces (VIRAL-P), con 18 experimentos; el VIRAL para Variedades de Secano (VIRAL-S), con 14 experimentos; y el Vivero Internacional del Añublo de la

Vaina para América Latina (VIAVAL-77), con 9 experimentos.

Para cada vivero se hizo un análisis por localidad y un análisis combinado para todas las localidades; también, se midió la adaptabilidad de las variedades utilizando la metodología propuesta por Eberhart y Russell[1]. Se utilizó un programa de dominancia estocástica para analizar los datos combinados. Además, se escribió un programa FORTRAN el cual produce cuadros con las estadísticas más importantes para cada localidad. En el texto correspondiente al Programa de Arroz se presenta información más detallada.

ADIESTRAMIENTO

Durante 1978, la Unidad participó en los siguientes cursos de producción: dos cursos intensivos de yuca, dos cursos de fríjol, dos cursos de arroz, un curso de pastos y forrajes y un curso de porcinos. En estos cursos se ofrecieron conferencias cubriendo los siguientes temas: Introducción General a la Estadística y Diseño Experimental; Diseños más Utilizados en las Respectivas Disciplinas y Programas; y ejemplos ilustrativos.

En octubre de 1978, la Unidad realizó un curso corto sobre el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) para personal científico y becarios del CIAT. En este curso se presentaron los conceptos generales del lenguaje SAS y los procedimientos más utilizados; los conceptos y procedimientos se ilustraron por medio de ejemplos prácticos.

Durante el año, también se prestó asistencia al personal de biometría del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en el manejo de información, técnicas de análisis multivariado y análisis de diseños no balanceados, utilizando el SAS.

Operaciones de las Estaciones Experimentales

La Unidad de Operaciones de las Estaciones Experimentales tiene la responsabilidad de proveer maquinaria y servicios de riego, prestando así apoyo a los programas de investigación y otras actividades relacionadas con producción de cultivos, en las estaciones experimentales de CIAT-Palmira y CIAT-Quilichao. Además la Unidad construye y mantiene las vías, cercas y estructuras de riego y drenaje. En las siguientes secciones se discuten aspectos de los servicios que fueron suministrados en 1978.

CIAT-Palmira

Utilización de Maquinaria Agrícola

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los servicios de maquinaria agrícola que fueron proporcionados a los programas. La maquinaria se utilizó durante 6986 horas adicionales para actividades de cultivo y mantenimiento de terrenos no asignados a la investigación (3310 horas), mantenimiento de parcelas y bordes de tierras asignadas a la investigación (1596 horas), mantenimiento de vías (911 horas), desarrollo y mejoramiento de nuevos lotes en la sección sur de la granja (621 horas) y conservación de canales y diques (548 horas). En resumen, del tiempo total empleado por la maquinaria, el 36 por ciento correspondió al mantenimiento y mejoramiento de la estación, el 33 por ciento, a la producción de cultivos (maíz, sorgo, fríjol, arroz y yuca) en tierras no asignadas a la investigación y el 31 por ciento al apoyo de los programas de investigación.

Servicios de Riego

Se proporcionaron servicios de riego a un total de 1101 ha sembradas con cultivos diferentes al arroz. Otras 22 ha fueron regadas por inundación, para el Programa de Arroz, por un total de 200 días. El desgloce de los servicios de riego que fueron suministrados a los programas, fue el siguiente: Fríjol, 494 ha; Operaciones de la Estación, 410 ha; Yuca, 110 ha; Ganado de Carne, 56 ha; Estudios Especiales, 13 ha; Maíz, 11 ha; y Mantenimiento, 7 ha.

Para adquirir un mejor conocimiento sobre las condiciones de humedad de los suelos de la estación se instalaron bloques de Bouyoucos, en varias parcelas, por toda la granja, lo cual permite hacer una programación más adecuada del riego.

Sistemas de Riego y Drenaje

Se construyó un total de 750 m de zanjas de drenaje y se limpiaron los sedimentos de

Cuadro 1.

Servicios de maquinaria suministrados en apoyo a las actividades de investigación y otras solicitudes atendidas durante 1978 en CIAT-Palmira.

Programa o Unidad	Utilización de maquinaria					
	No. de solicitudes		Area preparada (ha)		Tiempo (horas)	
Programa de Fríjol	172	(46.0)[1]	299.5	(59.6)	1505.9	(48.0)
Programa de Yuca	85	(22.7)	84.2	(16.8)	791.0	(25.2)
Programa de Ganado de Carne	48	(12.8)	36.6	(7.3)	202.7	(6.5)
Unidad de Arroz	25	(6.7)	50.4	(10.0)	505.8	(16.1)
Unidad de Estudios Especiales	20	(5.3)	15.4	(3.1)	30.8	(1.0)
Unidad de Porcinos	12	(3.2)	-	-	34.1	(1.1)
Unidad de Maíz CIMMYT/CIAT	8	(2.1)	16.2	(3.2)	65.3	(2.1)
Mantenimiento	4	(1.6)	-	-	-	-
Total	374	(100)	502.3	(100)	3135.6	(100)

1 Los valores entre paréntesis son porcentajes.

30 km de zanjas, incluyendo las alcantarillas bajo las carreteras. Se construyó un total de 360 m de canales revestidos de riego y se aumentó el tirante de 1200 m de canales revestidos.

Otras Mejoras Efectuadas

Se inició un programa para renivelar varios lotes de investigación en la estación, con el fin de lograr una mayor eficiencia en el riego por gravedad. También la Unidad instaló postes de acero en cada uno de los lotes de investigación con una placa que designa el número del lote y las coordenadas del punto.

Producción de Semilla

En colaboración con el Programa de Arroz se produjeron 23,350 ton de arroz CICA 8, para tener disponibilidad de semilla básica de esta nueva variedad. En acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), se multiplicó semilla básica de IR 22 (37,850 ton), CICA 7 (17,500 ton) y CICA 8 (42,650 ton).

Adiestramiento

Durante 1978, la Unidad adiestró, en el manejo de estaciones de investigación, cinco profesionales, uno de cada uno de los siguientes países: Bolivia, Brasil, Colombia, República Dominicana y Honduras.

CIAT-Quilichao

El Cuadro 2 presenta un resumen de la mano de obra empleada en la subestación CIAT-Quilichao, durante 1978. Además del tiempo considerable que se dedicó al mantenimiento de la estación, se completaron otras mejoras durante el año, en esta localidad de investigación.

Se perforó un pozo profundo (170 m) para ampliar la capacidad de riego de la estación. El flujo de este pozo es de 94 litros por segundo. Se instaló una bomba con un motor de 115 HP y se construyó un estanque de almacenamiento para recibir y distribuir el agua. También, se construyó

Cuadro 2.

Utilización de mano de obra en apoyo a la investigación y a otras operaciones durante 1978, en CIAT-Quilichao.

Programa o Unidad	Tipo de trabajo					
	Tractor (horas)		Riego (horas)		Horas-hombre	
Programa de Ganado de Carne	235	(43.0)[1]	1580	(67.0)	987	32.5)
Programa de Frijol	13	(2.4)	243	(10.3)	90	(3.0)
Programa de Yuca	42	(7.6)	274	(11.6)	208	(7.0)
Proyecto Fósforo	-	-	243	(10.3)	64	(2.0)
Unidad de Estudios Especiales	-	-	10	(0.4)	1	-
Unidad de Maíz CIMMYT/CIAT	3	-	7	(0.2)	26	(1.0)
Mantenimiento de la Estación	256	(46.5)	-	-	1663	(55.0)
Total	549	(100)	2357	(100)	3039	(100)

1 Los valores entre paréntesis son porcentajes.

un sistema de conducción para distribuir el agua del riego y el agua para abrevar el ganado.

Se hicieron reparaciones y modificaciones en dos edificaciones existentes en la estación, las cuales se utilizan como oficinas de operación, y como bodega de almacenamiento, respectivamente. Otras instalaciones construidas incluyen: un cobertizo para maquinaria, corrales para manejo de ganado, una unidad de metabolismo para el Programa de Ganado de Carne, un cobertizo para proteger el secador de forraje y facilidades sanitarias para los empleados.

Carimagua

La responsabilidad de proporcionar servicios de operaciones de la estación, en Carimagua, está asignada a la oficina del Administrador Ejecutivo del CIAT. Dada la estructura que tiene la organización de Carimagua, el Superintendente de Operaciones de la Estación administra los recursos humanos, físicos y financieros de la estación, dando apoyo logístico a los trabajos de investigación realizados por los científicos del CIAT y del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Recursos Humanos

En 1978, el personal de apoyo aumentó en un 37 por ciento para alcanzar un total de 130 empleados, los cuales proporcionan 17,651 horas-hombre de trabajo. Sin embargo, se requirieron 14,000 horas-hombre adicionales, entre enero y octubre.

Mejoramiento de la Planta Física de la Estación

Se dedicó mucho tiempo y esfuerzo en la reparación y mantenimiento de las vías de la estación. Se excavó y transportó un total de 3570 cargas de grava para la construcción y reparación de vías. Esta cantidad fue equivalente a más de 13,000 m² de material colocado en 43 km de vías, además de la construcción de otros 16 km. También, se instalaron 24 drenajes nuevos.

Se construyó un total de 38.1 km de cercas nuevas y se repararon otros 51.5 km.

En las parcelas para pastoreo bovino se construyeron siete nuevos tanques de agua y se repararon tres. En el área de utilización de pastos de la granja, se construyó un amplio estanque artificial y se instalaron 2575 m de tuberías de polietileno, para distribuir agua a los potreros para uso de los animales. Se excavaron o modificaron diez abrevaderos naturales, en un esfuerzo para prevenir las pérdidas de animales por enterramiento en estas áreas que, con frecuencia, son fangosas.

Se construyeron dos nuevos corrales y se instalaron varios saladeros y canoas para suministro de concentrados.

Maquinaria

Se adicionaron al Parque de Maquinaria Agrícola cuatro nuevos tractores, durante el año, lo cual aumentó la capacidad motriz a un total de 607 HP. Durante 1978, la utilización de maquinaria totalizó 1,475 horas/maquinaria/año, incluyendo los 3 meses de la estación seca, en la cual la demanda de trabajo de campo es menor y también los días perdidos por lluvia en un período de aproximadamente 6 meses. Los tractores trabajaron un total de 10,325 horas.

Otros Servicios

Además el Superintendente de la Estación participa en el desarrollo de los programas de salud (medicina preventiva y curativa), no solamente para el personal de Carimagua sino también para la población de las regiones aledañas. Al llevar a cabo una campaña de odontología se proporcionó asistencia a muchas personas. También, se adelantaron trabajos para mejorar la pureza del agua en la estación corrigiendo algunas fallas en los sistemas de tratamiento.

Se estableció una plantación hortícola para contribuir a que los empleados de la estación se autoabastezcan de hortalizas.

En cooperación con el personal de la Biblioteca de CIAT-Palmira, se amplió la biblioteca de Carimagua y se aumentó el número de préstamos de publicaciones, tanto de materiales técnicos como de revistas recreativas.

Se organizó una pequeña escuela para los niños que viven en la estación. Se ha planeado ofrecer servicios de alfabetización para adultos, durante el próximo año.

Climatología

El servicio meteorológico del CIAT completó su primer año de operaciones, con la financiación de la Unidad de Estudios Especiales; el mantenimiento de los aparatos de medición climatológica estuvo a cargo de la Unidad de Operaciones de la Estación. En 1978, las principales actividades fueron: 1) establecer una estación meteorológica completa en CIAT-Palmira; 2) transferir la estación meteorológica de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC), desde las cercanías de la Hacienda San Julián hasta la subestación de CIAT-Quilichao; 3) establecer acuerdos con la CVC y con el Instituto de Hidrología, Metereología y Adecuación de Tierras (HIMAT), por medio de los cuales el personal del CIAT adquiría la responsabilidad de mantener los instrumentos climatológicos y de analizar los datos de las estaciones ubicadas en CIAT-Quilichao y Carimagua, respectivamente; 4) crear un banco de datos meteorológicos con registros diarios completos, a largo plazo, obtenidos en ICA-Palmira, CIAT-Quilichao y Carimagua; y 5) modificar y probar un modelo estándar de simulación por computador, para estimar los niveles de transpiración y de equilibrio suelo-agua de los cultivos.

Observaciones Generales

Para obtener datos detallados, a largo plazo, sobre precipitación, temperatura, evaporación potencial, humedad relativa y horas de luz solar para las principales estaciones para la investigación del CIAT, se puede consultar el Informe Anual del CIAT de 1977. A continuación, se presentan las observaciones meteorológicas generales para el período comprendido entre noviembre de 1977 y octubre de 1978.

CIAT-Palmira

Las temperaturas medias mensuales fueron cercanas a las normales; sin embargo, la variación media diaria fue 1.2°C menos que la normal, lo cual refleja una reducción en la temperatura media máxima y un aumento en la temperatura media mínima.

Con excepción de los meses de abril y mayo de 1978, el período comprendido entre noviembre de 1977 y octubre de 1978 fue relativamente seco. Esto se debió principalmente a una precipitación por debajo de lo normal, puesto que la evaporación potencial fue cercana a la normal (Figura 1).

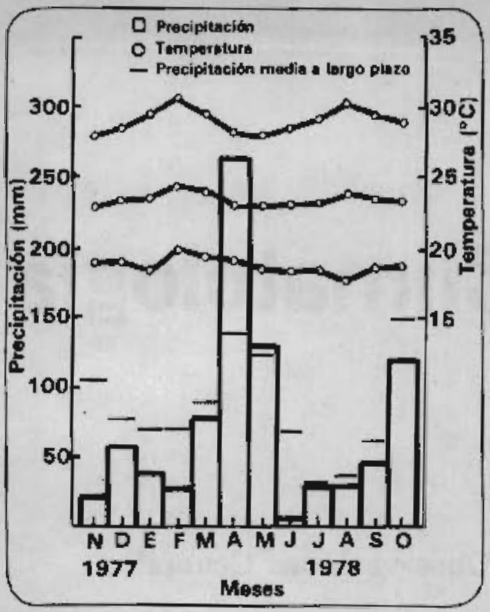


Figura 1. Precipitaciones mensuales y medias a largo plazo y temperaturas mensuales máximas, mínimas y medias en CIAT-Palmira. (Los datos a largo plazo provienen del ICA-Palmira; los datos de 1977-78 provienen de CIAT-Palmira.)

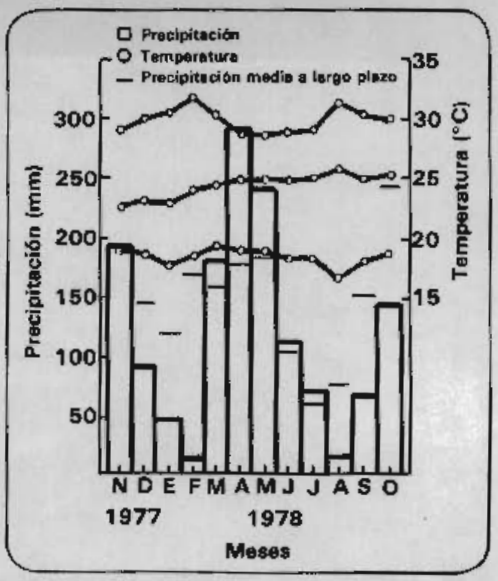


Figura 2. Precipitaciones mensuales y medias a largo plazo y temperaturas mensuales máximas, mínimas y medias en CIAT-Quilichao. (Los datos a largo plazo y los de noviembre de 1977-marzo de 1978 provienen de la Hacienda San Julián; los datos de abril-octubre de 1978 provienen de CIAT-Quilichao.)

CIAT-Quilichao

Aunque la temperatura media anual entre noviembre de 1977 y octubre de 1978 fue normal, las temperaturas medias mensuales fueron inferiores a la normal, entre noviembre de 1977 y abril de 1978, y ligeramente superior a la normal, entre mayo y octubre de 1978. Las temperaturas medias máximas fueron ligeramente superiores que la normal, durante los meses cálidos, y ligeramente inferiores que la normal, durante los meses frescos, excepto para noviembre de 1977 y julio de 1978. Se observó que las temperaturas medias mínimas fueron muy similares a los valores de las medias a largo plazo (Figura 2).

En términos de la diferencia entre la evaporación potencial y la precipitación, el período entre noviembre de 1977 y octubre de 1978 fue el período de noviembre a octubre más seco, en los últimos 5 años. Esto se debió a una baja precipitación y a la alta evaporación potencial. Los dos períodos en los cuales ocurrieron los déficits fueron: diciembre de 1977 a marzo de 1978 (-264 mm) y de junio a octubre de 1978 (-370 mm).

Carimagua

Las temperaturas mensuales máximas, mínimas y medias fueron similares a los promedios a largo plazo (Figura 3).

Con la excepción de los meses de marzo, abril y mayo de 1978, la precipitación mensual fue ligeramente inferior a la normal.

Popayán

La precipitación fue inferior a la normal, excepto para los meses de abril, setiembre y

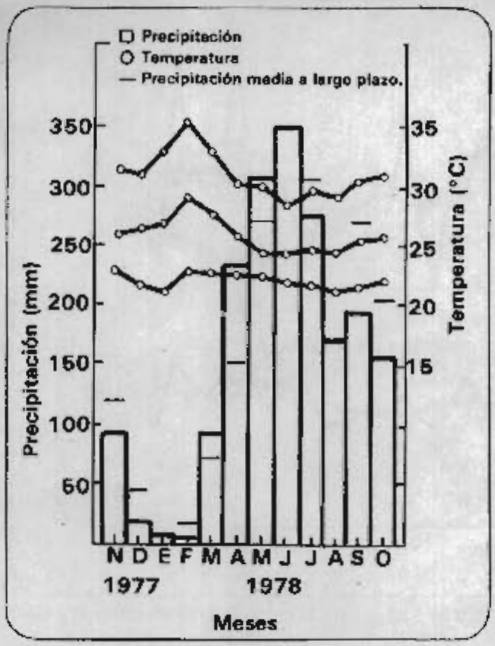


Figura 3. Precipitaciones mensuales y medias a largo plazo y temperaturas mensuales máximas, mínimas y medias en Carimagua.

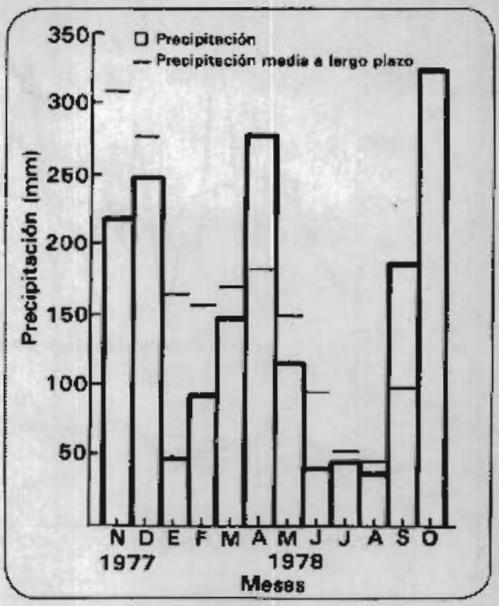


Figura 4. Precipitaciones mensuales para el período noviembre 1977-octubre 1978 y medias a largo plazo en Popayán.

octubre de 1978. Esto fue especialmente evidente en enero de 1978, cuando la precipitación fue menos del 30 por ciento de la normal y correspondió al mes de enero más seco en 25 años (Figura 4).

Precipitación

La Figura 5 muestra la tendencia a largo plazo de la precipitación en Palmira. Entre 1930 y 1977, tanto la precipitación como la frecuencia de la precipitación, ha tendido a aumentar. Al calcular los promedios corridos por períodos de 5 años, se observa un ciclo aproximado de precipitación de 11 años. Aunque se requerirían datos de muchos más años para confirmar la existencia de dicho ciclo, es probable que los próximos 3 ó 4 años presenten una precipitación por debajo del promedio. Durante los últimos 47 años, los 12 meses consecutivos con la mayor precipitación fueron setiembre de 1937 hasta agosto de 1938 (1645 mm). Los 12 meses consecutivos más secos (574 mm) ocurrieron entre mayo de 1958 y abril de 1959.

