

Investigación Sobre Sorgo en Colombia

Informe de Actividades en 1989



SB
191
.57
IEP

ISBN-958-9183-34-4

Investigación Sobre Sorgo en Colombia

Informe de Actividades en 1989



**El Alcaraván
INTSORMIL
ICA
FENALCE**

12161
22 ENE. 1993

**Editado por
Guillermo Muñoz**

Fundación El Alcaraván, ICA, INTSORMIL, CIAT. 1991.

Investigación sobre sorgo en Colombia: Informe de actividades en 1989. Muñoz, Guillermo (comp., ed). Informa presentado en la III Reunión Anual sobre Investigación del Sorgo y otros informes institucionales. Programa de Sorgo para América del Sur de INTSORMIL, Cali, Colombia. 221p.

ICA = Instituto Colombiano Agropecuario
INTSORMIL = International Sorghum and Millet Program
CIAT = Centro Internacional de Agricultura Tropical

Este informe fue financiado por Occidental de Colombia (OXY)

International Sorghum and Millet Program
Programa de Sorgo para América del Sur
Apartado 6713, Cali, Colombia

ISBN 958-9183-34-4
Tirada: 300 ejemplares
Impreso en Colombia
Agosto, 1991

Guillermo Muñoz es Fitomejorador, Jefe del Programa de Sorgo para América del Sur de INTSORMIL, con sede en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Palmira, Colombia)

Edición de Producción: Francisco Motta
Producción: Signos Asociados, Cali.
Mecanotipista: Elvira de Manrique
Impresión: ICA (Tibaitatá), Santa Fe de Bogotá

CIS

CIS, Comité Interinstitucional sobre el Cultivo del Sorgo, es una organización Institucional creada por FENALCE, ICA e INTSORMIL, de carácter técnico-científico sin ánimo de lucro, con propósitos definidos a saber:

- Propender por la integración de las instituciones y personas relacionadas con la investigación y producción del cultivo del sorgo.*
- Orientar y fomentar la realización de programas de investigación y transferencia de tecnología sobre el cultivo del sorgo.*
- Servir como mecanismo de consulta y orientación de los programas de investigación, transferencia y fomento del sorgo.*
- Promover y auspiciar la organización de eventos de investigación y transferencia del cultivo del sorgo, así como la divulgación de la información a través de publicaciones y escritos sobre diferentes temas.*
- Establecer vínculos con Entidades Internacionales que cumplan objetivos similares.*

CIS, Comité Interinstitucional sobre el Cultivo del Sorgo: Carrera 14 No. 97-62 Teléfono: 2181756, Fax: 2189463, Apartado Aéreo 8694 - Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia, Sur América.

Contenido General

Participantes y asistentes a la reunión

Primera Parte:

Convenio El Alcaraván-INTSORMIL-MSU-CIAT

1. El Sorgo: Situación y Proyectos
2. Pruebas Regionales en la Intendencia de Arauca
3. Ensayos Específicos en Arauca

Segunda Parte:

Tesis de Grado de Estudiantes Colaboradores

Tercera Parte:

1. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Investigación y Desarrollo del Sorgo en 1989B-1990A
2. FENALCE y la Transferencia de Tecnología del Cultivo de Sorgo
3. Investigación de Sorgo en la Universidad Tecnológica de los Llanos (UNILLANOS)

Contenido

	pág.
Integrantes del Proyecto de Investigación	x
Presentación de la III Revisión Anual de Investigación de Sorgo	xi
Participantes y Asistentes a la Reunión	xii
Primera Parte. Convenio El Alcaraván INTSORMIL- MSU-CIAT	1
1. El Sorgo: Situación y Proyectos	3
Descripción y Estadísticas	4
Balance del Año	7
Estrategia General	7
Cooperación interinstitucional	7
Sorgo tolerante al aluminio	8
Hacia el futuro	11
Los Llanos Orientales de Colombia	12
Desarrollar primero la vega o la sabana?	12
Vegón, el presente	12
Sabana, el futuro	12
Híbridos o variedades?	12
Suelos de los Llanos	13
Actividades Programadas	16
Proyecto CIAT-El Alcaraván-INTSORMIL en la Intendencia de Arauca	16
Objetivos del proyecto en Arauca	16
La primera generación	16
Genes de maduración	19
Genes de altura de planta	19