El Cuadro 1 presenta la precipitación mensual en CIAT-Quilichao, CIAT-Palmira, Popayán y Carimagua como porcentaje de las medias a largo plazo y los totales de 1977-1978. La precipitación, desde noviembre de 1977 hasta octubre de 1978, fue aproximadamente un 20 por ciento menor que el promedio en CIAT-Quilichao y CIAT-Palmira y en Carimagua y Popayán, aproximadamente un 10 por ciento inferior a la normal.

Durante los últimos 2 años se ha discutido ampliamente acerca de la existencia de una estación seca muy significativa, en CIAT-Quilichao. Los datos a largo plazo de Santander de Quilichao (25 años) y de la Hacienda San Julián (11 años) indican que la estación seca, de enero-febrero, normalmente observada en CIAT-Palmira, no ocurre en

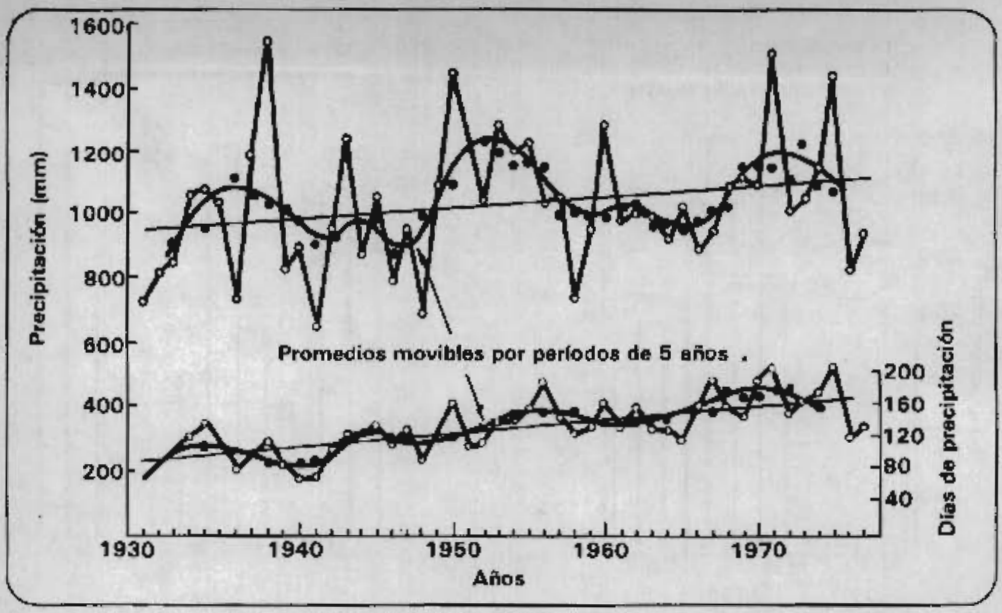


Figura 5. Promedios reales y promedios móviles por períodos de 5 años para la precipitación anual total y días de precipitación, entre 1930 y 1977 en CIAT-Palmira.

Cuadro 1.

Precipitación mensual en 1977-78 como porcentaje de los promedios a largo plazo en cuatro estaciones de investigación del CIAT.

	Estación							
	CIAT-Quilichao		Palmira		Carimagua		Popayan	
Mes	largo plazo	Nov 1977 Oct 1978	largo plazo	Nov 1977-Oct 1978	largo plazo	Nov 1977-Oct 1978	largo plazo	Nov 1977-Oct 1978
Nov. 1977	12.49	10.70	10.25	2.15	5.70	4.42	15.67	11.10
Dic.	8.04	5.05	7.62	5.76	2.07	.85	13.96	12.55
Ene. 1978	6.60	2.72	6.93	3.81	.24	.28	8.39	2.28
Feb.	9.37	.83	6.93	2.64	.80	.24	7.96	4.74
Mar.	8.82	9.93	8.79	7.71	3.44	4.42	8.64	7.51
Abril	9.87	16.14	13.57	25.88	7.20	10.92	9.32	14.09
Mayo	10.15	13.36	12.11	12.70	12.81	14.50	7.65	5.94
Junio	5.16	6.21	6.74	.58	19.44	16.38	4.84	2.01
Julio	3.32	3.99	2.73	2.73	14.41	12.99	2.59	2.30
Ago.	4.27	.89	3.61	2.93	11.49	8.05	2.30	1.86
Set.	8.43	3.83	6.06	4.49	12.76	9.13	4.99	9.46
Oct.	13.48	7.93	14.66	11.72	9.64	7.39	13.69	16.46
Por ciento	100.00	81.58	100.00	83.10	100.00	89.57	100.000	90.30
Precipitación total (mm)	1803	1471	1024	851	1967	1777	2124	1903

Cuadro 2.

Precipitación media en 1975-1978 y promedios a largo plazo durante enero y febrero en las estaciones con distribución bimodal.

Localidad	Precipitación (mm)					
	Enero			Febrero		
	1975-1978	1977-1978	largo plazo	1975-1978	1977-1978	largo plazo
CIAT-Palmira	42	46	71	61	20	71
CIAT-Quilichao	69	64	119	142	57	169
Popayan	101	71	165	122	125	157

la región de Santander de Quilichao. Sin embargo, el análisis de los últimos 4 años (1975-1978) muestra que la precipitación media en enero y febrero ha sido inferior al promedio en Popayán, CIAT-Quilichao y CIAT-Palmira (Cuadro 2). Durante los últimos 2 años, la precipitación, durante enero y febrero en estas tres localidades, ha sido sin excepción, inferior al promedio. A pesar de que, en general, se presentó una menor precipitación durante 1977-1978, normalmente no hay razón para creer que la estación seca de enero-febrero sea más que un fenómeno ocasional, en el área de Santander de Quilichao.

Modelo de Balance Hídrico

En colaboración con la Sección de Agronomía de Gramineas, del Programa de Ganado de Carne, se obtuvo y adaptó — para las condiciones del trópico — un modelo de simulación por computador para estimar el perfil de contenido diario de humedad. La alta correlación observada entre los valores simulados y los reales, hace factible la programación de los riesgos y también, la simulación del contenido de agua en el suelo y de la transpiración, tomando como base de comparación los datos obtenidos en experimentos previamente realizados.

Cooperación Internacional

1978

Cooperación Internacional

Las relaciones internacionales y las funciones de transferencia de tecnología, comprendidas dentro del área de la Cooperación Internacional del CIAT, se desarrollaron en consonancia con los objetivos que guían la investigación en el Centro, es decir, aumentar la productividad física y económica del fríjol, ganado de carne, yuca, maíz, arroz y porcinos. Estas actividades han sido enfocadas hacia el establecimiento de lazos más estrechos con los programas nacionales y otras instituciones internacionales, a fin de asegurar el apoyo y la cooperación necesarias para facilitar el cumplimiento de la misión del CIAT.

Por intermedio de la coordinación de una serie de estrategias, todas bajo la administración del Director General Asociado para Cooperación Internacional, el Centro trabaja colaborativamente con los programas nacionales en sus propios países a fin de ayudarlos a resolver problemas tecnológicos que detienen la expansión de la producción de alimentos. Las unidades y los recursos de personal, dentro del sector de la Cooperación Internacional, son los siguientes: 1) Adiestramiento y Conferencias; 2) Unidad de Servicios de Documentación; 3) Unidad de Comunicaciones; 4) Unidad de Semillas; 5) Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/CIAT; y 6) especialistas de proyección externa dentro de los programas y especialistas de proyección externa con sede fuera del CIAT, que trabajan a nivel regional o por asignación bilateral.

La Cooperación Internacional en 1978

Las actividades de los cinco primeros grupos antes mencionados se presentan en informes separados, después de esta introducción. Además, los informes anuales de los diversos programas básicos del CIAT contienen discusiones de sus respectivas actividades de Cooperación Internacional. Otras actividades realizadas en esta área, durante 1978, incluyen los siguientes logros.

Especialistas de Proyección Externa

Con la financiación del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP), se ubicaron en 1978 dos miembros del personal principal del CIAT en Costa Rica (uno, en arroz y otro, en fríjol) y un científico, con sede en Brasil (en forrajes tropicales). Los dos miembros del personal con sede en Costa Rica están

asignados para servir al área de América Central y del Caribe, y el tercero, a Brasil.

Para finales del año, el siguiente personal del CIAT tuvo su sede fuera del Centro:

Brasil: 1 científico en entomología de yuca, y 3, en pastos tropicales y manejo animal.

Costa Rica: 1 en arroz y 1 en fríjol.

Guatemala: 2 en fríjol y 2 que están asignados al proyecto cooperativo Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA/CIAT).

Filipinas: 1 en yuca.

Venezuela: 1 en diagnóstico de las empresas ganaderas en las zonas bajas tropicales de ese país.

Acuerdos Establecidos

Durante 1978, el CIAT estableció acuerdos de cooperación con los siguientes países e instituciones. En Venezuela, se llegó a un acuerdo general con el gobierno nacional y se firmó otro acuerdo de apoyo colaborativo para actuar en Venezuela, con el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). En El Salvador, se establecieron acuerdos generales y específicos de colaboración, en tecnología de semilla (fríjol y maíz), con el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA).

En Colombia, se firmaron nuevos acuerdos especiales con el ICA para trabajar en la Estación Experimental de Caribia, en yuca; en la producción de semilla básica de arroz, en colaboración con el Programa de Arroz ICA/CIAT, y en el establecimiento de sistemas de pre- y poscuarentena para prevención de enfermedades y plagas con material genético producido por el CIAT para la exportación.

En Colombia el ICA y el CIAT desarrollaron proyectos especiales de proyección externa sobre modelos de validación de tecnología de yuca y de fríjol, en fincas de agricultores.

Relaciones con los Países

Los lazos colaborativos establecidos con muchos países de América Latina, continuaron siendo excelentes.

En todos los países de América Central, varios del Caribe y la mayor parte de América del Sur, el grupo de administración del CIAT y los científicos de investigación y proyección externa han hecho numerosas visitas y establecido contactos; además, han intercambiado información, encontrando oportunidades para realizar trabajos colaborativos e identificado becarios; en general, han desarrollado una serie de acciones que han conducido a un mejoramiento significativo en las actividades de proyección externa del CIAT.

Estudios Exploratorios

Como preparación para una intensificación de las futuras actividades de proyección externa, los contactos iniciales hechos en Kenia en 1978 por el Director General y el Director General Asociado para Cooperación Internacional, relacionados con el Programa de Proyección Externa de Fríjol para Africa Oriental, se complementarán en 1979 con otra misión de estudio que se llevará a cabo en varios países de Africa Oriental, con la participación de un representante del gobierno holandés y algunos científicos especialistas en fríjol. También, en 1979, se hará un estudio similar en los países de habla inglesa del Caribe, con un representante del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP).

Unidad de Adiestramiento y Conferencias

El CIAT ha llegado a una etapa de su evolución en la cual hay un número creciente de componentes tecnológicos disponibles para ser transferidos a las instituciones nacionales. Las selecciones del germoplasma y los nuevos híbridos obtenidos, así como también las tecnologías asociadas desarrolladas por los programas del Centro, están empezando la etapa de ensayos de validación, en muchas localidades de los países "clientes".

Las actividades de adiestramiento ayudan a cumplir tres objetivos importantes, los cuales se deben alcanzar a fin de que la transferencia de tecnología sea provechosa. El adiestramiento ayuda, en primera instancia, a lograr la transferencia interinstitucional de la tecnología. En segundo lugar, ayuda a ligar las actividades de adiestramiento y de extensión, en los países del área de acción del Centro. Finalmente, el adiestramiento fortalece las instituciones nacionales en sus actividades cooperativas e independientes, en lo que respecta a la adaptación y validación de la tecnología generada por el CIAT. En las tres dimensiones, el adiestramiento ofrece un producto— profesionales bien capacitados— como también un medio para lograr un objetivo—la transferencia de la tecnología desarrollada por el CIAT, componentes que son paralelos y que están íntimamente relacionados con la tecnología en sí.

Los programas y otras unidades del CIAT ayudaron a satisfacer la demanda creciente de profesionales adiestrados, seleccionando y aceptando 314 personas en los diversos tipos de programas de adiestramiento realizados durante 1978. Este total implicó un aumento significativo en comparación con los 195 becarios que estuvieron involucrados en las actividades de adiestramiento, durante 1977 (Figura 1). Los participantes del adiestramiento en 1978 provinieron de 22 países de América, 5 de países asiáticos y 2 de países europeos.

Filosofía del Adiestramiento

Adiestramiento para Fortalecer las Redes de Investigación

Los programas básicos del CIAT están dando un mayor énfasis a la consolidación de redes de validación de tecnología, tanto a nivel regional como a nivel nacional. En el caso de los forrajes tropicales (para las regiones de suelos ácidos e infértiles), fríjol y arroz en América Central, yuca en América Latina y Asia, y porcinos en América Latina, estas redes están bajo la coordinación de especialistas en proyección externa a nivel regional. Por in-

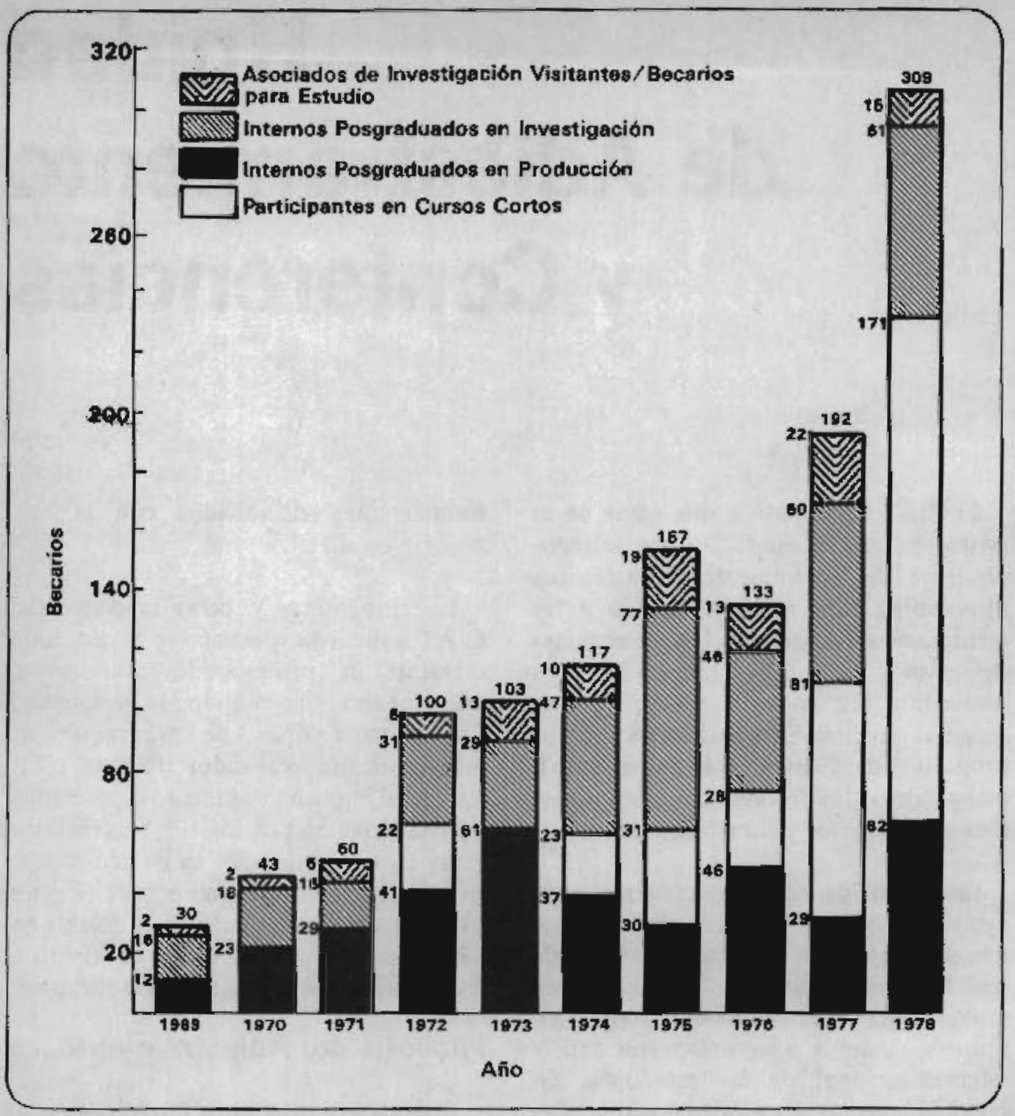


Figura 1. Número de participantes en las actividades de adiestramiento del CIAT, por categorías de adiestramiento, 1969-78.

termedio de estas redes, se integra el propósito del adiestramiento y la tarea del seguimiento, con la investigación cooperativa y los ensayos de validación. Las redes de investigación están ahora supervisadas muy de cerca, en cada programa, integrando un proceso de: transferencia de materiales tecnológicos; obtención y distribución de información; diseño de mensajes y retrocomunicación de información en relación con la aplicación de resultados.

La Necesidad de Alcanzar una Masa Crítica

Antes de aplicar con éxito acciones que se traduzcan en aumentos en la producción agropecuaria y de obtener resultados meritorios en las redes de

adaptación y validación de tecnología, se requiere contar, en cada país, con un número mínimo de profesionales debidamente adiestrados. Es preferible que estos profesionales estén organizados en equipos de trabajo. Por esta razón, los programas del CIAT están dando preferencia a la creación de "masas críticas" o grupos de acción, ofreciendo adiestramiento a varios técnicos en particular, mediante la realización de cursos intensivos con una duración de 4-5 semanas. Estos cursos cortos tienen un enfoque multidisciplinario, el cual cubre la gama total de la producción en relación con cada uno de los productos agropecuarios con los cuales trabaja el CIAT. Tales cursos están diseñados primordialmente para investigadores con mucha experiencia en sus respectivos campos profesionales.

Durante 1978, un total de 117 de los 314 profesionales que recibieron adiestramiento en el CIAT participó en cinco de estos cursos: 2 en yuca, 2 en fríjol y 1 en tecnología de semilla. El 22 por ciento del tiempo del adiestramiento, o sea, 188 meses-hombre, correspondió a esta categoría de adiestramiento.

Demanda de Adiestramiento a Corto Plazo

En tanto que el adiestramiento a largo plazo es deseable para equipar a los científicos de programas nacionales con conocimientos sólidos y profundos, impartirles habilidades investigativas efectivas y crearles eficientes hábitos de trabajo, con frecuencia los programas nacionales no pueden dedicar el tiempo de sus pocos científicos por períodos de más de 1 ó 2 meses, o bien, los científicos no desean dejar su trabajo y su familia por períodos más largos. Estos factores crean una fuerte demanda de cursos cortos e intensivos. El personal principal del CIAT reconoce que el adiestramiento a corto plazo tiene sus desventajas para los profesionales más jóvenes e inexperimentados, y tiene serias limitaciones para desarrollar habilidades investigativas y hábitos de trabajo, puesto que el corto tiempo invertido no facilita la labor de "aprender haciendo".

Importancia del Adiestramiento a Mediano y Largo Plazo

En tanto que más de la mitad de los profesionales adiestrados en 1978 participaron en cursos cortos, 143 recibieron adiestramiento a mediano o largo plazo (4-6 meses y 12 meses o más, respectivamente). Estos becarios representaron 658 meses-hombre o sea el 78 por ciento del total de tiempo invertido en adiestramiento por el Centro. Las categorías de Internos Posgraduados (becarios que están realizando sus tesis de maestría o PhD) y de Asociados en Investigación Visitantes (personas involucradas en actividades de posmaestría), aún constituyen la base principal de los esfuerzos de adiestramiento del CIAT y son consideradas como las categorías más estables y duraderas, con un mayor efecto a largo plazo en los programas nacionales.

Equilibrio Apropiado en la Duración del Adiestramiento

Constantemente, se busca lograr un equilibrio adecuado en la duración de las diversas actividades de adiestramiento, siendo las necesidades específicas de cada país, en relación con cada producto agropecuario, el factor determinante primordial.

Las actividades de adiestramiento se cumplen dentro de cada programa o unidad y se presenta información más detallada con relación a estas actividades en las respectivas secciones del Informe Anual. El Cuadro 1 presenta el número de

Cuadro 1.

Número de profesionales que recibieron adiestramiento en el CIAT en 1978, clasificados por programas.

Programa/Unidad	Categorías de Adiestramiento							
	Científicos Posdoctorales	Asociados de Investigación Visitantes	Becarios para Estudio	Internos Posgraduados en Investigación	Internos posgraduados en Producción	Becarios Especiales	Participantes en cursos cortos	Total
Fríjol	2 (10)[1]	2 (12)	4 (27)	28 (97)	-	2 (6)	59 (59)	97 (211)
Yuca	2 (7)	-	-	8 (59)	-	2 (13)	68 (70)	80 (149)
Arroz	-	1 (4)	-	1 (4)	21 (85)	6 (16)	-	29 (109)
Ganado de Carne	-	2 (5)	4 (35)	3 (19)	20 (101)	1 (6)	-	30 (166)
Porcinos	-	-	-	1 (1)	21 (81)	-	-	22 (82)
Otros								
Biometría	1 (8)	1 (5)	-	-	-	-	-	2 (13)
Producción de Semillas	-	-	-	-	-	-	29 (29)	29 (29)
Suelos	-	-	1 (12)	2(4)	-	-	-	3 (16)
Biblioteca y Servicios de Información	-	-	-	-	-	1 (7)	15 (30)	16 (37)
Manejo de Operaciones de la Estación	-	-	-	5 (29)	-	-	-	5 (29)
Manejo de Laboratorios	-	-	-	1 (5)	-	-	-	1 (5)
TOTAL 1978	5 (25)	6 (26)	9 (74)	49 (218)	62 (267)	12 (48)	171 (188)	314 (846)
1977	3	15	7	36	29	24	81	195

1 Los números entre paréntesis corresponden a los meses-hombre de adiestramiento.

profesionales que participaron en las actividades de adiestramiento en el CIAT, durante 1978, clasificados por productos, categorías de adiestramiento y meses-hombre.

Adiestramiento por Disciplinas versus Adiestramiento en Producción

Algunas de las necesidades de los programas nacionales requieren un adiestramiento especializado en una disciplina específica. Las categorías de adiestramiento individual, en servicio, cumplen con este propósito. Otras necesidades, tanto de los programas nacionales como del CIAT, principalmente relacionadas con la validación y la transferencia de tecnología, se satisfacen más efectivamente mediante un enfoque multidisciplinario en el cual todas las disciplinas relacionadas converjen hacia el producto agropecuario, desde el punto de vista de la investigación. Este enfoque es especialmente adecuado para los fines del adiestramiento en las pruebas de validación, como un primer paso en la transferencia de la tecnología generada por el CIAT. Tal enfoque es aplicado en los cursos denominados "de producción". La Figura 2 muestra la programación de estos cursos en 1978.

El Cuadro 2 muestra la distribución por programas y por disciplinas; el Cuadro 3 muestra la participación por países. El Cuadro 4 presenta una lista de todas las personas que recibieron adiestramiento en el CIAT, durante 1978.

Asesoría del CIAT al Adiestramiento Efectuado en cada País

El CIAT continuó proporcionando asesoría a los países que tienen interés en este tipo de programas de adiestramiento. En Panamá, se realizó un curso de 3 meses sobre el cultivo de arroz, en colaboración con el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA); en Ecuador, se realizó un curso de 2 meses sobre arroz, en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). En Guatemala, el CIAT ha estado involucrado en un ciclo de seis cursos en arroz y frijol, el cual ha sido llevado a cabo desde 1976, por el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA). Este ciclo concluyó a mediados de 1978; el ICTA continuará operando el programa de adiestramiento a fin de lograr un efecto de multiplicación, en lo referente al adiestramiento de científicos en campos específicos de acción.

Financiación del Adiestramiento

Casi la mitad (151 personas) de los profesionales adiestrados en el CIAT durante el año pasado, fue financiada a través del presupuesto básico del Centro; el resto de los becarios fue patrocinado por donantes públicos y privados; la principal fuente de financiación fue el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP). El Cuadro 5 muestra la lista de donantes y el número de participantes catalogados por categorías de adiestramiento.

CONFERENCIAS

Durante 1978 se realizaron varias conferencias, seminarios y reuniones de discusión, eventos que en forma directa o estrecha dieron apoyo a diversas es-

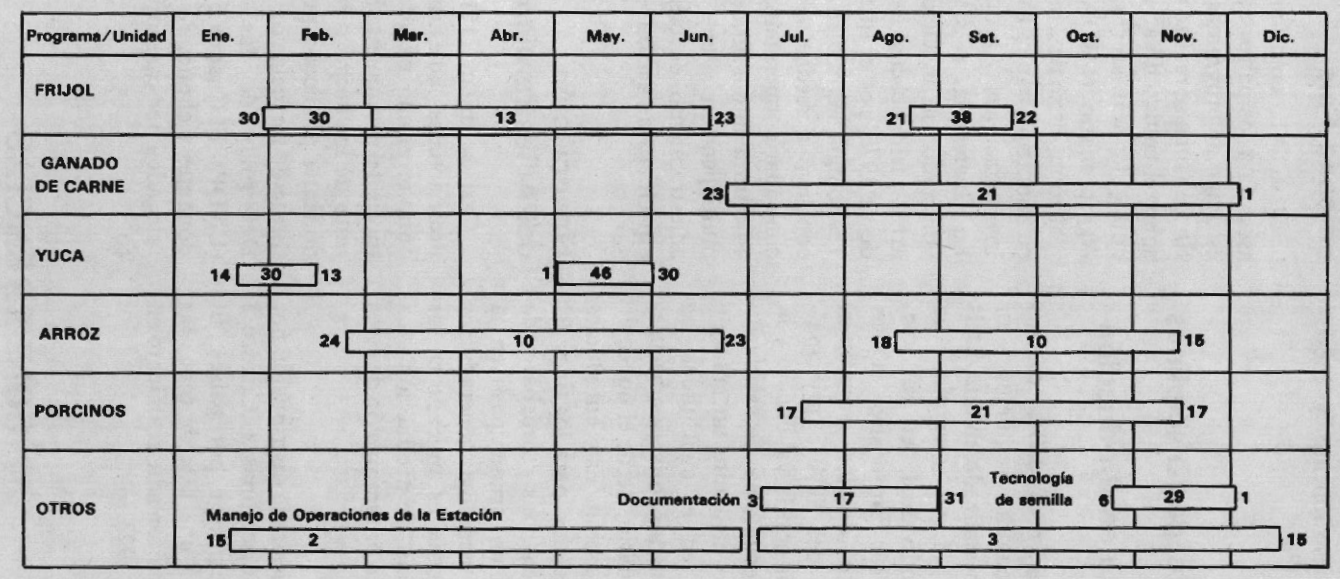


Figura 2. Diseño esquemático del programa de adiestramiento de posgrado del CIAT durante 1978. (Las cifras en los bloques corresponden al número de participantes en las clases.)

Cuadro 2.

Número de profesionales que recibieron adiestramiento en el CIAT en 1978, clasificados por producto/disciplina de especialización y categoría de adiestramiento.

Producto/disciplina de especialización	Categorías de adiestramiento								
	Científicos pos-doctorales	Asociados de investigación visitantes	Becarios para estudio	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Becarios especiales	Participantes en cursos cortos	Totales por sub-programa	Totales por programa
Fríjol/agronomía	-	1 (8)[1]	-	10 (39)	-	-	-	11 (47)	
biometría	-	-	-	1 (2)	-	-	-	1 (2)	
entomología	-	-	-	3 (15)	-	1 (5)	-	4 (20)	
fitomejoramiento	1 (8)	-	1 (5)	5 (12)	-	-	-	7 (25)	
fitopatología	-	-	3 (22)	5 (12)		1 (1)	-	9 (35)	
fisiología	-	-	-	1 (4)	-	-	-	1 (4)	
asociación de cultivos	-	-	-	2 (9)	-	-	-	2 (9)	
producción	1 (2)	1 (4)	-	-	-	-	59 (59)	61 (65)	
germoplasma	-	-	-	1 (4)		-	-	1 (4)	
Total Fríjol	2 (10)	2 (12)	4 (27)	28 (97)	-	2 (6)	59 (59)		97 (211)
Yuca/agronomía	-	-	-	2 (14)	-	-	-	2 (14)	
biometría	-	-	-	-	-	1 (12)	-	1 (12)	
economía	1 (6)	-	-	-	-	-	-	1 (6)	
fitomejoramiento	-	-	-	1 (9)	-	-	-	1 (9)	
fitopatología	-	-	-	2 (7)	-	-	-	2 (7)	
fisiología	1 (1)	-	-	1 (10)	-	-	-	2 (11)	
suelos	-	-	-	1 (9)	-	1 (1)	-	2 (10)	
producción	-	-	-	1 (10)	-	-	68 (70)	69 (80)	
Total Yuca	2 (7)	-	-	8 (59)	-	2 (13)	68 (70)		80 (149)
Arroz/fitomejoramiento	-	-	-	-	1 (4)	2 (2)	-	3 (6)	
producción	-	1 (4)	-	-	20 (81)	1 (2)	-	22 (87)	
comunicación	-	-	-	1 (4)	-	1 (1)	-	2 (5)	
sociología rural	-	-	-	-	-	2 (11)	-	2 (11)	
Total Arroz	-	1 (4)	-	1 (4)	21 (85)	6 (16)	-		29 (109)

1 Las cifras entre paréntesis corresponden a los meses-hombre de adiestramiento.

(continúa)

Cuadro 2. (continuación)

Producto/disciplina de especialización	Categorías de adiestramiento: Científicos pos-doctorales	Asociados de investigación visitantes	Becarios para estudio	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Becarios especiales	Participantes en cursos cortos	Totales por sub-programa	Totales por programa
Ganado de Carne/biometría	-	-	-	1 (6)	-	-	-	1 (6)	
economía	-	-	1 (4)	-	-	-	-	1 (4)	
microbiología de suelos	-	1 (2)	-	1 (3)	-	-	-	2 (5)	
producción	-	1 (3)	1 (12)	-	11 (54)	-	-	13 (69)	
salud animal	-	-	2 (19)	-	-	-	-	2 (19)	
mejoramiento de pastos y forrajes	-	-	-	1 (10)	9 (47)	-	-	10 (57)	
utilización de pastos y forrajes	-	-	-	-	-	1 (6)	-	1 (6)	
Total Ganado de Carne	-	2 (5)	4 (35)	3 (19)	20 (101)	1 (6)	-		30 (166)
Porcinos/producción	-	-	-	-	21 (81)	-	-	21 (81)	
nutrición animal	-	-	-	1 (1)	-	-	-	1 (1)	
Total Porcinos	-	-	-	1 (1)	21 (81)	-	-		22 (82)
Otras Unidades o disciplinas									
biometría	1 (8)	1 (5)	-	-	-	-	-	2 (13)	
producción de semilla	-	-	-	-	-	-	29 (29)	29 (29)	
suelos	-	-	1 (12)	2 (4)	-	-	-	3 (16)	
biblioteca y servicios de información	-	-	-	-	-	1 (7)	15 (30)	16 (37)	
manejo de operaciones de la estación	-	-	-	5 (29)	-	-	-	5 (29)	
manejo de laboratorios	-	-	-	1 (5)	-	-	-	1 (5)	
Total otras Unidades o disciplinas	1 (8)	1 (5)	1 (12)	8 (38)	-	1 (7)	44 (59)		56 (129)
	5 (25)	6 (26)	9 (74)	49 (218)	62 (267)	12 (48)	171 (188)		314 (846)

Cuadro 3.

Número de profesionales que recibieron adiestramiento en el CIAT en 1978, clasificados por país de origen y por producto en el cual recibieron adiestramiento.

País	Producto o Programa						Biblioteca y Servicios de Información	Manejo de Operaciones de la Estación	Otros	Total
	Fríjol	Yuca	Arroz	Ganado de Carne	Porcinos	Producción de semilla				
América Latina y El Caribe										
Argentina	1	-	1	1	1	-	1	-	-	5
Belice	1	-	2	-	-	-	1	-	-	4
Bolivia	2	1	1	1	3	4	1	1	1	15
Brasil	20	22	1	9	1	-	1	1	-	55
Chile	5	-	1	-	-	2	1	-	-	9
Colombia	12	7	1	8	4	7	2	1	1	43
Costa Rica	6	4	2	-	-	1	-	-	-	13
Cuba	2	2	2	1	-	1	1	-	-	9
República Dominicana	4	1	-	1	-	2	1	1	-	10
Ecuador	5	3	4	-	2	4	-	-	2	20
El Salvador	2	1	-	-	-	-	2	-	-	5
Guatemala	5	-	-	-	1	3	2	-	-	11
Guyana	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
Honduras	9	-	1	-	-	1	-	1	-	12
México	2	3	3	-	1	-	-	-	-	9
Nicaragua	2	1	-	2	-	-	1	-	-	6
Panamá	4	1	-	2	-	3	1	-	-	11
Paraguay	-	-	-	-	3	1	-	-	-	4
Perú	6	1	6	3	3	-	1	-	1	21
Trinidad & Tobago	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Venezuela	4	3	1	1	2	-	-	-	-	11

Cuadro 3. (continuación)

País	Producto o Programa						Biblioteca y Servicios de Información	Manejo de Operaciones de la Estación	Otros	Total
	Fríjol	Yuca	Arroz	Ganado de Carne	Porcinos	Producción de semilla				
Otros países										
Inglaterra	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
India	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5
Indonesia	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5
Malasia	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4
Holanda	1	-	2	-	-	-	-	-	-	3
Filipinas	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4
República de Seychelles	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Sur Africa	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Tailandia	-	6	-	-	1	-	-	-	-	7
Estados Unidos	2	1		-	-	-	-	-	-	3
Alemania Occidental	-	-	1	1	-	-	-	-	1	3
Total	97	80	29	30	22	29	16	5	6	314

trategias de los programas del CIAT. En el Cuadro 6 se presenta una lista de las conferencias realizadas, sus fechas y número de asistentes.

En enero de 1978, el Centro sirvió de sede a la Reunión de Discusión sobre Ensayos Internacionales de Mejoramiento de Fríjol en América Latina. Esta conferencia contó con la asistencia de 43 participantes de 21 países.

En abril, el Programa de Ganado de Carne copatrocinó un seminario sobre Producción de Pastos en Suelos Acidos del Trópico, con la asistencia de 185 personas. Inmediatamente antes de este seminario, se realizó una reunión de discusión sobre Colección, Preservación, Distribución y Caracterización de Recursos de Germoplasma de Forrajes Tropicales. A esta reunión, realizada en colaboración con la Universidad de Florida (EEUU) y la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID) asistieron 115 participantes.

A una reunión de discusión sobre Cosecha y Procesamiento de Yuca patrocinada por el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID)/CIAT, también realizada en abril, asistieron 21 especialistas.

En mayo, coincidiendo con la reunión anual de la Junta Directiva del CIAT, el Centro organizó un seminario sobre Avances Logrados en la Investigación, el cual se realiza anualmente. A esta reunión asistieron los directores de investigación de Argentina, Colombia, Ecuador, Guatemala, Perú, Trinidad y Venezuela, como también representantes de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), el gobierno suizo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), la Fundación Kellogg y la USAID.

En noviembre de 1978 se acordó realizar una reunión de discusión patrocinada por el IICA/CIAT, para revisar y evaluar el Centro de Documentación en Economía Agrícola Latinoamericana (CEDEAL), el cual es operado por la Unidad de Servicios de Documentación del CIAT. A esta reunión asistieron 23 economistas, comunicadores, documentalistas y científicos agrícolas de ocho países latinoamericanos, el Reino Unido y Canadá.

Durante el año, el personal científico del CIAT presentó 26 seminarios internos. La Oficina de Conferencias también proporcionó amplio y variado apoyo logístico a los cursos de adiestramiento, a la Oficina de Información Pública y a los Programas del CIAT.

También en las instalaciones de Conferencias se llevó a cabo un total de 22 eventos patrocinados por oganizaciones fuera del CIAT (Cuadro 6).

Cuadro 4.

Profesionales que recibieron adiestramiento en el CIAT durante 1978.