	pág.
Proyecto ICA-CIAT-INTSORMIL	23
Tolerancia al aluminio	23
Tolerancia a la sequía	24
Utilización del sorgo y del millo	24
2. Pruebas Regionales en la Intendencia de Arauca	29
Introducción	30
Localización, materiales y diseño experimental	31
Pruebas Regionales en la Sabana	31
Introducción: la sabana	31
Objetivos generales	31
Objetivos específicos	31
Análisis del suelo	32
Perspectiva al futuro	33
Prueba regional La Antioqueña	33
Descripción de la localidad	33
Manejo agronómico	33
Resultados sobresalientes	36
Prueba regional Grimonero	40
Descripción de la localidad	40
Manejo agronómico	42
Resultados sobresalientes	42
Prueba regional Chicho Pérez	44
Descripción de la localidad	44
Manejo agronómico	45
Resultados sobresalientes	46
Posible liberación de genotipo de INTSORMIL	46
Producción de híbridos	47
Resultados sobresalientes en la sabana	48

	pág.
Pruebas Regionales en la Vega	50
Objetivos generales	50
Objetivos específicos	54
Prueba regional San Lorenzo	54
Descripción de la localidad	54
Manejo agronómico	54
Resultados sobresalientes	57
Prueba regional El Alcaraván (vieja sede)	57
Descripción de la localidad	57
Prueba regional El Alcaraván (nueva sede)	57
Descripción de localidad	57
Manejo agronómico	57
Resultados sobresalientes	61
Prueba regional Ismael Núñez	65
Descripción de la localidad	65
Manejo agronómico	65
Resultados sobresalientes	65
Prueba regional Raúl Ruiz	65
Descripción de la localidad	65
Resultados sobresalientes	72
El cultivo de sorgo en la vega	72
Las Pruebas de Arauca	77
Observaciones Generales	77
Encalamiento y manejo del ecosistema	77
Altura de la planta	79
Tolerancia a enfermedades	79
Conclusiones	79
Análisis de varianza	86

	pág.
Producción de sorgo como alternativa	86
Primer semestre vs. segundo semestre	88
Arauca comparada con Meta	88
Volcamiento de las plantas	92
3. Ensayos Específicos en Arauca	
Pruebas Regionales con Híbridos y Variedades Comerciales	96
Adaptabilidad de los híbridos comerciales de FENALCE	96
Manejo agronómico	96
Resultados sobresalientes	96
Prueba de híbridos nuevos	98
Descripción de la localidad	98
Manejo agronómico	98
Resultados sobresalientes	99
Híbridos de DEKALB	99
Descripción del ensayo	99
Manejo agronómico	100
Resultados sobresalientes	100
Paquete agronómico	100
Densidades de siembra	100
Selección y Evaluación de Líneas Segregantes con Tolerancia al Aluminio en Arauca	102
Metodología	102
Ensayos en la sabana	102
Ensayo F7, 1988B	102
Ensayos en la vega	102
Poblaciones segregantes F2	103
Evaluación de la primera generación	103
Selecciones F4 y F5	103

	pág.
Criterios de selección	104
Selecciones F3	104
Alfonso Reyes	104
El Alcaraván (nueva sede)	105
Formación de Poblaciones	105
Otros Ensayos	105
Vivero de tolerancia a enfermedades	105
Prueba de fertilización con N-P-K en la vega	106
Rotación de cultivos	110
Líneas enanas en la vega	110
Variedad Icaima	111
Agricultura de Sostenimiento	111
Ensayos Demostrativos	112
Lote El Puente	112
Descripción de la localidad	112
Manejo agronómico	113
Resultados sobresalientes	115
Almacenamiento de semilla en El Alcaraván	115
Pruebas semicomerciales en La Pica	115
Abastecimiento garantizado de sorgo	116

Integrantes del Proyecto de Investigación

Supervisión Científica

Guillermo Muñoz, Ing. Agr., Ph. D.
Coordinador, Programa de Sorgo INTSORMIL/CIAT

Manuel Torregrosa, Ing. Agr., Ph. D.
Director de Cereales, ICA

INTSORMIL

Guillermo Muñoz A.,
(Programa de Sorgo INTSORMIL/CIAT)
Darío Narváez

ICA

Manuel Torregrosa
Manuel Rosero
Héctor Anzola
César Ruiz
Eduardo Barragán
Alfredo Harma
Arnulfo Díaz

Fundación El Alcaraván

Luis Fernando de Angulo
Luis A. Ponguta
Orlando Dussán
Juan Guzmán
Ricardo Ramírez
Humberto López
Miguel Díaz

FENALCE

Fabio Polanía
Alvaro Montes
Antonio Duarte
Gonzalo Melo

Profesores Colaboradores

Hugo Sánchez, Zoot., M.S.
Marcos Perdomo
María del Rosario Silva, Biól., M.S.
Jorge Mejía, Ing., M.S.
Emma Vergara