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Asociados de Investigación Visitantes				
Arcia, Gustavo	Nicaragua	Fríjol/economía	2	P
Beebe, Esthepen	EE.UU.	Fríjol/producción	5	C
Bernd, Anette	Alemania Occ.	Arroz/fitomejoramiento	5	C
Byrne, David	EE.UU.	Yuca/entomología	12	P
Clark, Anne	EE.UU.	Fríjol/fisiología	12	C
Debouck, Daniel	Bélgica	Fríjol/fitomejoramiento	12	P
Delgadillo, Guido	Canadá	Ganado[2]/mej. pastos y forrajes	12	P
Díaz, Jorge Luis	Nicaragua	Ganado/util. pastos y forrajes	12	P
Elango, Fritz	Camerún	Yuca/fitopatología	8	P
Galwey, Nicholas	Reino Unido	Fríjol/agronomía	9	C
García, Aurora Susana	Argentina	Fríjol/fitomejoramiento	12	P
Gepts, Paul	Bélgica	Fríjol/germoplasma	4	P
Jansen, Hendrik	Holanda	Ganado/mej. pastos y forrajes	12	P
Jenrich, Herbert	Alemania Occ.	Ganado/producción	4	C
Laberry, Rafael	Perú	Yuca/fitopatología	12	P
Levine, Joel Martin	EE.UU.	Ganado/economía	9	P
Lohr, Bernhard	Alemania Occ.	Yuca/entomología	7	P
Lyman, Judith Mapes	EE.UU.	Fríjol/fitomejoramiento	12	P
Plessow, Christoph	Alemania Occ.	Otros/biometría	5	C
Roldán, Diego	Colombia	Arroz/economía	6	P
Sánchez, Luis Fernando	Argentina	Ganado/edafología	12	P
Scholles, Dercio	Brasil	Ganado/microbiología de suelos	2	C
Strobosch, Peter Jan	Holanda	Yuca/sociología rural	5	P
Veltkamp, Hendrik Jan	Holanda	Yuca/fisiología	4	P
White, Jeffrey	EE.UU.	Fríjol/fisiología	12	P
Becarios para Estudio				
Alvarez, Germán	Colombia	Fríjol/fitopatología	12	P
Calvo, Favio Alberto	Colombia	Otros/edafología	12	C
Cárdenas, Moisés	México	Fríjol/fitopatología	1	C
Charry, Alvaro	Colombia	Ganado/economía	5	C
De Cantillo, Stella	Colombia	Yuca/fisiología	12	P
Galindo, José	Colombia	Fríjol/fisiología	9	C
García, Edmundo	Colombia	Fríjol/fitomejoramiento	5	C
García, Omar	Colombia	Ganado/salud animal	7	C
Gómez, William Felipe	Colombia	Ganado/producción	12	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Madruga, Claudio R.	Brasil	Ganado/salud animal	9	P
Moncada, Hemerson	Colombia	Ganado/salud animal	12	C
Peña, Jorge	Colombia	Yuca/entomología	12	P
Restrepo, Luis Fernando	Colombia	Frijol/economía	12	P
Rolando, Carlos Xavier	Ecuador	Ganado/util. pastos y forrajes	3	P
Stabile, Martin Francisco	Argentina	Frijol/economía	7	P
Internos Posgraduados en Investigación				
Abarca, Edgar	Costa Rica	Frijol/agronomía	3	C
Acuña, José William	Ecuador	Frijol/fitomejoramiento	3	P
Aeschlimann, Jorge E.	Chile	Frijol/agronomía	4	C
Alberini, Joao Luiz	Brasil	Frijol/fitomejoramiento	2	C
Alvarez, Guillermo A.	Honduras	Frijol/agronomía	6	C
Apolitano, César Artemio	Perú	Frijol/fitomejoramiento	3	C
Araujo, Marco Antonio	Costa Rica	Frijol/agronomía	3	P
Baruco, Camilo Augusto	Panamá	Frijol/fitopatología	3	C
Bonilla, Pastora	El Salvador	Yuca/fitopatología	4	C
Casco, Eusebio	Honduras	Frijol/asociación cultivos	5	C
Castro, Edmundo C.	Ecuador	Arroz/comunicaciones	4	C
Chiriboga, César	Ecuador	Frijol/fitomejoramiento	1	C
Ciotti, Elsa Mercedes	Argentina	Ganado/mej. pastos y forrajes	12	C
Claure, Daniel	Bolivia	Otros/manejo de laboratorios	3	C
Da Costa, Felix Antonio	Brasil	Frijol/fitopatología	2	C
De la Cruz, Jesús H.	Perú	Frijol/fitomejoramiento	3	P
De Souza, Lindaurea	Brasil	Frijol/entomología	7	C
Ekmahachai, Panya	Tailandia	Yuca/agronomía	9	C
González, Rafael Darío	Rep. Dom.	Frijol/agronomía	4	C
Hammond, Samuel	Panamá	Ganado/microbiología de suelos	3	C
Hernández, Julio César	Nicaragua	Frijol/entomología	3	P
Hernández, Luis Alfredo	Colombia	Otros/manejo de est. exp.	6	C
Hohmann, Celso Luiz	Brasil	Frijol/entomología	6	C
Kano, Yoshiaki	Japón	Yuca/fitomejoramiento	12	P
Lezama, Francisco	Honduras	Frijol/entomología	3	C
Machado, José	Brasil	Frijol/fitopatología	3	C
Menénez, Oscar E.	El Salvador	Frijol/agronomía	5	C
Mora, Bernardo	Costa Rica	Frijol/fitopatología	4	C
Motato, Nelson	Ecuador	Otros/fósforo-suelos	2	C
Nakavirojama, Chumpol	Tailandia	Yuca/suelos	9	C
Nieto Carlos Alberto	Ecuador	Frijol/agronomía	3	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Nugroho, Hardono	Indonesia	Yuca/agronomía	5	C
Oliveira, Elias	Brasil	Fríjol/fitomejoramiento	1	C
Ordoñez, Luis Factor	Guatemala	Fríjol/fitomejoramiento	5	C
Ordoñez, Leonardo	Honduras	Fríjol/germoplasma	4	C
Ortíz, Ruben	Panamá	Fríjol/agronomía	3	C
Osaki, Flora	Brasil	Ganado/biometría	6	C
Pacheco, Rafael	Venezuela	Fríjol/agronomía	4	C
Pino, José Angel	Cuba	Yuca/fitopatología	3	C
Pinzón, José	Ecuador	Fríjol/agronomía	5	C
Portes, Tomás de Aquino	Brasil	Fríjol/fitopatología	4	C
Prada, Franklin Moisés	Bolivia	Otros/manejo de est. exp.	6	C
Quintero, Edgar	Colombia	Fríjol/biometría	3	C
Reyes, Juan	Rep. Dom.	Otros/manejo de est. exp.	6	C
Rodríguez, Jesús H.	México	Arroz/fitomejoramiento	3	P
Sañudo, Benjamín	Colombia	Fríjol/fitopatología	2	C
Sepulveda, Héctor	Chile	Fríjol/agronomía	1	C
Tavarez, Eliton	Brasil	Otros/manejo de est. exp.	5	C
Tongsri, Somsak	Tailandia	Yuca/fitomejoramiento	9	C
Torres, Justo Domingo	Honduras	Otros/manejo de est. exp.	6	C
Ubilla, Claudio Hernán	Chile	Fríjol/asociación cultivos	4	C
Uechiewcharnkit, Kasidit	Tailandia	Porcinos/nutrición animal	2	C
Valverde, Franklin	Ecuador	Otros/fósforo-suelos	2	C
Villavicencio, Angel	Ecuador	Yuca/producción	10	C
Watananonta, Watana	Tailandia	Yuca/fisiología	9	C
Internos Posgraduados en Producción				
Abaunza, José Arkangel	Nicaragua	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Aguirre, Luis	Bolivia	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Alvarado, José Roberto	Chile	Arroz/producción	3	C
Alvarez, Mario	Bolivia	Porcinos/producción	4	C
Ampuero, Antonio	Perú	Porcinos/producción	4	C
Ampuero, Sabino	Bolivia	Porcinos/producción	4	C
Aróstegui, Miguel H.	Argentina	Arroz/producción	3	C
Asaff, Jorge	Bolivia	Porcinos/producción	4	C
Báez, Oscar Rubén	Paraguay	Porcinos/producción	1	C
Benitez, Usciel	Colombia	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Buitrago, Gabriel	Panamá	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Carrasco, Alejandro	Perú	Porcinos/producción	4	C
Carvajal, Luis Lorenzo	Cuba	Arroz/producción	3	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Chamorro, Leandro Leon	Colombia	Porcinos/producción	4	C
Crivelli, Leopoldo	Honduras	Arroz/producción	4	C
Cruz, Francisco	Cuba	Arroz/producción	3	C
Cuesta, Pablo Antonio	Colombia	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Duque, Jairo	Colombia	Porcinos/producción	4	C
Eslava, Efraín	Colombia	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Flores, Adalberto	Venezuela	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Gavidia, Carlos Eusebio	Perú	Porcinos/producción	4	C
Gómez, Joel Francisco	Venezuela	Porcinos/producción	4	C
González, John Jairo	Colombia	Porcinos/producción	4	C
Guillen, Edgardo	Guatemala	Porcinos/producción	4	C
Guillen, Jorge Arturo	Costa Rica	Arroz/producción	4	C
Guimaraes, Raimunedo N.	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Justino, Pedro Ubirajara	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
López, Washington	Perú	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
López, Gonzalo	México	Arroz/producción	5	C
López, Jorge Raul	México	Porcinos/producción	4	C
Marcolina, Luiz	Brasil	Porcinos/producción	4	C
Mascarenhas, Raimundo	Brasil	Arroz/producción	3	C
Menéndez, Juvenal	Cuba	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Montás, Tomás Alfredo	México	Arroz/producción	5	C
Moreno, Miguel Arturo	Ecuador	Arroz/producción	4	C
Morera, Jorge	Costa Rica	Arroz/producción	4	C
Muehlmann, Luiz Danilo	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Navarrete, Franklin	Ecuador	Arroz/producción	6	C
Ortegón, Julián Faín	Colombia	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Oyola, José Abilio	Perú	Arroz/producción	4	C
Parsi, Jorge Armando	Argentina	Porcinos/producción	4	C
Pérez, Alejandro	Paraguay	Porcinos/producción	4	C
Pinedo, Luis Alberto	Perú	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Possato, José Roberto	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Pozo, Melvin	Bolivia	Arroz/producción	4	C
Ramos, Clide Edgardo	Perú	Arroz/producción	4	C
Reátegui, Keneth	Perú	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Rengifo, Octavio	Colombia	Porcinos/producción	4	C
Rodriguez, John Kleber	Ecuador	Porcinos/producción	4	C
Rosales, Carlos Renán	Nicaragua	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Saavedra, Victorino	Perú	Arroz/producción	4	C
Salih, Alberto José	Venezuela	Arroz/producción	3	C
Scavone, Hugo César	Paraguay	Porcinos/producción	4	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Scott, Patrick	Belice	Arroz/producción	3	C
Silveira, José Nilson	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Sobrinho, José Marcelino	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Torres, Victor Mánuel	Venezuela	Porcinos/producción	4	C
Tzul, Franco	Belice	Arroz/producción	4	C
Veladares, Alencar	Brasil	Ganado/prod. pastos y forrajes	6	C
Ventura, César Manuel	Perú	Arroz/producción	6	C
Vilchez, Luis	Perú	Arroz/producción	4	C
Villavicencio, Marco A.	Ecuador	Porcinos/producción	4	C
Becarios Especiales				
Boonekamp, Gerardus,	Holanda	Frijol/entomología	5	C
De Díaz, Sonia	Nicaragua	Otros/biblioteca y documentación	7	C
Delgado, Lilia	México	Arroz/fitomejoramiento	1	C
Doorman, Frans	Holanda	Arroz/sociología rural	5	C
Gomes de C., Jaime	Brasil	Yuca/suelos	1	C
Jarrín, Eduardo	Ecuador	Arroz/comunicaciones	1	C
López, César Ernesto	Rep. Dom.	Ganado/util. pastos y forrajes	6	C
Luna, Gloria	Costa Rica	Frijol/fitopatología	1	C
Marín, Javier	Colombia	Ganado/suelos	12	P
Rocha de V., Alicia	Perú	Arroz/fitomejoramiento	1	C
Rubio, Carlos Alberto	Colombia	Arroz/producción	2	C
Saldarriaga, José Alfredo	Colombia	Yuca/biometría	12	C
Van Dorsten, Frank	Holanda	Arroz/sociología rural	6	C
Participantes en Cursos Cortos				
Abarca, Edgar	Costa Rica	Frijol/producción	1	C
Acuña, José William	Ecuador	Frijol/producción	1	C
Adam, Clifford	Rep. Seychelles	Yuca/producción	1	C
Agudelo, Orlando	Colombia	Frijol/producción	1	C
Aguilar, Roberto	Costa Rica	Yuca/producción	1	C
Aguilera, Ciro	Bolivia	Yuca/producción	1	C
Aquino, Jorge Alfonso	México	Yuca/producción	1	C
Almeida, Evandro	Brasil	Yuca/producción	1	C
Alves, Valmiro	Brasil	Yuca/producción	1	C
Alves, Pedro	Brasil	Yuca/producción	2	C
Alves, Sebastiao	Brasil	Yuca/producción	1	C
Angulo, Néstor	Colombia	Frijol/producción	1	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Apolitano, César	Perú	Fríjol/producción	1	C
Araujo, Marco Antonio	Costa Rica	Fríjol/producción	1	C
Argasasmita, Muchtar	Indonesia	Yuca/producción	1	C
Arguello, Hernando	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Asenjo, César Augusto	Perú	Fríjol/producción	1	C
Awe, Elias Ajib	Belice	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Aya, Germán	Colombia	Fríjol/producción	1	C
Balarezo, Sergio Raul	Ecuador	Otros/producción de semillas	1	C
Barbosa, Eduardo	Brasil	Yuca/producción	1	C
Barrios, Luis Mario	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Barros, Luis Erasmo	Chile	Otros/producción de semillas	1	C
Bartra, Ana	Perú	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Baruco, Camilo Augusto	Panamá	Fríjol/producción	1	C
Bernardo, Emiliana	Filipinas	Yuca/producción	1	C
Bertoli, Eduardo	Paraguay	Otros/producción de semillas	1	C
Bin Baharom, Baharuddin	Malasia	Yuca/producción	1	C
Borges, Lesbia	Venezuela	Fríjol/producción	1	C
Bravo, María Verónica	Chile	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Buenaño, Jorge	Venezuela	Yuca/producción	1	C
Bustamante, Guadalupe	Colombia	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Caballero, Rene Carlos	Bolivia	Otros/producción de semillas	1	C
Candal, Joao	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Carcelen, Raul Alberto	Ecuador	Yuca/producción	1	C
Carnero, Felipe	Perú	Fríjol/producción	1	C
Carvajal, Gastón	Bolivia	Otros/producción de semillas	1	C
Casco, Eusebio	Honduras	Fríjol/producción	1	C
Castillo, Ceferino	Ecuador	Yuca/producción	1	C
Castro, César Modesto	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Chang-Yau, Vielka	Panamá	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Chantanakom, Niyom	Tailandia	Yuca/producción	1	C
Checo, Andrea Maljori	Rep. Dom.	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Chellamma, Mohankumar	India	Yuca/producción	1	C
Chew Wee, Yong	Malasia	Yuca/producción	1	C
Cojulun, Rene Rolando	Guatemala	Fríjol/producción	1	C
Cruz, Mario	México	Yuca/producción	1	C
Da Costa, Felix Antonio	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Da Silva, Corival	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Da Silva, Antonio	Brasil	Yuca/producción	1	C
Dabien, Said	Cuba	Fríjol/producción	1	C
Daphne, Paul	Sur Africa	Yuca/producción	1	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Dávila, Amilcar	Guatemala	Otros/producción de semillas	1	C
De Carvalho, Walbert	Brasil	Yuca/producción	1	C
De la Torre, Jaime	Colombia	Yuca/producción	1	C
De Lima, José Otavio	Brasil	Yuca/producción	1	C
De Moraes, Osmar	Brasil	Yuca/producción	1	C
De Oliveira, Sebastiao	Brasil	Yuca/producción	1	C
De la Cruz, Jesús H.	Perú	Fríjol/producción	1	C
Delgadillo, José	Bolivia	Otros/producción de semillas	1	C
Dhiauddin, Jantan	Malasia	Yuca/producción	1	C
Díaz, Juan Leonel	Panamá	Yuca/producción	1	C
Díaz, Arnulfo	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Duangpatra, Piya	Tailandia	Yuca/producción	1	C
Dueñas, Juan José	Bolivia	Otros/producción de semillas	1	C
Duron, Carlos	Honduras	Fríjol/producción	1	C
Escalada, Rodolfo	Filipinas	Yuca/producción	1	C
Espindola, Evaristo A.	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Flores, Juan Antonio	El Salvador	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Fraser, Ronald	Guyana	Yuca/producción	1	C
Furtado, Marcio José	Brasil	Yuca/producción	1	C
González, Rafael Dario	Rep. Dom.	Fríjol/producción	1	C
González, Carlos	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Guerra, Agnes Cristina	El Salvador	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Gutiérrez, Rosendo	Bolivia	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Guzmán, Cayetano	Panamá	Otros/producción de semillas	1	C
Herazo, Fernando	Colombia	Yuca/producción	1	C
Hermosilla, Jaime	Chile	Otros/producción de semillas	1	C
Hernández, Freddy	Guatemala	Fríjol/producción	1	C
Hernández, Julio César	Nicaragua	Fríjol/producción	1	C
Him, Calixto	Panamá	Otros/producción de semillas	1	C
Ibarra, Ivan	Ecuador	Otros/producción de semillas	1	C
Jaldin, Jaime	Bolivia	Fríjol/producción	1	C
Junqueira, Arnoldo	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Kempff, Francisco	Bolivia	Fríjol/producción	1	C
Lescuoflair, Marie-Ange	Costa Rica	Yuca/producción	1	C
Libreros Cilia	Colombia	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Lorenzi, Jose Omar	Brasil	Yuca/producción	1	C
Lozada, Jesús Efren	Colombia	Yuca/producción	1	C
Luna, Julio Enrique	Argentina	Fríjol/producción	1	C
Luna, José Moisés	Colombia	Yuca/producción	1	C
Mancini, Simeone	Colombia	Fríjol/producción	1	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Mark, Joseph	Nicaragua	Yuca/producción	1	C
Martínez, Ildeberto	Guatemala	Otros/producción de semillas	1	C
Martínez, Mirna	Venezuela	Yuca/producción	1	C
Martinotto, Valentim	Brasil	Frijol/producción	1	C
Matheus, Luis Alberto	Venezuela	Yuca/producción	1	C
Mayacela, Celso Eduardo	Ecuador	Otros/producción de semillas	1	C
Medal, Julio César	Nicaragua	Frijol/producción	1	C
Menéndez, Oscar Edgardo	El Salvador	Frijol/producción	1	C
Molina, Mario Alberto	Costa Rica	Otros/producción de semillas	1	C
Mondardo, Euclides	Brasil	Yuca/producción	1	C
Montilla, Bienvenido	Rep. Dom.	Frijol/producción	1	C
Mora, Bernardo	Costa Rica	Frijol/producción	1	C
Morales, Palmira	Guatemala	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Morales, Salvador	El Salvador	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Moreira, Marco Aurelio	Costa Rica	Yuca/producción	1	C
Moseley, Elio Partenio	Cuba	Otros/producción de semillas	1	C
Muñoz, Miguel Angel	Colombia	Frijol/producción	1	C
Muñoz, Tarquino Gilberto	Ecuador	Otros/producción de semillas	1	C
Murgas, Rafael	Colombia	Frijol/producción	1	C
Muthukumara, T.	India	Yuca/producción	1	C
Navarro, Francisco	México	Frijol/producción	1	C
Nunes, Joao Licinio	Brasil	Yuca/producción	1	C
Nunes, Alba Rejane	Brasil	Yuca/producción	1	C
Ochoa, Francisco	México	Yuca/producción	1	C
Oliveira, Elias	Brasil	Frijol/producción	1	C
Ordoñez, Leonardo	Honduras	Frijol/producción	1	C
Ordoñez, Luis Factor	Guatemala	Frijol/producción	1	C
Orellana, Silvestre	Guatemala	Frijol/producción	1	C
Ortiz, Ruben	Panamá	Frijol/producción	1	C
Pacheco, Rafael	Venezuela	Frijol/producción	1	C
Palomar, Manuel	Filipinas	Yuca/producción	1	C
Peairs, Frank	Honduras	Frijol/producción	1	C
Pereira, Joao Eduardo	Brasil	Yuca/producción	1	C
Perim, Sirval	Brasil	Yuca/producción	1	C
Pinzón, José	Ecuador	Frijol/producción	1	C
Placido, Dirceu	Brasil	Frijol/producción	1	C
Ponjuan, Gloria Irene	Cuba	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Portes, Tomás de Aquino	Brasil	Frijol/producción	1	C
Puga, Bernardo	Panamá	Otros/producción de semillas	1	C
Rajendran, Patterimadom	India	Yuca/producción	1	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Ramírez, Alonso	Colombia	Yuca/producción	1	C
Ribeiro, Leda Goes	Brasil	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Ribeiro, Jairo	Brasil	Yuca/producción	1	C
Ríos, Manuel José	Colombia	Fríjol/producción	1	C
Rivera, Rene	Cuba	Fríjol/producción	1	C
Rodríguez, Sergio Juan	Cuba	Yuca/producción	1	C
Rosario, Maritza	Rep. Dom.	Fríjol/producción	1	C
Sadasivam, Pillai	India	Yuca/producción	1	C
Sánchez, Elio Menandro	Rep. Dom.	Otros/producción de semillas	1	C
Segura, Luis	Costa Rica	Yuca/producción	1	C
Sepúlveda, Héctor	Chile	Fríjol/producción	1	C
Silva, Carlos Arturo	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Silva, Antonio	Brasil	Yuca/producción	1	C
Silveira, Pedro	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Smith, José	Belice	Fríjol/producción	1	C
Soenaryo, Roberto	Indonesia	Yuca/producción	1	C
Solórzano, Alfredo	Perú	Yuca/producción	2	C
Speroni, Julia Hebe	Argentina	Otros/biblioteca y documentación	2	C
Stewart, Brenda	Guyana	Yuca/producción	1	C
Suárez, Miguel Arturo	Colombia	Otros/producción de semillas	1	C
Tamin, Senawi	Malasia	Yuca/producción	1	C
Tassinari, Gilberto	Brasil	Yuca/producción	1	C
Taveras, Máximo A.	Rep. Dom.	Otros/producción de semillas	1	C
Then, José Francisco	Rep. Dom.	Yuca/producción	1	C
Thirumalai, Ramanujan	India	Yuca/producción	1	C
Torres, Heloisa	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Torres, Mario Fidel	Guatemala	Otros/producción de semillas	1	C
Ugas, Fernando Dionisio	Chile	Fríjol/producción	1	C
Urdanivia, Renzo L.	Perú	Fríjol/producción	1	C
Vallejo, Guillermo	Colombia	Yuca/producción	1	C
Vieira, Balbino	Brasil	Yuca/producción	1	C
Viera, Otoniel	Honduras	Otros/producción de semillas	1	C
Villanueva, Marianito	Filipinas	Yuca/producción	1	C
Voss, Marcio	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Westphalen, Segui Luiz	Brasil	Fríjol/producción	1	C
Williams, Darwin	Trinidad & Tobago	Yuca/producción	1	C
Wiroatmodjo, Joedojono	Indonesia	Yuca/producción	1	C
Zelaya, Nelson Arnulfo	Honduras	Fríjol/producción	1	C
Zerega, Luis Oswaldo	Venezuela	Fríjol/producción	1	C

Cuadro 4. (continuación)

Nombre	País	Programa/disciplina	Meses de adiestramiento completados a Dic. 31, 1978	Situación[1] a Dic. 31, 1978
Científicos Posdoctorales				
Calderón Mario	Colombia	Ganado/entomología	12	P
Cardona, César	Colombia	Fríjol/entomología	7	P
Davis, Jeremy	Reino Unido	Fríjol/fitomejoramiento	9	C
Hegewald, Bodo	Alemania Occ.	Otros/unidad estudios especiales	8	P
Hershey, Clair	EE.UU.	Yuca/fitomejoramiento	6	P
Jones, Peter	Australia	Fríjol/fisiología	12	P
Lenne, Jill Marrie	Australia	Ganado/microbiología de suelos	6	P
Lynam, John	EE.UU.	Yuca/economía	7	C
Mendoza, Gastón	Perú	Otros/biometría	9	C
Morales, Francisco	Colombia	Fríjol/fitopatología	6	P
Reyes, Jesús	Colombia	Yuca/entomología	10	P
Rubinstein, Eugenia	Chile	Ganado/salud animal	12	P
Swindell, Richard	EE.UU.	Fríjol/producción	2	C
Thung, Michael	Indonesia	Yuca/fisiología	1	C

1 P = Pendiente; C = Completo.
2 Programa de Ganado de Carne.

Cuadro 5.