Estudiantes Universidad Nacional, Palmira Fitotecnia

Walter Rendón (Graduado, tesis meritoria)
Guillermo Penilla (Graduado, tesis meritoria)
Mario Chacón
Eleonora Orozco
Nancy Rincón
Edgar Riascos
Juan Carlos Moreno

Zootecnia

Luisa Sánchez
María Alejandra Calderón
Liliana Silva

Estudiantes Universidad Santiago de Cali

María Fernanda Jiménez (Graduada, tesis laureada)
Aida Sixta Tello
Dolly Constanza Rodríguez
Andrés Renza

Estudiantes Universidad del Valle

Jairo Banguero

Estudiantes Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales

Luis Justino Amador
Julio Vigoya
Alfonso González
Alejandro Domínguez
Oscar Romero

Estudiantes Universidad del Tolima

Angela Mendoza
Javier F. Osorio

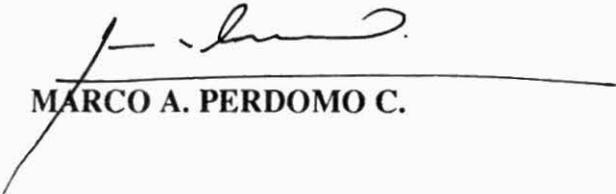
Presentación de la III Reunión de Investigación

La Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales (UNILLANOS) y su Instituto de Investigaciones para la Orinoquia Colombiana sienten satisfacción y orgullo por facilitar la reunión de este grupo selecto de investigadores. Unos pertenecen al sector oficial, otros a las Universidades, otros finalmente a la empresa privada. La presentación y discusión de los resultados que ellos han obtenido contribuirá, sin duda, a incrementar la producción por unidad de superficie de este importante cereal.

Espero que esta reunión inicie la integración de todas las actividades investigativas sobre sorgo que han venido desarrollando durante años entidades como INTSORMIL, ICA y las Universidades colombianas. El informe que se publicará con motivo de esta Reunión será un reflejo de esa integración.

Sugiero, por tanto, que esta Reunión establezca un comité compuesto por representantes de la empresa privada, del ICA, de INTSORMIL y de las Universidades, cuya función sea asesorar las investigaciones sobre sorgo que se realicen en el país.

Villavicencio, agosto de 1990.



MARCO A. PERDOMO C.

Participantes y Asistentes a la Reunión

A. Participantes

- Dr. Carlos Gustavo Cano
Presidente, Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC)
- Dr. Adriano Quintana S.
Gerente, FENALCE
- Dr. Guillermo Muñoz
Coordinador, Programa de Sorgo para América del Sur, INTSORMIL
- Dr. Luis F. de Angulo
Vicepresidente, Asuntos para la Comunidad, Occidental de Colombia
- Ing. Alvaro Montes R.
Subgerente Técnico (e.), FENALCE
- Ing. Francisco Santamaría
FENALCE
- Ing. Gonzalo Melo L.
FENALCE. Villavicencio
- Ing. Carlos Adolfo Ospina
FENALCE
- Dr. Roberto Forero
FENALCE
- Ing. Alfonso González
Granja Experimental El Alcaraván
- Ing. Germán Darío Vera
Du Pont de Colombia
- Sra. Nancy Rocío Rincón
CIAT
- Sr. Mario Chacón
CIAT
- Ing. Guillermo Penilla
CIAT
- Ing. Javier Osorio
CIAT
María Alejandra Calderón
CIAT
Luisa Sánchez
CIAT
Liliana Silva
CIAT
- Dr. Daniel Ruidíaz
SEMITOLIMA



Dr. Jorge E. Ortega N.
UNILLANOS

Sr. Oscar Romero
UNILLANOS

Sr. Alejandro Domínguez
UNILLANOS

Dr. Alejandro Larios
COLSEMILLAS

Ing. Carlos Carvajal
Semillas Tropicales

Dr. Miguel García
Semillas Valle

Dr. Alvaro G. Molina
CARGIL

Ing. César Ruiz G.
ICA, Regional 8

Ing. Elizabeth Aguilera
ICA, Regional 8

Dr. Roberto Santana
HIMAT

Ing. Julio Vigoya
UNILLANOS

Sr. Edgar Rodríguez
UNILLANOS



B. Asistentes

FENALCE:	Carlos Molina Adolfo Abella Jesús Cáceres	Lawrence Mintz Fernando Gaitán G.
SEMILLANOS:	Gloria Bastidas D. Javier Martínez R. Consuelo P. Mosquera Adolfo Chacón D.	Francisco Bonilla Mirllan Zea Ernesto Andrade Nestor Ramos
CIAT:	Alexandra Walter Luz Helena García Ayda Sixta Tello Angela Mendoza Jairo Banquero Nohora Mosquera	Sandra del Mar Sacanamboy Gustavo Adolfo Lenis Edgar Antonio Riasco Dario Narváez Luis Alfonso González Luis Amador

ICA	Hailmer Becerra Luis Alfredo Leal	
OCCIDENTAL de Colombia	Orlando Dussán	
Granja Experimental El Alcaraván		Ricardo Ramírez Julio Alfonso Vigoya
Secretaria de Agricultura de Arauca		Benicio Lozano
HIMAT	Julio Amarillo Gabriel Sáenz	
Hoechst	Edgar Ureña Tomás Mendoza	
COLSEMILLAS		Jaime Silva P.
COAGROVET del Llano		Arnoldo Rivera
SERVICAMPO		Ricardo Espinosa
Abonos Colombianos		Mauricio Villabona
UNILLANOS,		
Fac. de Agronomía, Profesores:	Mario Rios R. Julio César M. Abelardo Prada M. Lázaro Hugo Lemus A. María Inés Ballesteros Eduardo Castillo Omar Montañez M. Jorge Castro C. Luz Mila Quiñonez M. Manuel Velásquez Constanza Yunda Miguel Rojas Carlos Gómez Elsa Edilma Páez Mónica Teresa Campos Nelson Ramírez G. Janeth Leal María Antonia Sánchez Freddy Bayardo Díaz Raúl Suárez M. Pedro Pablo Gutiérrez	Miguel A. Quevedo Rudecindo Cruz Jaime Enrique Triana Claudia Montoya Reynel Pérez Ember Castillo John Milton Ortiz Rafael A. Guevara Alexander Bohórquez Wilson Gutiérrez A. Eduardo García T. César Rodríguez Joselin Alvarez Marco Vinicio Martha S. Orjuela Andrés Martínez Gustavo A. Sánchez Luz Mery Yaya José D. Bocanegra Freddy Omar Camargo Marcela Pardo

Particulares:	Alvaro Alvarez S. Orlando Prada T	Hilel Perczek Vladimir Villarreal
Colaboradores	María Elsy Ortega de Salazar Secretaria, Instituto de Investigaciones, UNILLANOS	
	Gladys Amanda Parrado Secretaria, Facultad de Agronomía, UNILLANOS	
	Yolanda Vaca P. Secretaria, Instituto de Investigaciones UNILLANOS	
Patrocinadores	Semillas Tropicales Semillas Valle CARGIL COLSEMILLAS SEMILLANO Gaseosas del Llano Bavaria S.A. Empresa Licorera del Meta Du Pont de Colombia	
Comité Organizador	Dr. Marco Perdomo UNILLANOS	
	Dr. Guillermo Muñoz INTSORMIL	
	Dr. Walter Rendón FENALCE	
	Dra. María del Rosario Silva UNILLANOS	

PRIMERA PARTE

Convenio El Alcaraván-INTSORMIL-MSU-CIAT

Guillermo Muñoz, Ph.D.

1

EL SORGO: SITUACION Y PROYECTOS

Descripción y Estadísticas

El sorgo cultivado (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) tiene su centro de origen en África, y un segundo subcentro en India. El sorgo es una especie autógama diploide que experimenta normalmente un 10%, o menos, de polinización cruzada. Su número cromosómico es $2n = 20$. Un instituto internacional de investigación agrícola con sede en la India, el ICRISAT, mantiene la colección mundial de cerca de 26.000 entradas.

Se conocen los siguientes tipos de sorgo: de grano, para alimentación humana y animal; de ensilaje, para fermentar y almacenar; Sudán, para corte como especie forrajera; 'syrup', para melaza, sirope y alcohol; azucarero, para azúcar y alcohol; escobero, para hacer escobas; y *S. halepense*, que es el pasto Johnson considerado en muchas regiones como maleza. Manifiesta así este género, en su evolución, una gran capacidad de adaptación al medio.

El cultivo del sorgo es importante en Colombia; en 1989, por ejemplo, la producción nacional pasó de 700.000 toneladas. Entre 1985 y 1989, el sorgo manifestó una clara tendencia al incremento de la producción y del rendimiento (Cuadro 1). No obstante, dos problemas serios enfrenta este cultivo en Colombia: la sequía estacional y la toxicidad causada por el aluminio de los suelos ácidos.