Profesionales adiestrados en el CIAT en 1978, clasificados por fuente de financiación y categoría de adiestramiento.

Fuente de financiación[1]	Categoría de adiestramiento							
	Científicos posdoctorales	Asociados de investigación visitantes	Becarios para estudio	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Becarios especiales	Participantes en cursos cortos	Total
Intereses Nacionales e Internacionales								
Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional, AID, EEUU	-	-	-	2 (10)[2]	1 (4)	-	4 (5)	7 (19)
Agricultural University, Wageningen, Holanda	-	-	-	-	-	3 (16)	-	3 (16)
Agropecuaria Gaviria y Guzmán, Colombia	-	-	-	-	-	1 (2)	-	1 (2)
Anglo American Corporation, Sur Africa	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (1)
Asociación de Crédito y Extensión-ACARPA, Bahía, Brasil	-	-	-	-	1 (5)	-	-	1 (5)
Banco Ganadero, Colombia	-	-	-	-	1 (5)	-	-	1 (5)
Banco Nacional de Nicaragua	-	-	-	-	1 (5)	-	-	1 (5)
BRASCAN-NORDESTE, Bahía, Brasil	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (1)
Caja de Crédito Agrario Industrial y Minero, Colombia	-	-	-	-	-	-	2 (2)	2 (2)
Centro de Investigación para la Caña de Azúcar-CENICAÑA, Colombia	-	-	-	-	-	-	1 (2)	1 (2)
Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT	4 (19)	1 (2)	6 (56)	42 (167)	22 (92)	8 (30)	68 (83)	151 (449)
Colombiana de Semillas-COLSEMILLAS, Colombia	-	-	-	-	-	-	2 (2)	2 (2)
Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas—CEDEGE, Ecuador	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (1)

1 Todo o la mayor parte del apoyo financiero fue proporcionado por (o por intermedio) de la organización indicada.
2 Las cifras entre paréntesis muestran los meses de adiestramiento.

Cuadro 5. (continuación)

Fuente de financiación[1]	Categorías de adiestramiento: Científicos posdoctorales	Asociados de investigación visitantes	Becarios para estudio	Internos posgraduados en investigación	Internos posgraduados en producción	Becarios especiales	Participantes en cursos cortos	Total
Empresa Brasilera de Pesquisa Agropecuaria-EMBRAPA, Brasil	-	-	-	-	-	-	4 (4)[2]	4 (4)
Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Ceara-EMPACE, Brasil	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (1)
Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuaria-EMAPA, Brasil	-	-	-					
Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuaria-IPA, Brasil	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (1)
Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias-FONIAP, Venezuela	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (1)
Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional	-	1 (5)	-	-	-	-	2 (2)	2 (2)
Sociedad de Cooperación Técnica Alemana	-	1 (3)	-	-	-	-	-	1 (5)
Banco Interamericano de Desarrollo - BID	-	-	3 (18)	-	-	-	-	1 (3)
Instituto Agronómico de Campinas, Brasil	-	-	-	-	-	-	1 (1)	3 (18)
Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Canadá	-	-	-	5 (41)	-	-	18 (18)	1 (1)
Ministerio de Agricultura, Cuba	-	-	-	-	-	-	2 (2)	23 (59)
Ministerio de Agricultura y Ganaderia, Ecuador	-	-	-	-	-	-	2 (2)	2 (2)
Fundación Nacional de Ciencias, EEUU	-	1 (4)	-	-	-	-	-	2 (2)
Fundación Rockefeller, EEUU	1 (6)	-	-	-	-	-	-	1 (4)
Seminarios Panamericanos de Semillas, Chile	-	-	-	-	-	-	1 (1)	1 (6)
Universidad Técnica de Berlín, Alemania	-	1 (4)	-	-	-	-	-	1 (1)
La Sociedad Real, Londres	-	1 (8)	-	-	-	-	-	1 (4)
Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas, UNDP	-	-	-	-	36 (156)	-	58 (58)	1 (8)
	5 (25)	6 (26)	9 (74)	49 (218)	62 (267)	12 (48)	171 (188)	94 (214)
								314 (846)

1 Todo o la mayor parte del apoyo financiero fue proporcionado por (o por intermedio) de la organización indicada.
2 Las cifras entre paréntesis muestran los meses de adiestramiento.

Cuadro 6.

Principales eventos realizados en las instalaciones de conferencias del CIAT durante 1978.

Fecha	Evento	No. de participantes
Intercambios científicos partrocinados o copatrocinados por el CIAT		
Enero 16-19	Reunión de Discusión sobre los Ensayos Internacionales de Mejoramiento de Fríjol en América Latina	54
Abril 11-14	Reunión de Discusión para la Coordinación y la Planeación de la Colección, Preservación, Distribución y Caracterización de Recursos Forrajeros Tropicales	115
Abril 17-20	Seminario sobre la Producción y Utilización de Forrajes en los Suelos Acidos e Infértiles del Trópico	185
Abril 25-27	Reunión de Discusión sobre Cosecha y Procesamiento de Yuca	21
Oct. 9-11	Reunión del Comité Asesor del Programa de Fríjol	6
Nov. 1-3	Reunión de Discusión sobre los Sistemas de Documentación en Economía Agrícola y Desarrollo Rural en América Latina	21
Eventos de Organización del CIAT		
Enero 20	Controles Fitosanitarios ICA-CIAT	20
Mayo 8-10	Seminario sobre Avances en la Investigación en el CIAT	100
Dic. 1-2	Comité Asesor del Proyecto Especial UNDP/CIAT	12
Dic. 11-15	Revisiones Internas de los Programas	80
Cursos de Adiestramiento en el CIAT		
Ene. 14-Feb. 13	Curso Corto de Yuca para Becarios de Asia	31
Ene. 30-Mar. 3	Curso Corto de Producción de Fríjol	30
Feb. 27-Nov. 15	Curso de Producción de Arroz	10
Mayo 3-30	Curso Intensivo de Yuca	48
Jun. 26-Nov. 30	Curso de Manejo de Pastos	21
Jul. 3-Ago. 3	Curso Corto de Documentación	16
Jul. 17-Nov. 17	Curso de Producción Porcina	20

Cuadro 6. (continuación)

Fecha	Evento	No. de participantes
Cursos de Adiestramiento en el CIAT		
Ago. 21-Set. 22	Curso Corto de Producción de Frijol	34
Set. 25-Oct. 6	Curso Corto de Producción de Arroz ICA-CIAT	25
Octubre (4 días)	Curso de Sistemas de Análisis Estadístico	104
Nov. 6-Dic. 1	Curso Corto sobre Tecnología de Semilla	29
Eventos Realizados en el CIAT con el Patrocinio de Otras Instituciones		
Feb. 13-17	Unión de Países Exportadores de Banano — Primera Reunión del Programa Coordinado de Investigaciones	44
Feb. 22-24	Fondo Ganadero del Valle — Utilización de Subproductos Agrícolas en la Alimentación Animal	120
Marzo 29-30	ASOCAÑA — Cosecha de Caña de Azúcar	70
Junio 7-9	Reunión de los Directores Regionales del ICA	40
Julio 24-31	Reunión Regional de la Catholic Relief Services	62
Ago. 11-12	Asociación de Especialistas en Veterinaria Avícola — Incubación	110
Ago. 14-18	UNIVALLE/Harvard School Medicine — Educación y Curriculum Médico	40
Set. 6-8	Reunión Anual de Parasitólogos del ICA	15
Nov. 8-10	TECNICAÑA — Relación Agua-Suelo-Planta	100

Unidad de Servicios de Documentación

En años anteriores, se habían concentrado esfuerzos en la colección de gran cantidad de información, principalmente en relación con los programas del CIAT a fin de dar a éstos suficiente apoyo informativo. Durante 1978, la Unidad de Servicios de Documentación entró en una nueva etapa, en la cual se dio más amplitud a la difusión de los productos obtenidos con el procesamiento de la información y con los nuevos enfoques logrados en el campo del manejo de la información, enfoques que han mostrado tener mucho éxito y aceptación.

Esta tendencia hacia el fortalecimiento de la transferencia de los servicios de información hacia los países, se puso de manifiesto en el primer Curso de Documentación Agrícola, realizado en julio y agosto, con representantes de 11 países latinoamericanos.

Durante el año, el servicio de documentación sobre Economía Agrícola y Desarrollo Rural en América Latina entró en una etapa de complementación y de mayor colaboración interinstitucional. Se celebraron conversaciones preliminares con miembros del personal del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), en particular con las personas vinculadas con la red internacional de información AGRINTER; en tales conversaciones, como también en una reunión de discusión sobre las necesidades de información de los usuarios, se llegó a la conclusión de que sería conveniente dar a este sistema un enfoque más colaborativo, procurando una descentralización gradual de las actividades hacia las instituciones nacionales, las cuales constituyen los núcleos o eslabones de la red de AGRINTER.

Dentro de este marco de colaboración interinstitucional la Unidad proporcionó servicios de asesoría al Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT), para iniciar un centro de documentación sobre sorgo y millo.

Se inició un nuevo servicio de documentación en el área de Pastos Tropicales, siguiendo la misma filosofía de **información consolidada,** la cual ya ha producido resultados alentadores en otros servicios.

Servicios

El servicio de documentación para Pastos Tropicales se inició a principios de

1978, siguiendo los principios básicos del Centro de Documentación de ofrecer apoyo en información especializada a los programas de investigación del CIAT. A partir de marzo, 314 personas se suscribieron a este nuevo servicio. Los despachos mensuales de tarjetas de resúmenes, en las tres áreas adicionales cubiertas por el Centro, continuaron efectuándose como en años anteriores. En este año, hubo un aumento considerable en el número de suscriptores en las tres áreas: 600 en Yuca; 700 en Fríjol; y 400 en Economía Agrícola.

El número de solicitudes de fotocopias continuó aumentando para las Páginas de Contenido en Ciencias Agrícolas, Ciencias Pecuarias y Economía Agrícola. Este año, se solicitaronn fotocopias de 11,500 artículos cuyos títulos aparecieron en las Páginas de Contenido, en las siguientes áreas: Ciencias Agrícolas, 5045; Ciencias Pecuarias, 5676; y Economía Agrícola, 779. Adicionalmente, se solicitaron fotocopias de 983 documentos como resultado de los servicios de las tarjetas de resúmenes.

Actualmente, las Páginas de Contenido se están distribuyendo por dos canales: despachos a instituciones en varios países de América Latina y despachos directos del CIAT a personas e instituciones. De esta manera, se alcanza una audiencia más grande y en cierta forma, se descentraliza la distribución. Se envía un total de 1300 ejemplares por intermedio de instituciones en nueve países y 1867 ejemplares, directamente, desde el CIAT. La demanda de este servicio está aumentando constantemente, lo cual es un indicativo de que es útil como servicio de alerta para técnicos y científicos de América Latina.

El servicio de búsquedas especializadas hechas por el Centro de Documentación también ha experimentado una creciente demanda. Durante 1978, se procesaron 134 búsquedas, distribuídas en las siguientes áreas: 59 en Yuca, 45 en Fríjol, 26 en Economía Agrícola y 4 en Pastos Tropicales. Además de las búsquedas especializadas procesadas por el Centro de Documentación, el servicio de Referencia de la Biblioteca prepara bibliografías cortas, sobre temas específicos, a solicitud de los científicos del CIAT. Durante el año, se prepararon 14 de estas bibliografías cortas.

El procesamiento de series de publicaciones de instituciones científicas y estaciones agrícolas experimentales continuó, así como también el de material suplementario en forma de panfletos. Se procesó un total de 1417 documentos y se clasificaron 985 panfletos bajo títulos temáticos generales, los cuales se almacenaron en el archivo vertical.

Boletín Informativo sobre Yuca

En 1978, se publicaron los números 3 y 4 del Boletín Informativo sobre Yuca, en inglés y en español. Esta publicación ha despertado mucho interés entre los técnicos que trabajan en esta área. Se recibieron numerosas contribuciones de los usuarios, lo cual indica que la publicación está logrando su objetivo básico que es el de servir como medio de difusión para las actividades profesionales que se están llevando a cabo y como instrumento de comunicación entre los investigadores en yuca, distribuídos por todo el mundo. Este boletín se distribuye gratuitamente a los suscriptores del Centro de Información sobre Yuca y a otras personas e instituciones interesadas en las diferentes áreas de la producción de yuca.

Otras Publicaciones

Siguiendo el principio de Información Consolidada, el cual guía las actividades

generales de la Unidad, el Centro de Información sobre Yuca publicó en inglés y en español, *Las plagas de la yuca y su control,* por los entomólogos Anthony C. Bellotti y Aart van Schoonhoven; esta monografía es una revisión crítica de la literatura sobre el tema. Además, se publicó en inglés y español el documento intitulado *Secamiento de la Yuca,* escrito por un ex-científico visitante del CIAT, Rupert Best. Este manual describe un método sencillo para lograr el secamiento de yuca en pequeña escala.

A principios de 1978, el Centro de Información sobre Yuca editó y publicó las memorias de la Reunión sobre Protección de Yuca (Cassava Protection Workshop), realizada en el CIAT, en noviembre de 1977.

Servicios de Asesoría

Durante el mes de junio, el Coordinador de la Unidad sirvió como asesor al ICRISAT para ayudar a establecer un centro de documentación sobre sorgo y millo, el cual será financiado por el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID). El modelo utilizado en este Centro sigue el esquema básico del Centro de Información sobre Yuca del CIAT, el cual ha probado ser viable y adecuado para los países en desarrollo.

Durante 2 semanas, el personal del ICRISAT que trabaja en documentación recibió adiestramiento en el manejo del sistema Termatrex para Almacenamiento y Recuperación de Información, el cual utiliza actualmente el CIAT y en la preparación de resúmenes analíticos. El Dr. Donald Leatherdale, del IDRC, preparó un tesaurus sobre sorgo y millo, elemento esencial para la indización y recuperación de información contenida en la colección de 13,000 documentos que el ICRISAT ya posee.

Curso de Documentación Agrícola

Ya se reconoce en América Latina la función de las Ciencias de la Información en las instituciones nacionales e internacionales de investigación y en universidades; este hecho se manifiesta por la creciente demanda de personal adiestrado en esta área. En respuesta a tal demanda y con el propósito de normalizar el adiestramiento en servicio—el cual había sido ofrecido a solicitud de las diferentes instituciones—la Unidad de Servicios de Documentación realizó un curso corto, de 9 semanas de duración, para documentalistas agrícolas.

El curso se orientó hacia el conocimiento práctico de los elementos básicos y operaciones de un Centro de Documentación Agrícola, con énfasis en las actividades realizadas por el Centro de Documentación del CIAT. El curso se diseñó para profesionales y técnicos que estuvieran trabajando en el campo de la información agrícola; asistieron 16 becarios de los siguientes países latinoamericanos: Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Chile, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Panamá y Perú.

El curso, integrado por 12 unidades, cubrió las siguientes áreas: estado actual de la información en América Latina, metodología de la investigación social, estudio de unidades de información, naturaleza y tipos de documentos, preparación de citas bibliográficas, sistemas de búsqueda de información, procedimientos para seleccionar y adquirir materiales,

clasificación y catalogación, conceptos generales y preparación de tesaurus, guías y prácticas en la preparación de resúmenes analíticos, sistemas de almacenamiento y recuperación de información, y métodos de difusión de información, con énfasis (en este último tópico) en la preparación de las Páginas de Contenido.

Al final del curso, cada becario presentó un trabajo para poder evaluar el conocimiento adquirido y la posibilidad de aplicación, dentro de la realidad de su país e institución.

Evaluación de los Servicios de Documentación

Como parte de las evaluaciones periódicas realizadas en el Programa y con ocasión de la reunión de CEDEAL, se hizo una encuesta entre los usuarios de CEDEAL para evaluar algunos aspectos de los servicios prestados actualmente. El estudio tuvo cuatro objetivos: 1) determinar áreas temáticas de mayor interés para los usuarios; 2) evaluar la utilidad de las Páginas de Contenido y de los Servicios de Resúmenes; 3) determinar quiénes están haciendo uso de los servicios, según profesión, estudios académicos, país y tipo de trabajo y 4) obtener información suministrada por los usuarios sobre la naturaleza de los documentos en los cuales CEDEAL debe hacer más énfasis.

Con base en las respuestas recibidas, se obtuvieron las siguientes conclusiones preliminares generales: la mitad de los usuarios de los servicios de CEDEAL son economistas o economistas agrícolas; casi 4 de 5 de ellos tienen títulos avanzados y el 72 por ciento trabaja en proyectos de investigación. Una gran mayoría de los entrevistados consideró que los servicios son muy útiles; aún más, muchos de ellos conserva ciertos materiales, tales como las Páginas de Contenido, para hacer posteriormente búsquedas retrospectivas de información. Con relación a aquellos documentos en los cuales CEDEAL debería poner más énfasis, los usuarios sugirieron los tres siguientes, en orden de importancia: artículos de revistas científicas, tesis de grado, y panfletos mimeografiados o informes internos de circulación limitada (materiales no convencionales). Esto se puede interpretar como una necesidad aún mayor de literatura primaria, lo cual no se había previsto. Esto indicaría que, por lo menos en las ciencias sociales, los técnicos latinoamericanos no tienen siquiera acceso adecuado a los artículos de revistas científicas y muchos menos, a la información inédita.

Reunión de CEDEAL

En noviembre de 1978, el IICA y el CIAT llevaron a cabo una reunión cuyo objetivo central fue analizar la posibilidad de combinar resuerzos entre el ICA, el CIAT y los países latinoamericanos, a fin de iniciar un programa colaborativo de documentación en economía agrícola y desarrollo rural. A la reunión asistieron 31 personas, representantes de las oficinas regionales del IICA, de universidades en Argentina y Brasil, organismos internacionales y centros de documentación e investigación, además de los representantes del CIAT.

Las siguientes fueron las conclusiones más importantes:

1. Hubo consenso general sobre la necesidad y utilidad de los servicios de documentación prestados por CEDEAL.

2. Se recomendó mantener los objetivos originales de CEDEAL, pero limitán-

dose a cubrir material de origen latinoamericano.

3. Se sugirió descentralizar gradualmente el insumo de documentos a CEDEAL, haciéndolo por intermedio de las oficinas regionales del IICA y eventualmente, por intermedio de las instituciones nacionales que forman la red AGRINTER.

4. Hubo un acuerdo general relacionado con el carácter complementario que existe entre los servicios prestados por AGRINTER y CEDEAL. En otras palabras, CEDEAL hace las funciones de centro Nivel II del sistema AGRINTER.

5. Los participantes sugirieron específicamente que los resúmenes publicados en tarjetas y los volúmenes anuales acumulativos, deben continuar siendo una función principal de los servicios de CEDEAL. También recomendaron la continuación del servicio de Páginas de Contenido, debido a su gran demanda y utilidad como servicio de alerta.

Unidad de Comunicaciones

En un esfuerzo para asegurar que los diversos grupos que interactúan con el CIAT reciban información útil y sistemática sobre los objetivos, actividades, logros obtenidos y planes futuros del Centro, en julio de 1978 se creó la Unidad de Comunicaciones, dentro de la actividad de la Cooperación Internacional. Las funciones principales de la Unidad son: 1) diseminar, como "paquetes" informativos, los resultados de la investigación obtenidos por los programas de investigación del CIAT para que sean recibidos por audiencias apropiadas; 2) mantener y mejorar constantemente la imagen del CIAT ante los donantes, los países a los cuales sirve el Centro y al público en general; y 3) atender las necesidades de publicaciones que tienen los programas y unidades del CIAT.

La Unidad está formada por secciones dedicadas a: 1) analizar las necesidades de información que tienen los diversos públicos o "clientela" a los cuales sirve el CIAT; 2) desarrollar mensajes (tanto para los medios impresos como para los no impresos); 3) establecer una sólida secuencia de producción de mensajes—composición/impresión, fotografía y artes gráficas; y 4) hacer una distribución eficiente y lo más amplia posible de los materiales de información que produce el CIAT.

Series de Publicaciones

En colaboración con los programas y unidades de investigación del Centro — especialmente con la Unidad de Servicios de Documentación — la Unidad de Comunicaciones produjo un gran volumen de publicaciones dentro de series específicas, las cuales se presentan en el Cuadro 1.

Producción de Materiales de Adiestramiento

En 1978, se continuaron los esfuerzos para producir juegos de materiales audiovisuales didácticos (llamados unidades audiotutoriales). A finales del año, se había completado un total de 21 unidades audiotutoriales (Cuadro 2); en ese momento, había 12 unidades más en las etapas finales de producción y otras 24 estaban en las etapas iniciales de su producción.

Durante el mismo año, muchas de las unidades fueron utilizadas con mucho éxito en varios cursos de adiestramiento, ofrecidos por el CIAT. En el segundo semestre de 1978, las instalaciones de proyección de las unidades audiotutoriales (con 18 cabinas individuales) entraron en la fase de operación total. De esta manera, muchos participantes de los programas de

Cuadro 1.

Publicaciones producidas en las series establecidas del CIAT, durante 1978.

Código	Título	Idioma	No. de páginas	Tiraje
Generales				
02S1-77	Informe Anual, 1977	Esp./Ing.	424	3700
02S2-77	Progresos, 1977	Esp./Ing.	64	6000
01S-3	Noti-CIAT	Esp./Ing.	4	8000
	Boletín de Visitantes	Esp./Ing.	20	8500
Específicas por Programa				
02S1R-77	Informe Anual de Arroz	Esp./Ing.	21	1050
02S1C-77	Informe Anual de Yuca	Esp./Ing.	76	2900
02S1G-77	Informe Anual de Ganado de Carne	Esp./Ing.	124	1350
02S1B-77	Informe Anual de Fríjol	Esp./Ing.	94	1500
02S1S-77	Informe Anual de Porcinos	Esp./Ing.	16	1460
02S1Tr-77	Informe Anual de Adiestramiento	Esp./Ing.	21	400
06SB-2	Factores que limitan la Productividad del Fríjol en Colombia	Esp.	44	2500
06SB-1	Evolución de la Producción de Fríjol en América Latina durante la Ultima Década	Esp.	48	3500
07SB-1	Problemas de Campo en los Cultivos de Fríjol en América Latina	Esp./Ing.	136	6000
06SG-1	La Economía de la Fiebre Aftosa: Análisis de sus Externalidades y Estrategias de Control en la costa norte de Colombia	Esp.	53	1000
03SR-1	Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina: Informe de la Segunda Conferencia, noviembre, 1977; Cali, Colombia	Esp./Ing.	37	1000
03EG-4	Trabajos presentados en el Seminario sobre Ectoparásitos en Bovinos en América Latina, agosto, 1975; Cali, Colombia	Ing.	186	1000
03SG-3	Hemoparásitos (Anaplasmosis y Babesiosis), marzo, 1975; Cali, Colombia	Esp;	137	1000

Cuadro 1. (continuación)

Código	Título	Idioma	No. de páginas	Tiraje
03EC-1	Memorias de la Reunión de Discusión sobre Protección del Cultivo de Yuca, noviembre, 1977; Cali, Colombia	Ing.	244	1000
05-SS-6	Utilización de las Puliduras (Polvillo) de Arroz en Raciones para Cerdos en Crecimiento y Acabado	Esp.	26	2330
09SC-2	Plagas de la Yuca y su Control	Esp./Ing.	76	3000
05SC-4	Secamiento de la Yuca	Esp./Ing.	26	4000
Publicaciones de Documentación				
01SC-3	Boletín de Yuca #3	Esp./Ing.	18	3500
01SC-4	Boletín de Yuca #4	Esp./Ing.	18	3500
08SC-4	Resúmenes Analíticos sobre Yuca, Vol. IV	Esp./Ing.	174	3000
08SB-3	Resúmenes Analíticos sobre Fríjol, Vol. III	Esp./Ing.	272	3000
08SE-3	Resúmenes Analíticos sobre Economía Agrícola en América Latina	Esp.	260	1500

adiestramiento del Centro, pudieron seleccionar aquellas unidades que más les convenía para su estudio a nivel individual.

También en el segundo semestre de 1978, la Unidad de Comunicaciones inició la distribución de duplicados de estas unidades audiotutoriales a las instituciones nacionales y a otros centros de adiestramiento agrícola. A pesar de que este esfuerzo de difusión de información se encontraba aún el año pasado en una etapa temprana de desarrollo, esta actividad constituirá una parte importante de los esfuerzos que se harán en el área de producción de materiales de adiestramiento, esfuerzos que se ampliarán significativamente en 1979. Aunque las unidades audiotutoriales se están produciendo sólo en español, se reconoce que, en el futuro, estas unidades deben también hacerse en inglés y en portugués. En el caso de este último idioma, se han hecho convenios iniciales con la Empresa Brasileira de Asistencia Técnica y Estençao Rural (EMBRATER), la institución nacional brasilera de extensión agrícola, mediante los cuales esta organización producirá las unidades generadas por el CIAT en portugués. A finales de 1978, EMBRATER ya había iniciado esta labor con las primeras diez unidades suministradas por el CIAT.

Otros Medios de Comunicación

Durante 1978, la Unidad de Comunicaciones también produjo tres programas de tipo audiovisual para proporcionar información sistemática y actualizada sobre las operaciones del CIAT a los muchos visitantes que diariamente recibe el Centro. Además, se organizaron tres exhibiciones para representar al CIAT en varios eventos agropecuarios realizados en Colombia. Finalmente, se produjo un número

Cuadro 2.

Unidades audiotutoriales terminadas hasta el 31 de diciembre de 1978. (Las unidades sólo están disponibles en español.)

Código	Título
	Unidades sobre Arroz
04SR-01. 02	Preparación de suelos para el cultivo del arroz bajo el sistema de inundación
04SR-05. 01	Latencia y pregerminación de la semilla de arroz
04SR-05. 02	Morfología de la planta de arroz
04SR-07. 04	Evaluación de la resistencia varietal del arroz a sogata y al virus de la hoja blanca
04SR-07. 03	Evaluación de la calidad del arroz
	Unidades sobre Fríjol
04SB-08. 02	Cruzamiento del fríjol
04SB-05. 01	Descripción y daños de las plagas que atacan el fríjol
04SB-06. 04	Enfermedades causadas por virus y su control
04SB-12. 03	Semilla de fríjol de buena calidad
	Unidades sobre Yuca
04SC-03. 01	Descripción de las enfermedades de la yuca
04SC-06. 01	Sistema de propagación rápida de la yuca
04SC-04. 01	Control de *Erinnyis ello* (gusano cachón de la yuca)
04SC-02. 01	Un tipo ideal de planta de yuca para rendimiento máximo
	Unidades sobre Control de Malezas
04SW-03. 01	Principios básicos para el manejo y control de las malezas en los potreros
04SW-03. 01	Guía práctica para el control químico de las malezas en los potreros
04SW-01. 01	Principios básicos para el manejo y control de las malezas en los cultivos
04SW-01. 05	Factores que condicionan la eficiencia de los herbicidas
04SW-01. 04	Herbicidas: Modo de actuar y síntomas de toxicidad
04SW-01. 02	Información básica sobre la competencia entre las malezas y los cultivos

limitado de artículos sobre el Centro y sus programas, los cuales se publicaron en varias revistas, órganos informativos de varias asociaciones profesionales y en periódicos de información general de América Latina.

Servicios para Visitantes

Durante el año, la Oficina de Información Pública de la Unidad, recibió y guió a 6350 visitantes por las instalaciones y predios del Centro. Estos visitantes procedentes de todo el mundo (en especial de países latinoamericanos) incluyeron científicos, representantes gubernamentales, especialistas en producción, agricultores y personas con un interés general no específico. En 1978, el número de visitantes recibidos fue un 70 por ciento superior al número que se recibió en el año anterior.

Servicios de Comunicación para el CIAT

La Unidad de Comunicaciones y la anterior Sección de Servicios de Información (la cual funcionó durante la primera mitad del año 1978), proporcionó servicios de comunicación muy amplios a los programas de investigación, a las unidades de apoyo y a la administración del Centro. Estos servicios incluyeron la edición y publicación de manuscritos, fotocomposición, fotografía, artes gráficas, y servicios de imprenta. Además, se realizó todo el trabajo de fotocopias que necesita el Centro.

Planes Futuros Inmediatos

La Unidad de Comunicaciones continúa prestando los servicios diarios que requiere el Centro, pero, también ha identificado ciertas áreas en las cuales se necesitan mayores esfuerzos de información.

El Informe Anual y la nueva publicación denominada Avances, continuarán siendo los vehículos principales por medio de los cuales se proporcionará a la comunidad científica del mundo y al público indeterminado en general, respectivamente, la información técnica que corresponde a las actividades del CIAT. Además la Unidad publica información técnica en varias de las series establecidas. Durante 1979 la Unidad tratará de aumentar el número de estas publicaciones técnicas, las cuales estarán a disposición de los colaboradores de investigación y de otros contactos que tiene establecidos el Centro.

Se dará mayor énfasis a la publicación de boletines informativos en relación con un producto agropecuario específico, los cuales se publicarán bimensualmente. En 1979, se iniciarán dos boletines informativos de esta naturaleza.

En el área de materiales de adiestramiento, la producción de unidades audiotutoriales iniciará labores en dos nuevas áreas: producción de ganado de carne (especialmente pastos tropicales) y tecnología de semillas; con ello, se suplementará las unidades ya producidas en yuca, fríjol y control de malezas.

Para tratar de ayudar a mantener bien informado al público general sobre las metas, actividades y logros del CIAT, la Unidad tiene planeado producir una serie de folletos informativos sobre el Centro y sus programas específicos. También, se proyecta producir una película a color de 16 mm y varios programas audiovisuales seleccionados para visitantes. También, se intensificarán los esfuerzos en la producción y diseminación de un mayor número de artículos para hacerlos llegar hasta los canales existentes de comunicación masiva.

Unidad de Semillas

Durante el período final de 1977 y la mayor parte de 1978, la Unidad de Semillas funcionó primordialmente con el apoyo de la Fundación Rockefeller. En noviembre de 1978, se ratificó un plan general de desarrollo de la Unidad, con la firma de un acuerdo entre la Confederación Suiza representada por la Cooperación Suiza para el Desarrollo y el CIAT. El acuerdo proporciona apoyo total, durante 3 años, con fondos proyectados a 2 años adicionales.

Antecedentes

A medida que el CIAT y otros centros internacionales y nacionales de investigación tienen éxito en la generación de tecnología mejorada, se hace más evidente la necesidad de hacer un mayor esfuerzo en la producción y suministro de semilla de buena calidad. Durante los últimos 20 años, el desarrollo de programas sólidos de semillas en América Latina y en el área del Caribe ha sido lento. Los factores que han contribuido a este desarrollo lento han sido: la falta de personal adiestrado y de políticas poco definidas e inconsistentes; la disponibilidad limitada de Semilla Genética y Básica para su multiplicación posterior por empresas productoras de semilla; problemas en la producción y en el almacenamiento de semilla, y deficientes sistemas de mercadeo.

Muchos países del área tropical tienen dificultad en superar estos problemas. Es difícil para las instituciones de asistencia técnica y para los donantes, proporcionar los requerimientos de planeación y apoyo, a largo plazo, a cada país que necesita asistencia en tecnología de semillas. Por lo tanto, es necesario contar con un instrumento científico que proporcione oportunidades especiales de adiestramiento, que ofrezca colaboración técnica a los países, que intente resolver problemas que afectan adversamente la calidad y la cantidad de la semilla y que proporcione semillas de variedades (o de cultivares) promisorias y materiales mejorados, para su evaluación y amplia multiplicación.

El CIAT ofrece muchas ventajas como institución y como localidad dentro de la región tropical para satisfacer estas necesidades. En este Céntro existen excelentes facilidades de adiestramiento y de servicios de información. Los programas del CIAT proporcionan una sólida base técnica sobre los requerimientos de la producción de semilla. Esa información permitirá orientar científicamente a los programas de producción de semilla para que su labor sea más eficiente. Es fácil establecer vínculos profesionales con los especialistas de los programas del CIAT para resolver problemas relacionados con

tecnología de semillas. En el CIAT existe la Unidad de Recursos Genéticos y con ella es posible establecer algunas actividades colaborativas. En las inmediaciones de la sede del CIAT existen empresas colombianas dedicadas a la producción de semillas las cuales tienen excelente capacidad técnica y están en pleno proceso de desarrollo. Además, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) opera un programa de control de calidad bien desarrollado. Por consiguiente, el CIAT tiene muchas ventajas — como Centro Internacional que es — desde el cual es posible proporcionar asistencia en diversos campos de la tecnología de semillas a los programas de producción de semillas en la región.

Objetivos

Con base en los requerimientos anteriormente mencionados y en los recursos disponibles, la Unidad de Semillas enfocarán sus esfuerzos hacia el logro de los siguientes objetivos:

1) Adiestrar personal que trabaje en instituciones gubernamentales y privadas, principalmente de los países de América Latina y del Caribe; el adiestramiento cubrirá diversos aspectos, a diferentes niveles, de la industria de producción de semillas; también, impartirá conocimientos sobre el desarrollo de un programa de producción de semillas y sobre los fundamentos de la tecnología de semillas.

2) Prestar colaboración técnica a los países en la región tropical (en especial, de América Latina), con el fin de satisfacer una amplia gama de necesidades, con el propósito de ampliar la producción de semilla de alta calidad, de variedades mejoradas, con énfasis en — pero no necesariamente con restricción a — los productos agropecuarios con los cuales trabaja el CIAT.

3) Realizar investigación en tecnología de semillas, principalmente en colaboración con los programas del CIAT y en relación con los problemas que se presentan en la región.

4) Proporcionar una sola unidad de multiplicación y de distribución de semilla, la cual puede: a) cooperar con los programas del CIAT en la multiplicación, secamiento, procesamiento, almacenamiento y distribución de material experimental avanzado y Semilla Genética y Básica, a los países colaboradores para la realización de ensayos a nivel de finca y para su multiplicación posterior; b) establecer una sólida relación con las actividades de adiestramiento con el fin de que esta actividad sea tan práctica como sea posible; y c) ayudar en la propagación e introducción de semilla de los productos agropecuarios específicos con los cuales trabajan otros centros internacionales de investigación agrícola, a los países de América Latina y del área del Caribe.

Actividades en 1978

Además de la planeación y desarrollo global de la Unidad, en 1978 se adelantaron las siguientes actividades conexas:

1) Se organizó un curso de adiestramiento de 4 semanas para 20 profesionales procedentes de 12 países. El curso fue parcialmente patrocinado por la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID) y tuvo la asistencia de tres miembros del personal de la Universidad Estatal de Mississippi (EEUU). Otros colaboradores fueron: algunos especialistas del ICA, en Colombia y del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA), en Guatemala, y el doctor Ronald Echandi, de la Universidad de Costa Rica.

2) El Coordinador de la Unidad participó, durante 3 semanas, con el Grupo

Panameño de Revisión para la Producción de Semillas, en la preparación de un informe para el gobierno de ese país.

3) Se proporcionó asistencia a un curso de adiestramiento impartido en la Universidad de Costa Rica.

4) El Coordinador también participó en el Primer Simposio Subregional Andino sobre Semillas y en la Reunión de Maiceros Andinos, ambos eventos realizados en Lima, Perú.

5) Se reunió información básica sobre los programas de semillas que operan en varios países de la región, con especial énfasis en Panamá, Guatemala, Colombia y Perú.

6) Se proporcionó asistencia en la preparación de varias unidades audiotutoriales de adiestramiento.

Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/CIAT

Durante 1978, el personal de la Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/-CIAT dedicó el 80 por ciento de su tiempo a las actividades de cooperación internacional y el 20 por ciento, a la investigación en CIAT-Palmira y en CIAT-Quilichao. Se dedicaron aproximadamente 260 días a actividades realizadas fuera del CIAT, conforme a la filosofía bajo la cual opera la Unidad, de reforzar los programas nacionales de maíz.

INVESTIGACION REALIZADA EN CIAT-PALMIRA

Mejoramiento Genético para Reducir Altura de Planta

Una de las razones por las cuales hay falta de estabilidad en el rendimiento de las variedades tropicales de maíz es su altura excesiva, lo cual las hace susceptibles al volcamiento; a su vez, esta condición causa altas tasas de pudrición en las mazorcas. El problema se agrava aún más en zonas en las cuales se practica una agricultura modernizada, ya que los cultivos reciben suficientes insumos, especialmente fertilizantes. En estas zonas, el maíz crece vigorosamente y es más susceptible al volcamiento. En las regiones en las cuales el maíz se cosecha mecánicamente, las pérdidas debidas al volcamiento pueden ser hasta del 40 por ciento puesto que las cosechadoras sólo pueden recoger muy poco del maíz caído. En los países andinos todos los programas de mejoramiento de maíz están trabajando para reducir la altura de la planta en sus materiales genéticos.

Debido a las condiciones agroclimatológicas favorables que se presentan en el Valle del Cauca de Colombia, las plantas de maíz crecen mucho más que en la mayoría de las otras localidades de la zona andina, lo cual hace que esta región sea ideal para seleccionar por altura de planta. Todos los materiales de maíz que se están cruzando y mejorando en el CIAT se seleccionan con el criterio de la altura de la planta como una de las características deseables. En el caso específico de dos grupos de materiales — los "Pools" de germoplasma del CIMMYT y la variedad La Posta— la altura de la planta es el principal criterio de selección.

La Posta

La Posta es una variedad con un buen potencial de rendimiento (11 ton/ha, a

nivel experimental), pero tiene una altura de planta excesiva (3 m), cuando se siembra aplicando "alta tecnología". Cuando se siembra bajo condiciones de baja fertilidad, con humedad deficiente o excesiva, su altura se reduce, pero el tamaño de la mazorca, y por lo tanto el rendimiento, no disminuye proporcionalmente.

Hasta el momento, esta variedad ha sido sometida a un sistema de mejoramiento de medios hermanos, pero los resultados obtenidos con la altura de la planta no han sido promisorios, aunque sí se ha mantenido el rendimiento potencial. En el siguiente ciclo de siembra, se utilizará un sistema de mejoramiento de hermanos completos, para tratar con más intensidad de disminuir la altura de la planta de esta variedad promisoria.

"Pools" de Germoplasma del CIMMYT

Estos materiales básicos de mejoramiento tienen una amplia base genética. En el CIMMYT, se manejan en un sistema de medios hermanos. En el segundo semestre de 1978, se sembraron ocho de estos materiales en CIAT-Palmira y se hicieron varios cruces, de hermanos completos, entre las plantas de menor altura. En este ciclo, la altura de la planta se redujo en un promedio de 36 cm en los ocho grupos (Cuadro 1).

Poblaciones Genéticas con Alto Contenido de Proteína

Generalmente el maíz común contiene 9 a 11 por ciento de una proteína de baja calidad, la cual es deficiente en dos aminoácidos básicos: lisina (2% de la proteína total) y triptófano (0,4%).

La calidad de la proteína del maíz se puede mejorar incorporando el gene mutante opaco-2. Si bien un maíz opaco-2 contiene aproximadamente 4 por ciento de lisina y 1 por ciento de triptófano, presenta sin embargo otras desventajas: 1) el rendimiento decrece (5-15% en relación con el maíz normal, ya que el endosperma del opaco-2 es blando o harinoso y pesa menos que el del maíz normal); 2) la mayoría de los consumidores no gustan de este grano debido a su apariencia; y 3) el endosperma blando es atacado con mayor facilidad en el campo y durante el almacenamiento por algunos patógenos, tales como *Fusarium* y *Diplodia*, como también por insectos.