Cuadro 1. **Producción, área cultivada, rendimiento e importaciones de sorgo en Colombia de 1985 a 1989.**

Año (ha)	Área (t/h)	Rendim. (t)	Producción (t)	Importación
1985	229.534	2.50	574.410	157.901
1986	218.119	2.74	596.910	—
1987	270.280	2.64	713.120	22.000
1988	262.915	2.86	750.940	43.400
1989	228.000	3.09	705.000	

Fuente: FENALCE, Departamento Económico

El Cuadro 2 presenta el estado del cultivo del sorgo (área sembrada, producción y rendimiento) en varios departamentos de Colombia, en el semestre B de 1989. Tolima y Valle son los productores tradicionales, seguidos a distancia por los territorios de los Llanos Orientales, Huila y Magdalena. La producción no es uniforme en el tiempo, pues tiene un pico agudo en el mes de enero.

Cuadro 2. **Estimación de las siembras de sorgo, de su producción y de su rendimiento en 12 regiones de Colombia, en el semestre B de 1989.**

Región o territorio	Área (ha)	Rend. (t/ha)	Prod. (t)	Producción por época de recolección (t)				
				Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo
TOLIMA - CUNDINAMARCA	35.000	3.2	112.000	1.120	22.400	54.880	31.360	2.240
HUILA	9.500	2.5	23.750			7.150	14.22	2.380
VALLE	21.000	4.2	88.200		4.410	48.510	30.870	4.410
META - CASANARE - ARAUCA	13.400	2.5	33.500		9.850	17.150	6.500	
SANTANDERES - CESAR SUR	3.200	2.1	6.600	560	1.780	4.260		
CESAR - GUAJIRA SUR	13.600	1.3	17.680	7.022	10.608			
ATLANTICO	4.900	2.5	12.250	1.838	9.190	1.222		
MAGDALENA	8.500	2.5	21.250	10.625	10.625			
BOLIVAR NORTE	4.700	2.0	9.400	4.700	4.700			
CORDOBA	3.500	2.2	7.700			2.310	4.620	770
SUCRE	450	2.0	900		270	630		
BOLIVAR SUR	200	2.0	400	80	280	40		
Promedio	117.950	2.8	333.630	6.460 1.9	63.225 19.0	165.353 49.6	88.792 26.6	9.800 2.9

Fuente: FENALCE, Departamento Económico

El Cuadro 3 muestra el descenso notorio del área sembrada y de la producción de sorgo en el Meta entre 1980 y 1989; en el Cuadro 4 se compara la producción de sorgo con la de maíz, otro cereal básico del cual importó Colombia más de 100.000 toneladas en los años 1980 y 1982. Para apreciar mejor la posición del sorgo en la producción agrícola de Colombia, el Cuadro 5 presenta estadísticas de cinco cultivos alimenticios importantes en los años 1988 y 1989. El Cuadro 6 completa, finalmente, este panorama del sorgo con los datos de producción del cultivo en 18 países de América del Sur y de América Central, de 1986 a 1988.

En Colombia se ha investigado bastante en sorgo en los últimos años. Se ha desarrollado en poco tiempo un programa de mejoramiento del sorgo en ese país, sostenido por varias instituciones. El proyecto INTSORMIL MS-11, por ejemplo, se dedica a esa labor apoyado por el programa MS-104; los programas MS provienen de la Universidad del Estado de Michigan. Los objetivos que este programa puede proponerse dependen de la región geográfica de que se trate, así:

- Para el Valle del Cauca y el Alto Magdalena, los objetivos serían mayor rendimiento, aplicación de tecnología, plagas en el follaje, enfermedades de la panícula, volcamiento, ataque de pájaros a la panícula, y fertilidad del suelo.

Cuadro 3. **Área sembrada, producción (estimada), y rendimiento de sorgo en el departamento del Meta, de 1980 a 1989.**

Semestre agrícola	Área sembrada (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)
1980 B	18,408	2.1	38,656
1981 B	17,992	2.1	37,783
1982 B	16,198	2.0	32,396
1983 B	15,108	2.0	30,216
1984 B	13,937	2.1	29,257
1985 B	14,555.5	2.2	32,022
1986 B	11,518	2.0	23,044
1987 B	16,560.5	2.0	33,120
1988 B	10,600.0	2.4	25,440
1989 B	7,000.0	2.7	18,900

Fuente: FENALCE, Departamento del Meta.

Cuadro 4. **Estadística de la producción de dos cereales (sorgo y maíz) en Colombia.**

Año	Maíz corriente				Maíz tecnificado			Sorgo		
	Área (ha)	Rend. (t/ha)	Prod. (t)	Import. (t)	Área (ha)	Rend. (t/ha)	Prod. (t)	Área (ha)	Rend. (t/ha)	Prod. (t)
1980	614.400	1.39	853.600	192.600	100.600	2.21	222.600	206.200	2.09	430.500
1981	629.000	1.40	880.000	79.500	112.600	2.25	253.500	231.300	2.30	532.000
1982	636.000	1.41	898.500	119.600	107.200	2.42	259.400	299.700	2.04	610.500
1983	583.400	1.48	863.900	44.700	78.700	2.65	208.900	280.100	2.21	619.600
1984	593.100	1.46	864.300	0	82.500	2.45	202.500	230.900	2.51	278.900
1985	559.410	1.41	789.030	60.250	80.000	2.20	176.200	229.534	2.51	574.410
1986	648.702	1.40	906.704	0	77.800	2.68	204.300	218.119	2.74	596.910
1987	604.190	1.48	891.430	0	75.140	2.78	208.830	270.280	2.64	713.120
1988	656.610	1.44	946.660	42.540	78.210	2.80	219.030	262.915	2.86	750.940
1989	765.880	1.42	1.085.350	-	96.380	2.80	269.950	228.000	3.09	705.000

FUENTE: FENALCE, Departamento Económico, 1988.

Cuadro 5. **Area sembrada, rendimiento y producción de varios cultivos en el segundo semestre de 1988 y 1989, en Colombia.**

Cultivo	Semestre B, 1989			Semestre B, 1988			Variación			
	Area (t/ha)	Rendim. (t)	Produc. (ha)	Area (t/ha)	Rendim. (t)	Produc. (ha)	(ha)	(%)	(t)	(%)
Arroz	137.20	5.07	695.30	133.50	4.76	635.90	3.70	2.80	59.40	9.30
Sorgo	117.90	2.83	333.60	96.70	2.90	287.80	21.20	21.90	45.70	15.90
Soya	73.90	1.80	133.00	53.00	1.70	95.10	20.90	39.40	37.90	39.90
Maíz tecnif./a	37.20	2.48	92.10	36.20	2.60	94.60	1.00	3.00	-2.50	-3.00
Ajonjolí	12.30	0.59	7.30	11.00	0.60	6.60	1.30	12.00	0.70	11.00

Fuente: Bolsa Nacional Agropecuaria S.A. Reuniones de Evaluación de Siembras y Pronósticos de Cosechas, Semestre B 1988 y 1989. Dpto. de Información.

a. No se incluyen aquí siembras tradicionales del maíz. Rendim. = rendimiento; Produc. = producción; tecnif. = tecnificado.

Cuadro 6. **Area, producción y rendimiento del sorgo en varios países de América Latina, en 1986, 1987 y 1988.**

País(miles ha)	En 1986			En 1987			En 1988		
	Area (Kg/ha)	Rendim. (miles t)	Producción (miles ha)	Area (Kg/ha)	Rendim. (miles t)	Producción (miles t)	Area (miles ha)	Rendim. (Kg/ha)	Producción (miles t)
América del Sur									
Bolivia	15	3.927	59	8	3.000	24	9	3.022	27
Brasil	196	1.866	365	239	1.898	453	196	1.572	308
Colombia	227	2.645	600	259	2.713	704	266	2.653	707
Ecuador	3	2.482	6	3	2.920	8	3	3.000	9
Peru	10	3.649	38	7	3.511	24	8	4.250	34
Venezuela	381	1.985	756	350	2.221	777	350	1.714	600
Argentina	1322	3.072	4.061	1.005	3.025	1.040	956	3.347	3.200
Paraguay	14	1.319	19	15	1.433	22	16	1.428	23
Uruguay	40	2.609	105	31	2.941	90	42	2.881	121
América Central									
Costa Rica	16	2.324	37	7	2.567	19	5	2.085	11
Cuba	17	1.100	17	17	1.100	17	17	1.100	17
Rep. Dominicana	16	2.786	46	18	2.750	49	14	2.835	39
El Salvador	120	1.229	148	125	207	26	123	1.228	152
Guatemala	67	1.510	101	67	1.510	101	67	1.418	95
Honduras	43	750	33	25	1.170	30	46	913	42
México	1533	3.152	4.833	1.853	3.398	6.296	1.800	3.056	5.500
Nicaragua	82	2.068	169	72	1.758	127	63	1.806	113
Panamá	9	2.278	20	10	2.567	26	10	2.631	26

- Para el Caribe húmedo serían tolerancia a la sequía, período vegetativo corto, mosca del ovario, ataque de pájaros a la panícula, y fertilidad del suelo.
- Para el Caribe húmedo serían: mosca del ovario, hongo de la panícula, período vegetativo corto, ataque de pájaros a la panícula, y fertilidad del suelo.
- Para los Llanos Orientales, finalmente, el objetivo principal del mejoramiento sería la tolerancia a la acidez del suelo.