Cuadro 1.

Selecciones hechas por altura de planta en ocho complejos de germoplasma del CIMMYT, CIAT 1978B.

Material	Altura de la planta (m)			
	$\bar{X}$ de la población	Rango	$\bar{X}$ de la selección	Rango
Pool 15 - Tropical Early White Flint	2.18	1.65-2.65	1.85	1.65-2.05
Pool 16 - Tropical Early White Dent	2.17	1.65-2.60	1.84	1.65-2.00
Pool 17 - Tropical Early Yellow Flint	2.13	1.60-2.55	1.84	1.60-1.95
Pool 18 - Tropical Early Yellow Dent	2.19	1.65-2.45	1.85	1.65-2.00
Pool 19 - Tropical Intermed. White Flint	2.32	1.65-2.60	1.96	1.65-2.05
Pool 20 - Tropical Intermed. White Dent	2.41	1.85-2.75	1.99	1.85-2.10
Pool 21 - Tropical Intermed. Yellow Flint	2.38	1.80-2.75	1.95	1.80-2.10
Pool 22 - Tropical Intermed. Yellow Dent	2.48	1.90-2.75	2.04	1.90-2.19

A pesar de estos problemas, existen algunos genes que modifican la acción del gene opaco-2 y así, se produce un grano de endosperma duro. La acción de los genes modificadores es afectada en alguna medida por el ambiente; por esta razón, se consideró necesario iniciar un programa de mejoramiento con opaco-2 en CIAT-Palmira. Se escogió la población de maíz PD (MS_6) HEO_2 como base, debido a que era una de las poblaciones que presentaba una mayor estabilidad cuando se inició el experimento.

Hasta el momento, se han hecho selecciones durante tres ciclos utilizando un sistema de mejoramiento de medios hermanos. Después de cada ciclo, se ha enviado al CIMMYT una muestra de mazorcas seleccionadas por endosperma duro o cristalino, para realizar análisis de proteína y triptófano; en el ciclo siguiente, sólo se siembran aquellos materiales que presentan mayores valores en los análisis.

Durante los tres ciclos cultivados, el contenido de proteína en la población ha aumentado de 8.50 a 9.18 por ciento, en tanto que los niveles de triptófano han permanecido iguales, o sea, a un nivel de aproximadamente 0.72 por ciento.

Ensayos de Rendimiento

Los rendimientos de maíz en el Valle del Cauca de Colombia son un buen indicativo del potencial de rendimiento de la variedad en otras partes de la zona andina; consecuentemente, los materiales siempre se evalúan en CIAT-Palmira para obtener algún indicativo de su valor. En 1978 se sembraron 6 experimentos de rendimiento y se tienen los resultados de 3 de ellos.

Suwan-1

Esta es una población de maíces de grano amarillo, proveniente de Tailandia, que ha sido seleccionada en Colombia por su rendimiento y resistencia a la cenicilla vellosa *(Sclerospora sorghi)*. En 1977, se sembró 1 kg de semilla de Suwan-1 en un lote aislado y luego, se seleccionaron 250 plantas del grupo, al momento de la cosecha. El material seleccionado era, esencialmente, de familias medio hermanas. En el primer semestre de 1978, estas familias fueron sembradas en ensayos de rendimiento.

Los rendimientos de las familias indicaron el alto potencial de esta población, con un promedio global de 6.5 ton/ha; 54 familias superaron las 7 ton/ha.

La altura promedio de las plantas es aún relativamente alta (2.56 m); sin embargo, 118 familias tuvieron una altura menor que o igual al promedio, lo cual indica la posibilidad de reducir sustancialmente la altura.

Materiales Braquíticos del CIAT

El Programa de Maíz que operaba anteriormente en el CIAT había producido una serie de materiales incorporando el gene br_2 de baja altura. Estos materiales se están evaluando con el objetivo de seleccionar y distribuir los mejores para la zona andina.

En el primer semestre de este año, se sembraron y evaluaron 33 materiales del CIAT. Ocho materiales sobrepasaron en rendimiento al testigo local (ICA HE-212), produciendo entre 6.7 y 8.2 ton/ha.

Materiales Precoces

En varias localidades de la zona andina se requieren materiales de maíz que maduren precozmente. En el primer semestre de 1977, se inició un proyecto para seleccionar materiales por

precocidad, después de haber sembrado en CIAT-Palmira 595 familias relativamente precoces, provenientes de materiales del CIMMYT. De este ciclo se seleccionaron 186 familias por su precocidad, altura de planta y rendimiento potencial. Al siguiente semestre, se seleccionaron sólo 20 de las 186 familias para sembrarlas en 1978 en un ensayo de rendimiento.

Todos los materiales estudiados probaron ser de floración temprana, con un rango de 49 a 52 días, en comparación con el testigo más temprano (variedad Minita, de Venezuela, 48 días) y la más tardía, Suwan-1 (55 días). Una de las selecciones precoces dio el mayor rendimiento (7.33 ton/ha, 15% de grano) en el ensayo, 36 por ciento más que Minita. Otras nueve selecciones también sobrepasaron el rendimiento de Minita, el cual fue de 5.39 ton/ha.

Desarrollo de Maíces Tolerantes al Bajo pH y Alta Saturación de Aluminio en el Suelo

Se estima que hay aproximadamente 850 millones de ha con suelos ácidos en el subcontinente suramericano. Hasta el momento, no ha sido posible producir maíz económicamente en este tipo de suelos, debido a que se requieren altas aplicaciones de cal, si se desea que las plantas se desarrollen normalmente. No existen variedades de maíz que sean totalmente tolerantes a las condiciones de los suelos ácidos.

En el segundo semestre de 1977, se inició en CIAT-Quilichao un proyecto para mejorar materiales tolerantes a los suelos ácidos. El suelo de esa localidad es un Ultisol, con un pH ligeramente superior a 4 y una saturación de Al de más del 80 por ciento. Se sembró un total de 192 materiales de varias fuentes, en hileras individuales de 5 m de largo, en dos repeticiones, una con 5 ton/ha de cal y otra sin cal. Todas las parcelas recibieron 163 kg/ha de úrea, 10 kg/ha de bórax, 22 kg/ha de sulfato de zinc y 300 kg/ha de superfosfato triple.

En el primer ciclo, se seleccionó un total de 76 mazorcas de ambas repeticiones. El cultivo no se desarrolló bien, como consecuencia de las condiciones de sequía extrema que se presentaron en la zona donde se hizo la siembra.

Debido a estos problemas, en 1978A se decidió sembrar nuevamente algunos genotipos que habían mostrado un desarrollo vegetativo aceptable en el primer ciclo, a pesar de que sus rendimientos habían sido bajos. Se sembraron 45 variedades, además de las 76 selecciones, hechas en 1977B, usando un sistema de mejoramiento de medios hermanos, en el cual el polinizador fue una mezcla balanceada de mazorcas seleccionadas en ambas repeticiones (con y sin cal). Durante este ciclo, ninguno de los tratamientos recibió cal, pero se aplicaron algunas enmiendas, como en el caso del primer ensayo. Del ciclo de 1978A, se seleccionaron 120 plantas de ambas repeticiones y nuevamente se sembraron en un patrón de medios hermanos.

La filosofía básica para utilizar este sistema de mejoramiento es la de que, debido a que la cal sólo se aplicó al comienzo del proyecto, la parcela que recibió cal gradualmente se tornará más ácida y el nivel de saturación de Al irá aumentando, después de haber disminuido, como consecuencia del encalamiento original. Se cree que con la selección bajo estas condiciones y luego, la recombinación de genotipos seleccionados, es posible obtener recombinaciones genéticas que sean más

tolerantes a estos factores edafológicos adversos. Las selecciones hechas, en cada ciclo, de la parcela que no recibió cal, también contribuyen con algunos genotipos tolerantes a los suelos ácidos.

Asociaciones de Maíz/ Caña de Azúcar

En 1977, se presentaron informes parciales (Informe Anual del CIAT, 1977) de los resultados de un experimento sobre asociación de maíz y de caña de azúcar, para aprovechar la abundante radiación solar que hay disponible cuando la caña está en etapas tempranas de su desarrollo.

La caña se cosechó en agosto de 1978 (17 meses después de la siembra). Los resultados mostraron que, aunque el maíz había rendido entre 1.6 y 3.2 ton/ha, la caña no fue afectada por la asociación. El rendimiento promedio de los testigos (caña sola) fue de 151 ton/ha de caña y 17.1 ton/ha de azúcar. Los rendimientos promedio de todas las parcelas de maíz en asociación, fue de 151.5 ton/ha de caña y un promedio de producción de 17.0 ton/ha de azúcar.

COOPERACION INTERNACIONAL

Germoplasma

Una función de la Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/CIAT es la de promover el intercambio de germoplasma entre los países andinos. Durante las visitas hechas en la zona, se identificaron variedades, colecciones y poblaciones que podrían tener una utilidad general; éstas, conjuntamente con los materiales del CIMMYT y del CIAT, se despacharon a varios países para ser evaluadas en ensayos de observación.

En 1977-78, se enviaron a Bolivia, Ecuador y Venezuela 72 materiales normales tropicales de Colombia, Perú y CIMMYT. Estos materiales se evaluaron en Bolivia y Ecuador, exclusivamente por su rendimiento y adaptación. En Venezuela, los materiales se inocularon con oosporas de *Sclerospora sorghi* para evaluar su reacción a la cenicilla vellosa.

Los resultados del ensayo de introducción establecido en Saavedra, y en Mairana en el Estado de Santa Cruz, ambas en Bolivia, se presentan en el Cuadro 2. Los resultados indicaron que las variedades Tuxpeño Caribe, Pool 25 y Tuxpeño 1 se adaptan a ambas localidades y dan rendimientos sustancialmente más altos que la mejor variedad boliviana, denominada Cubano Amarillo.

En Pichilingue, Ecuador, algunos de los materiales de Colombia mostraron un buen potencial de rendimiento. Dos poblaciones, MB-219 y MB-29, dieron rendimientos de 6.2 y 6.1 ton/ha, respectivamente. Algunos de los materiales del CIMMYT también mostraron tener un buen potencial de rendimiento en esta localidad. Siete variedades dieron un rendimiento más alto que INIAP 515 (4.9 ton/ha) y uno de ellos sobrepasó en rendimiento a Pichilingue 504 (5.5 ton/ha), los dos testigos locales.

En un ensayo establecido en Maracay, Venezuela, bajo infestación artificial de oosporas de *S. sorghi*, diez materiales (7 de Colombia y 3 del CIMMYT) presentaron una buena resistencia a la enfermedad.

Con base en los resultados obtenidos en 1979 en estos ensayos de producción y en los ensayos de variedades experimentales del CIMMYT, el INIAP está evaluando nueve variedades, de las cuales una o más podrían ser entregadas a los agricultores para su producción comercial.

Cuadro 2.

Variedades de maíz de Colombia, Perú y CIMMYT que presentaron el mejor comportamiento en los ensayos de introducción en dos localidades de Bolivia, 1977-78.

Variedad	Origen	Rendimiento (kg/ha) en: Saavedra	% de testigo	Mairana	% de testigo
Tuxp. Caribe	CIMMYT	7956	161	5333	125
Pool 25	CIMMYT	6185	125	5120	120
Tuxpeño-1	CIMMYT	6615	134	4267	100
ETO Blanco	Colombia	5382	109	4693	110
Blanco Cristalino	CIMMYT	6491	131	4053	95
Mezcla Amarilla	CIMMYT	6025	122	4053	95
PM-701	Perú	5236	106	4267	100
MB 225	Colombia	4882	99	4053	95
Pob.-1	Perú	4863	98	4053	95
Cubano Amarillo	Bolivia	4954	100	4267	100

A finales de 1977, se despacharon a Ecuador, Bolivia y Perú lotes de 36 variedades de maíz opaco-2, de endosperma duro, para sembrarlas en una parcela de observación. Estos materiales provinieron directamente del Programa de Maíz Opaco del CIMMYT. Los resultados de las siembras realizadas en dos localidades mostraron que los mejores materiales (rendimientos de más de 6 ton/ha), en las dos localidades, fueron: Mezcla Tropical Blanca HEO_2 y Mezcla Amarilla HEO_2.

Pruebas Regionales

El año 1978 fue el segundo para el establecimiento de los Ensayos Regionales de Variedades Tropicales (ENZAT) y de los Ensayos Regionales de Variedades para Tierras Altas (ENZAS). Estos ensayos incluyen las mejores variedades y los mejores híbridos de pedigrí abierto de cada país andino. Cada país contribuyó con seis materiales.

Para el ensayo en ENZAT, se obtuvo información de 3 de las 7 localidades en las cuales este ensayo fue establecido; los resultados se presentan en el Cuadro 3. Este cuadro incluye sólo las tres mejores variedades o híbridos, en términos de rendimiento, para cada país.

Ya se tiene información sobre 2 de las 5 localidades en las cuales se sembró el ensayo ENZAS (Cuadro 4). En ambas localidades la mejor variedad fue Pairumani Compuesto 10, la cual también, dio el mejor rendimiento en el ENZAS de 1976-77, en 3 de las 4 localidades en donde se sembró.

Métodos de Mejoramiento Genético

Una de las responsabilidades de la Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/CIAT es la de prestar asesoría y colaboración en la implementación de aquellos métodos de mejoramiento genético de maíz que permitan una mejor utilización de las facilidades disponibles en los diversos países, de los recursos humanos de cada país y de las diversas zonas ecológicas que conforman la Región Andina Tropical y de Tierras Altas.

Cuadro 3.

Resultados del Ensayo Varietal de Tierras Bajas (ENZAT) en tres localidades de la zona andina.

Variedad No.	Identificación	Origen	Rendimiento (ton/ha)			
			Bolivia		Perú	Promedio en todas las localidades
			Abapo	Saavedra	San Ramon	
1	ICA V-105	Col.	2.34	3.66	5.56	3.85
4	ICA H-210	Col.	3.11	3.22	5.28	3.87
5	ICA H-302	Col.	1.28	3.11	5.83	3.40
8	Comp. Semicrist. 71	Ven.	2.40	3.51	5.33	3.74
11	Var. Simeto White	Ven.	2.13	3.66	5.19	3.66
12	Comp. Intervar. 68	Ven.	1.18	3.78	4.94	3.30
14	PMC-5	Perú	1.97	3.01	5.66	3.54
16	POB-1	Perú	2.03	3.66	4.34	3.34
18	PMC-747	Perú	2.14	3.77	5.15	3.68
19	Suwan-1	CIAT	2.32	4.60	4.52	3.81
20	Ant. x Rep. Dom.	CIMMYT	2.90	4.01	5.79	4.23
22	Var. 3 Pichilingue	Ecua.	2.61	4.00	4.33	3.64
24	Pichilingue 513	Ecua.	1.50	2.90	5.58	3.32
26	INIAP 515	Ecua.	2.30	3.41	4.44	3.38
27	Tuxp. P.B.C-2	Bol.	1.03	4.22	5.86	3.70
29	Cubano Amarillo	Bol.	2.22	4.41	5.03	3.88
30	Comp. BR2 Yellow	CIAT	1.90	2.41	5.11	3.14
	$\bar{X}$		1.87	3.45	4.73	
	C.V. (%)		29.6	24.2	27.1	
	D.M.S. (0.05)		0.89	1.34	2.05	

Al respecto, se inició un programa de mejoramiento de hermanos completos en el cual se sometió una población de Suwan-1 a varios ciclos de pruebas de progenie, en cinco países andinos y a un ciclo de regeneración de la población, según los datos obtenidos en las localidades en las cuales se sembraron las pruebas de progenie.

Para el proyecto se escogió la variedad Suwan-1 debido a su buen potencial de rendimiento y a su resistencia a la cenicilla vellosa. En Maracay, Venezuela, el 37 por ciento de las familias de Suwan-1 fue resistente a *S. sorghi* (0-10% de las plantas afectadas). Otro 28 por ciento de las familias presentaron una reacción intermedia (11-20% de las plantas afectadas) y 35 por ciento fue susceptible (reacciones de 21 al 80%).

Control Integrado de Heliothis zea

Tal vez uno de los problemas más apremiantes que afectan al maíz, en las tierras altas andinas, es el ataque de *Heliothis zea*. En las tierras altas, casi la totalidad del maíz se siembra bajo condiciones de subsistencia; por tal razón, el uso de insecticidas para controlar este insecto resulta muy difícil como consecuencia de su alto costo y existe el riesgo de la contaminación ambiental.

Cuadro 4.

Resultados del Ensayo Regional de Variedades de Tierras Altas (ENZAS) de 1977-78, cultivado en dos localidades.

Var. No.	Identificación	Santa Catalina, Ecuador			Cajamarca, Perú		
		Días hasta la floración	Altura de la planta (cm)	Rendimiento (ton/ha)	Días hasta la floración	Altura de la planta (cm)	Rendimiento (ton/ha)
1	PMC-561	113	189	3.0	99	243	5.2
2	UMUTU	123	204	3.5	110	270	6.0
3	PMV-461	129	236	5.2	114	253	5.0
4	PMS 635	92	147	2.2	87	166	2.7
5	Comp. Amarillo Duro	112	205	6.3	100	203	5.1
6	B.U. x O	118	182	3.2	104	211	5.2
7	ICA 453	133	215	4.1	116	265	5.3
8	ICA V-506	123	237	3.5	106	259	3.2
9	ICA V-505	114	220	4.3	102	249	4.0
10	MB 54-MPR-VII	116	237	5.7	102	243	4.4
11	ICA V-555	120	215	3.6	105	238	3.4
12	Morocho Amarillo	131	236	2.8	124	257	1.6
13	INIAP 176	131	264	5.8	120	281	4.4
14	INIAP 126	105	210	5.3	94	230	3.9
15	INIAP 125	117	241	4.2	107	261	3.4
16	INIAP 153	118	220	6.4	104	282	4.3
17	INIAP 128	125	207	4.3	108	269	2.6
18	INIAP 178	131	234	5.0	112	281	5.0
19	Pairumani Choclero-1	108	185	1.8	97	222	4.2
20	Pairumani Choclero-2	104	145	3.1	97	232	4.3
21	Pairumani Comp. 10	123	214	6.7	104	260	7.2
22	Pairumani Aychasara-2	113	188	4.6	100	246	4.3
23	Pairumani Comp. 13	113	178	3.8	96	212	4.6
24	Pairumani TC-1	101	129	2.8	92	170	4.7
25		INIAP 101			Bco-Imperial		
		90	166	4.3	92	203	3.1
	Promedios	100	167	4.2	90	166	4.3

Por estas razones, la Unidad de Maíz está cooperando en la implementación de un sistema de control integrado de *H. zea*; en el cual se combinan métodos de control biológico, químico y cultural. Se ha iniciado en cinco localidades la identificación de variedades de maíz que sean resistentes a esta plaga; también se han iniciado ensayos en ocho localidades con insecticidas selectivos y agentes biológicos, tales como *Bacillus thuringiensis*.

Adiestramiento

La Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/CIAT tiene la responsabilidad,

conjuntamente con los líderes de los programas nacionales, de identificar y entrevistar candidatos para recibir adiestramiento en servicio, en el CIMMYT. Hasta el momento, 46 profesionales de la zona andina han recibido adiestramiento en fitomejoramiento y en producción. De los 22 que han sido patrocinados por la Unidad Regional Andina de Maíz, hay todavía 20 que están trabajando en maíz en sus respectivos países. De los 24 enviados a México antes de 1976, sólo hay 8 que aún están trabajando en maíz. Nueve científicos visitantes, patrocinados por la Unidad de Maíz, han visitado el Programa de Maíz en el CIMMYT.

Desarrollo y Transferencia de Tecnología

A largo plazo, la efectividad de un programa nacional tiene mayores posibilidades de éxito cuando: 1) es independiente de la ayuda externa para mantener su continuidad; 2), utiliza eficientemente todos los recursos internos disponibles; 3) reconoce y actúa de acuerdo a las necesidades del pequeño agricultor; y 4) mantiene suficiente flexibilidad para permitir cambios en el diseño del programa a fin de resolver los diversos problemas que se van presentando. Con base en esta filosofía, el objetivo central de la Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/-CIAT es prestar asesoría a los líderes nacionales en el desarrollo de programas de producción que sean autónomos, bien integrados, orientados hacia el pequeño agricultor y flexibles en su operación.