La necesidad de investigar el cultivo fue el tema de la Tercera Reunión Anual de Investigación de Sorgo en Colombia, celebrada en Villavicencio, Meta, en agosto de 1989. Los resultados obtenidos y las perspectivas trazadas por las entidades participantes en esa reunión se resumen en este informe de actividades.

Balance del Año

1989 Ha sido un año muy especial para las diferentes entidades que trabajan en sorgo en Colombia. Después de organizar de manera sistemática la información obtenida, el ICA propuso la liberación de dos genotipos de sorgo, el 156-P5-Serere 1 y el MN 4508, para el área de Villavicencio, en Meta, Colombia.

Ocurrió también ese año un cambio radical en la orientación de la investigación sobre sorgo, porque se establecieron niveles de saturación de aluminio en el suelo. Esta iniciativa permitió orientar en forma más definida, los experimentos que se hacían en cada región porque se definieron metas científicas y económicas a corto y a largo plazo.

Así mismo, la filosofía de cooperación interinstitucional se ha fortalecido más, y nuevas instituciones se han vinculado al proyecto ensanchando la concepción original de éste. Otras áreas de investigación han sido incorporadas al proyecto. Además, el concepto de agricultura de sostenimiento, es decir, aquella en que un aumento de producción exige la protección y mejora de los factores que intervienen en el sistema de producción, ha calado hondamente en la actitud y en los propósitos de los investigadores.

La producción de sorgo en América Latina se inserta en una perspectiva socioeconómica cuyo objetivo final es reducir el precio de los concentrados para animales. El efecto lógico será la reducción de los precios de la carne de pollo y de los huevos. La estrategia que logrará ese objetivo será el incremento en la producción y la disminución en los costos de esa producción gracias a técnicas de manejo integrado que protejan o mejoren el ecosistema natural.

La utilización del sorgo, especialmente a nivel del pequeño agricultor, se ha desarrollado paralelamente con los conceptos de mejoramiento genético de esa especie y con la incorporación de nuevas técnicas de cultivo en las sabanas.

En los próximos años, la investigación en regiones de precipitación escasa y mal distribuida deberá fortalecerse. Las universidades deberán desempeñar un papel fundamental en los proyectos sobre el sorgo, tanto en las investigaciones para tesis, como en la coordinación que de estas actividades pueden hacer los científicos dedicados a la docencia.

Estrategia general

Cooperación interinstitucional

El proceso de investigación en los países más avanzados del mundo ya no es unipersonal ni lo desarrolla una sola institución, como ocurrió tal vez en el pasado.

Sólo mediante la cooperación, es decir, compartiendo el exigente trabajo de la investigación agrícola y uno de sus componentes básicos importantes, sus altos costos, se podrán obtener resultados a corto plazo que garanticen mayores ingresos y beneficios para el agricultor. El resultado final será mejorar el nivel de vida de los agricultores latinoamericanos.

En Colombia, INTSORMIL ha encontrado el apoyo de las universidades, por ejemplo, Unillanos, la Universidad Nacional de Palmira, la Universidad del Valle, la Universidad Santiago de Cali y la Universidad del Tolima; también la apoyan instituciones privadas sin ánimo de lucro como la Fundación El Alcaraván, y el sector público, representado por el ICA y FENALCE.

El propósito fundamental, y la filosofía toda, del Programa de Sorgo de INTSORMIL en Colombia es el desarrollo, y la evaluación ulterior, del germoplasma de sorgo tolerante a los suelos ácidos. Para lograrlo, el proyecto MS 111 ha hecho convenios con instituciones colombianas como ICA y FENALCE.

Trabajar juntos y en forma coordinada no ha sido tarea sencilla para esas instituciones. Los intereses y objetivos a veces difieren un poco, el personal y los recursos son escasos, y los problemas técnicos se multiplican. Sin embargo, todo se puede sobrellevar en favor de un gran objetivo final, es decir, el mejoramiento de las condiciones de vida de las clases más necesitadas mediante la investigación y la transferencia de tecnología.

Después de dos años de actividades en Arauca y tres en La Libertad, en Meta (Figura 1) conviene hacer ahora un análisis de los principios generales que han orientado esta investigación.

Básicamente, todo lo que se mencionará a continuación ha sido expuesto anteriormente; sin embargo, se ha considerado importante resaltar algunos aspectos que aparentemente, no han sido esclarecidos.