Para lograr estos objetivos, la estrategia que se está utilizando tiene cuatro fases: la entrevista a agricultores por regiones, la planeación integral del programa regional, la realización de ensayos a nivel de finca y la difusión de recomendaciones a través de ensayos de demostración hechos a nivel de finca. El equipo del CIMMYT/CIAT participa directamente en las primeras tres fases. En tres países, ya existen programas que utilizan esta estrategia.

Desarrollo de Programas

Perú. En colaboración con el Programa Cooperativo de Investigación de Maíz (PCIM), el Ministerio de Agricultura y el Programa de Economía del CIMMYT se está adelantando un programa de tecnología de producción, el cual se encuentra en diferentes etapas de desarrollo, en cinco áreas de tierras altas.

En 1977, en el área del Callejón de Huaylas se hizo una encuesta a agricultores; la primera serie de ensayos de verificación se cosechó en 1978. Estos ensayos se diseñaron para comparar variedades mejoradas del PCIM con variedades locales, bajo tres niveles de manejo. Aunque los datos aún no son concluyentes, debido al error experimental relativamente grande, los resultados indican que las variedades del PCIM no son significativamente mejores que las variedades locales, bajo ninguno de los sistemas de manejo que fueron ensayados. Los ensayos sembrados en 1978 se rediseñaron con la esperanza de disminuir el error experimental a un nivel aceptable.

En el área de Cuzco, se hizo un estudio agroeconómico, el cual incluyó los valles de Urubamba y Vilcanota, y la zona de Anta-Maras. Se identificaron siete dominios de recomendaciones y se determinó la importancia relativa del maíz en cada dominio. Con excepción del Valle de Urubamba y la región irrigada de Anta, el maíz sólo se cultiva para el consumo familiar. En las dos regiones mencionadas, el 40 y 29 por ciento del maíz, respectivamente, se vende comercialmente.

Los factores limitantes de la producción de maíz varían de un dominio a otro, siendo los insectos y las enfermedades los principales factores limitantes en las altitudes más bajas, y el daño ocasionado por las heladas, en las altitudes más altas. La utilización de fertilizantes es un factor limitante en todos los dominios.

También, en el Valle de Mantaro se completó el estudio agroeconómico. Como esta área constituye una zona agroclimatológica específica, los dominios se determinaron según las prácticas agronómicas; se identificaron dos dominios : sistemas de riego y sistemas sin riego. Los factores limitantes en la producción de maíz incluyen: la utilización de variedades no mejoradas, la falta de fertilización adecuada, el ataque por el cogollero y las heladas.

Los ensayos sembrados en estas tres áreas y en las áreas de Ayacucho y Cajamarca, incluyeron los siguientes:

— Ensayos de fertilización: factorial 3 x 3 x 2 con 3 niveles de N, 3 niveles de P y 2 niveles de K.

— Nitrógeno x densidad: factorial de 3^2 con 3 niveles de cada factor.

— Verificación : bloques al azar, para comparar variedades mejoradas y locales, con diferentes niveles de manejo.

— Niveles de factores variables (según las prácticas del agricultor dentro del área).

Colombia. El programa en Colombia se ha concentrado en la identificación de variedades superiores para dos zonas básicas productoras de maíz : los departamentos de Antioquia y de Cauca. Este trabajo se realiza en colaboración con el ICA y el DRI (Programa de Desarrollo Rural Integrado) en el Cauca, y con la Secretaría de Agricultura y el ICA, en Antioquia. En 1978 se sembraron, en ambas regiones, ensayos varietales con variedades del ICA, variedades experimentales del CIMMYT y testigos locales.

En agosto, se realizó en Medellín el primer curso de adiestramiento en servicio y el segundo, en diciembre, con la participación de 15 agrónomos. Se planeó un curso de adiestramiento para personal del Departamento del Cauca, pero finalmente se canceló y se programó para efectuarlo en 1979.

Se hizo un estudio preliminar de la región de Urabá (Departamento de Antioquia) y se tomó la decisión de concentrar más esfuerzos en esta área maicera que es muy importante. Para 1979, se ha programado hacer un estudio más detallado. El estudio inicial indicó que los factores limitantes de la producción de maíz son: la escasez de mano de obra para la preparación del suelo y la fertilización inadecuada. Una de las metas del programa es el desarrollo de un sistema adecuado de labranza mínima, el cual incluya niveles de fertilidad que sean económicamente factibles.

Tentavivamente, el programa ha identificado variedades superiores y está ampliando sus esfuerzos para incluir ensayos de fertilización y de fertilización x densidad.

Ecuador. El programa de tecnología de producción, bajo la dirección del INIAP y en colaboración con el CIMMYT, completó el primer ciclo de pruebas a nivel de finca, al cosechar diez ensayos establecidos en la región de Imbabura. En los ensayos varietales, INIAP 101, una variedad derivada de Cacahuazintle, maduró 45 días más temprano que la variedad local. En la encuesta inicial hecha a los agricultores, se demostró que esta característica era

deseable. La precocidad permite al agricultor comercializar sus "choclos" a un precio más alto, permitiéndole también utilizar la humedad residual en el suelo para establecer un segundo cultivo, como por ejemplo, la arveja. Los resultados de los ensayos de fertilización variaron de una localidad a otra, lo cual indica la necesidad de definir, en forma más precisa, los dominios de recomendación, con respecto a este factor de producción.

En setiembre, se inició el segundo ciclo de pruebas a nivel de finca con el establecimiento de 26 ensayos, en 13 localidades. Estos ensayos se sembraron como parte del curso de adiestramiento en servicio realizado por el INIAP, el cual tuvo la asistencia de 25 agrónomos provenientes del INIAP, del Ministerio de Agricultura y del Banco Agrícola. En noviembre se realizó la segunda fase del curso de adiestramiento.

Los ensayos del Litoral se ubicaron en el área de Balzar. El resultado más importante obtenido de estos ensayos fue el de que el análisis económico comprobó que el nivel de aplicación de fertilizantes, utilizado por el agricultor, era realmente la alternativa más práctica y económica.

Bolivia En este país se han hecho trabajos preliminares; se tienen planes para 1979 de iniciar un programa colaborativo de tecnología de producción.

Venezuela. A comienzos de 1979, se iniciará un programa colaborativo de investigación entre la Unidad Regional Andina de Maíz CIMMYT/CIAT y el FONAIAP. Se harán encuestas a agricultores, en el Estado de Portuguesa y en el área del Valle de la Pascua, bajo la responsabilidad del FONAIAP. En estas áreas, durante 1979, las actividades colaborativas se concentrarán en el establecimiento de ensayos de fertilización.

Informe Financiero

1978

Price Waterhouse & Co.

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

Febrero 16, 1979

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, 1978 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 para el año terminado en Diciembre 31, 1978, 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	**1978**	**1977**	**1976**
ACTIVO CORRIENTE: -			
Caja	3,540	2,481	1,481
Cuentas por recibir:			
Donantes	93	288	1,616
Empleados	92	91	57
Otros	992	1,091	425
	1,177	1,470	2,098
Inventarios	678	549	345
Gastos pagados por anticipado	9	10	11
Total del activo corriente	5,404	4,510	3,935
ACTIVOS FIJOS:			
Equipos	2,450	2,104	1,963
Avión	664		
Vehículos	1,575	918	685
Vehículos (reemplazos) en tránsito	74	192	149
Muebles, enseres y equipos de oficina	1,177	1,103	938
Edificios	5,616	4,954	4,773
Otros	160	69	25
Total de activos fijos	11,716	9,340	8,533
Total del activo	17,120	13,850	12,468
PASIVO Y SALDOS DE FONDOS			
PASIVO CORRIENTE:			
Sobregiros bancarios	182		18
Porción corriente de obligación a largo plazo	200		
Cuentas por pagar	1,702	1,542	807
Total del pasivo corriente	2,084	1,542	825

	Diciembre 31		
	1978	1977	1976
Vienen	2,084	1,542	825
OBLIGACION A LARGO PLAZO	650		
Menos - Porción corriente	200		
	450		
DONACIONES RECIBIDAS POR ANTICIPADO	667	228	180
SALDOS DE FONDOS:			
Invertido en activos fijos	11,716	9,340	8,533
Fondos sin desembolsar (déficit):			
Programas básicos -			
Sin restricción	82		70
Fondo de trabajo	206	700	600
Donaciones de capital	763	1,689	1,964
Proyectos especiales -			
Donantes	1,216	442	315
Otro	(64)	(91)	(19)
	2,203	2,740	2,930
Total saldos de fondos	13,919	12,080	11,463
Total del pasivo y saldos de fondos	17,120	13,850	12,468

Las notas en las páginas I-6 e I-7 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		
	1978	1977	1976
Ingresos: –			
Programas básicos:			
Donaciones de operación -			
Sin restricción	9,307	7,847	4,500
Restringidos	320	310	1,145
Donación para fondo de trabajo	100	100	
Donaciones de capital	786	498	1,858
Total programas básicos	10,513	8,755	7,503
Proyectos especiales - donaciones	2,107	785	725
Ingresos devengados	502	499	339
Total ingresos	13,122	10,039	8,567
Egresos: –			
Programas básicos:			
Investigación directa -			
Frijol	1,102	931	698
Ganado de carne	1,754	1,258	831
Yuca	939	743	573
Arroz	204	239	206
Porcinos	180	144	150
Recursos genéticos	221	139	
Estudios especiales	55	62	
	4,455	3,516	2,458
Investigación - operaciones auxiliares	1,262	1,011	602
Total investigación	5,717	4,527	3,060
Cooperación internacional:			
Adiestramiento y conferencias	754	798	634
Biblioteca y servicios de información	853	693	515
Total cooperación internacional	1,607	1,491	1,149

	Año terminado en Diciembre 31		
	1978	1977	1976
Gastos de administración	966	836	670
Gastos generales de operación	1,687	1,471	999
Comité de Asesoramiento Técnico - gastos de examen quinquenal		63	
Total programas básicos	9,977	8,388	5,878
Proyectos especiales	1,306	730	710
Adquisición de activos fijos	2,376	1,111	418
Total egresos	13,659	10,229	7,006
Exceso de ingresos sobre egresos:			
Fondos sin restricción	82	(70)	(233)
Fondo de trabajo	170	100	
Donaciones de capital	(1,590)	(275)	1,779
Proyectos especiales	801	55	15
	(537)	(190)	1,561
Traspaso entre fondos:			
De fondo de trabajo	(664)		
A donaciones de capital	664		
	(537)	(190)	1,561
Fondos sin desembolsar al principio del año	2,740	2,930	1,369
Fondos sin desembolsar a fin del año (ver balance general)	2,203	2,740	2,930

Las notas en las páginas I-6 e I-7 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 incluídos en activos corrientes y pasivos corrientes	41.00	Tasa de cambio a fin de año
Ingresos en pesos y desembolsos en pesos para propiedades y equipos y gastos	39.11	Promedio mensual de tasa de cambio resultante de venta de dólares.

NOTA 3 - OPERACIONES:

El acuerdo firmado con el gobierno de Colombia bajo el cual CIAT operaba expiró en Octubre 1977 y está en proceso de ser renovado. Los funcionarios de CIAT consideran que dicho acuerdo será renovado para un período todavía a definirse.

NOTA 4 - CUENTAS POR RECIBIR DE DONANTES:

Las cuentas por recibir de donantes a Diciembre 31, 1978 fueron como sigue:

	$000
Gobierno del Reino Unido:	
Saldo de donación de 1978 (operaciones)	59
Otros (proyectos especiales)	34
	93

NOTA 5 - OBLIGACION A LARGO PLAZO:

La obligación a largo plazo es pagadera al Bank of America, Nueva York en tres instalamentos entre Junio 1979 y Junio 1981. La tasa de interés es 1 ¼% más que la tasa primaria del Bank of America.

Esta obligación es garantizada por pignoración del avión de CIAT.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
ANALISIS DE DONACIONES Y LOS DESEMBOLSOS CORRESPONDIENTES POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1978
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

ANEXO 1

	Total fondos disponibles	Desembolsos					% de administración y gastos generales a investigación y cooperación internacional	Traslado a fondos sin desembolsar
		Activos fijos	Total investigación	Cooperación internacional	Administración	Gastos generales		
Programas básicos sin restricción:								
Gobierno de Australia	182							
Gobierno de Bélgica	157							
Canadian International Development Agency	982							
The Ford Foundation	200							
Gobierno de la República Federal de Alemania	1,096							
Banco Interamericano de Desarrollo	2,400							
International Development Association	203							
Gobierno de Holanda	200							
Gobierno de Japón	200							
Gobierno de Noruega	207							
The Rockefeller Foundation	300							
Gobierno de Suiza	228							
Gobierno del Reino Unido	352							
United States Agency for International Development	2,600							
Ingresos aplicados	432							
Total programas básicos sin restricción	9,739		5,717	1,373	934	1,633	38	82
Programas básicos restringidos:								
The W.K. Kellogg Foundation	320							
Total programas básicos restringidos	320			234	32	54	37	
Fondo de trabajo: (programas básicos)								
International Development Association	100							
Ingresos aplicados	70							
Saldo a principios del año	700							
Traspaso a donaciones de capital	(664)							
Total fondo de trabajo	206							206

ANEXO 1
página 2

	Total fondos disponibles	Desembolsos					% de administración y gastos generales a investigación y cooperación internacional	Traslado a fondos sin desembolsar
		Activos fijos	Total investigación	Cooperación internacional	Administración	Gastos generales		
Donaciones de capital:								
Banco Interamericano de Desarrollo	235							
International Development Association	520							
Otros	31							
Saldo a principio del año	1,689							
Traspaso de fondo de trabajo	664							
Total donaciones de capital	3,139	2,376						763
Proyectos especiales (1):								
Gobierno de Bélgica	91		8					83
CIMMYT (Canadian International Development Agency)	123			66	8	9		40
The Ford Foundation	55			14				41
German Agency for Technical Cooperation, Ltd.	70		63					7
Banco Interamericano de Desarrollo	72		10	62				
International Board for Plant Genetic Resources	25							25
International Development Research Centre (Canada)	336		155	43	13	12		113
International Fertilizer Development Center	83		76		6	6		(5)
International Rice Research Institute	88			83				5
The Rockefeller Foundation	70			20				50
Gobierno de Suiza	637							637
Reino Unido - Ministry of Overseas Development	8		8					
United Nations Development Programme	699			483	19	18		179
United States Agency for International Development	56			93	6	7		(50)
Otros	45		3	15				27
Total proyectos especiales	2,458		323	879	52	52	9	1,152
Total donaciones y gastos	15,862	2,376	6,040	2,486	1,018	1,739	32	2,203

(1) Incluye saldos al principio del año de US$351,000.

ANEXO 2

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
ESTADO DE INGRESOS DEVENGADOS
POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1978
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

Origen de ingresos:

Intereses sobre depósitos exigibles	171
Venta de productos agrícolas y servicios	102
Uso de las instalaciones de CIAT	159
Cargos a los programas por uso del avión	70
	502

Asignado a:

Operaciones	432
Fondo de trabajo	70
	502

ANEXO 3

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
COMPARACION DE PRESUPUESTO APROBADO Y LOS DESEMBOLSOS REALES
POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1978
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

	Programas básicos sin restricción		Programas básicos restringidos		Capital	
	Presupuesto aprobado*	Real	Presupuesto aprobado*	Real	Presupuesto aprobado*	Real
Programas						
Investigación:						
Frijol	1,072	1,102				
Ganado de carne	1,929	1,754				
Yuca	959	939				
Arroz	300	204				
Porcinos	196	180				
Recursos genéticos	250	221				
Estudios especiales	98	55				
Investigación - Operaciones auxiliares	1,286	1,262				
Cooperación internacional:						
Adiestramiento y conferencias	632	598	215	209		
Biblioteca y servicios de información	799	775	25	25		
Gastos de administración	903	934	29	32		
Gastos generales de operación y otros	1,565	1,633	51	54		
Total	9,989	9,657	320	320		
Capital						
Activos fijos					2,444	2,376
Total					2,444	2,376
Análisis de variaciones						
Déficit presupuestal:						
Traslado de fondo de trabajo						(664)
Sobrantes presupuestales:						
Aumento de presupuesto aprobado pero no utilizado		250				
Traslado de fondos sin desembolsar		82				732
Total		332				68

* Presupuesto revisado, aprobado por la Junta Directiva.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
INFORMACION SUPLEMENTARIA
FECHAS DE RECIBO DE DONACIONES
POR EL AÑO TERMINADO EN DICIEMBRE 31, 1978
(Expresado en miles de dólares estadounidenses)

ANEXO 4

	Por recibir al princ. del año	1978 recdo. por anticipado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Por recibir al fin del año	1979 recdo. por anticipado	1978 donaciones netas
Programas básicos sin restricción:																	
Gobierno de Australia				182													182
Gobierno de Bélgica	(149)		149											157			157
Canadian International Development Agency								982									982
The Ford Foundation					50	50			50			50					200
Gobierno de la República Federal de Alemania			187			319			317			273					1,096
Banco Intermericano de Desarrollo					960				576		144		720				2,400
International Development Association												453				(250)	203
Gobierno de Holanda						133	67										200
Gobierno del Japón							200										200
Gobierno de Noruega						207											207
The Rockefeller Foundation			154	9	9	9	9	7	8	10	8	7	60	10			300
Gobierno de Suiza		228												300		(300)	228
Gobierno del Reino Unido					144		72					59		18	59		352
United States Agency for International Development					650			650		600	550		150				2,600
	(149)	228	490	191	1,813	718	348	1,639	951	610	702	842	930	485	59	(550)	9,307
Programas básicos restringidos:																	
The W.K. Kellogg Foundation						320											320
						320											320
Fondo de trabajo:																	
International Development Association												100					100
												100					100

ANEXO 4
página 2

	Por recibir al princ. del año	1978 recdo. por anticipado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Por recibir al fin del año	1978 recdo. por anticipado	1978 donaciones netas
Donaciones de capital:																	
Banco Interamericano de Desarrollo					100				60				75				235
International Development Association				500								137				(117)	520
Gobierno del Reino Unido	(48)		48														
Otros						7								24			31
	(48)		48	500	100	7			60			137	75	24		(117)	786
Proyectos especiales:																	
Gobierno de Bélgica	(41)		41		(28)	(8)								88			52
CIMMYT (Canadian International Development Agency)				59						23	30			14			126
Banco Interamericano de Desarrollo											(33)	67					34
German Agency for Technical Cooperation, Ltd.			17	8			27					19					71
International Board for Plant Genetic Resources														25			25
International Development Research Centre (Canadá)						58		36	58	48				29			229
International Fertilizer Development Center											30			11			41
International Rice Research Institute	(8)		8		82	(26)		22						21			99
The Rockefeller Foundation							(15)	2									(13)
Gobierno de Suiza														637			637
Reino Unido - Ministry of Overseas Development														(18)			(18)
United Nations Development Programme						174		373					174				721
United States Agency for International Development								48		16	27			13			104
Otros	(42)		3			3	3		3			1	5	(11)	34		(1)
	(91)		69	67	54	201	15	481	61	87	54	87	179	809	34		2,107
	(288)	228	607	758	1,967	1,246	363	2,120	1,072	697	756	1,166	1,184	1,318	93	(667)	12,620

Los siguientes miembros del personal de la Unidad de Comunicaciones del CIAT participaron en la producción del presente informe*:

Producción del texto

Edición :	Mario Gutiérrez J.
Colaboración editorial :	Alejandro Jiménez C.
Colaboración mecanográfica :	Mabel Dussán C.

Producción de la publicación

Jefe de producción :	Walter Correa C.
Coordinación general :	Alexandra Walter L.
Composición del texto :	
Programación :	Janeth de Orozco
Perforación :	Yolanda de González
	Amparo Rivadeneira T.
Lectura de pruebas :	Beatriz Davis V.
Portada :	Didier González C.
Gráficos y montaje :	Oscar Idárraga R.
	Camilo Oliveros G.
Fotografías :	Alvaro Cuéllar
	Alvaro Tobón
	Ricaurte Gil
Fotomecánica :	Enrique Escobar A.

Impresión editorial XYZ

* En orden cronológico de actividades.