Sorgo tolerante al aluminio

La composición química de los suelos ácidos de América Latina es la limitante decisiva en su expansión

agrícola. En los cuadros 7 y 8 se presenta la distribución estimada de Oxisoles y Ultisoles, los dos órdenes de suelos ácidos más prominentes. En el hemisferio occidental, es este un problema regional: más de 860 millones de hectáreas de tierra, que pertenecen a los órdenes Oxisol y Ultisol, se encuentran principalmente en las regiones de sabana de los Llanos Orientales de Colombia, en los de Venezuela, y en el Cerrado del Brasil (Sánchez y Salinas, 1981). De estas sabanas, las más ácidas son las de Colombia: las siguen el Cerrado brasileño y, en menor escala, los llanos venezolanos.

El principal problema de estos suelos ácidos altamente intemperizados son las deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, y de una variedad de elementos

Cuadro 7. Distribución de los suelos Oxisoles y Ultisoles por país, en América Latina.

	País	Extensión (millones ha)	Fracción del país %
AMERICA DEL SUR	BRASIL	572.71	68
	COLOMBIA	67.45	57
	PERU	56.01	44
	VENEZUELA	51.64	58
	BOLIVIA	39.64	58
	GUYANA	12.25	62
	SURINAM	11.43	62
	PARAGUAY	9.55	24
	ECUADOR	8.61	23
	GUYANA FRANCESA	8.61	94
	CHILE	1.37	2
	ARGENTINA	1.28	0.4
	TOTAL	840.55	48
AMERICA CENTRAL	MEXICO	4.42	2
	PANAMA	3.59	63
	HONDURAS	3.13	29
	NICARAGUA	2.92	30
	GUATEMALA	0.96	9
	COSTA RICA	0.70	14
	BELICE	0.40	18
	TOTAL	16.12	6
REGION DEL CARIBE	CUBA	2.42	21
	HAITI	0.52	19
	JAMAICA	0.45	41
	TRINIDAD	0.42	84
	REPUBLICA DOMINICANA	0.42	9
	PUERTO RICO	0.16	18
	GUADALUPE	0.09	47
	MARTINICA	0.05	43
	TOTAL	4.53	21
	GRAN TOTAL	861.10	42

Fuente: Cochrane, 1979.

CUADRO 8. Distribución de los suelos Omisoles, Ultisoles y Entisoles en las tierras bajas tropicales de América del Sur.

Orden	SUELO Suborden	Area Gran grupo	Fraccion del (millones ha)	área total (%)	
OXISOLES	ORTHOX	HAPLORTHOX	150.0	18.3	
		ACRORTHOX	62.0	7.6	
		UMBRIORTHOX	4.0	0.5	
		EUTRORTHOX	0.8	0.1	
	USTOX	HAPLUSATOX	53.0	6.5	
		ACRUSTOX	32.0	3.9	
		EUTROSTOX	24.0	3.0	
	AQUOX	PLINTHAQUOX	1.0	0.1	
	Total OXISOLES			326.8	40.0
	ULTISOLES	UDULTS	TROPUDULTS	82.0	10.1
			PLINTHUDULTS	30.0	3.6
			PALEUDULTS	29.0	3.5
			RHODUDULTS	4.0	0.5
AQUULTS		TROPAQUULTS	37.0	4.4	
		PLINTHAQUULTS	15.0	1.8	
		PALEUQUULTS	0.3	0.1	
		ALBAQUULTS	0.1	0.1	
USTULTS		HAPLUSTULTS	8.5	1.0	
		RHODUSTULTS	4.9	0.6	
		PALEUSTULTS	1.6	0.2	
Total ULTISOLES			212.4	25.9	
ENTISOLES		AQUENTS	FLUVAQUENTS	50.6	6.2
	TROPAQUENTS		8.8	1.1	
	PSAMMAQUENTS		3.9	0.5	
	MYORAQUENTS		1.1	0.1	
	PSAMMENTS	QUARTZIPSAMMENTS	42.0	6.4	
		USTIPSAMMENTS	6.1	0.7	
		TROPOPSAMMENTS	2.2	0.3	
	FLUVENTS	TROPOFLUVENTS	16.0	2.9	
		USTIFLUVENTS	0.7	< 0.1	
		XEROFLUVENTS	0.7	< 0.1	
	ORTHENTS	TROPOFLUVENTS	9.4	1.1	
		UDORTHENTS	3.3	0.4	
		USTORTHENTS	1.1	0.1	
Total ENTISOLES			155.9	20.0	

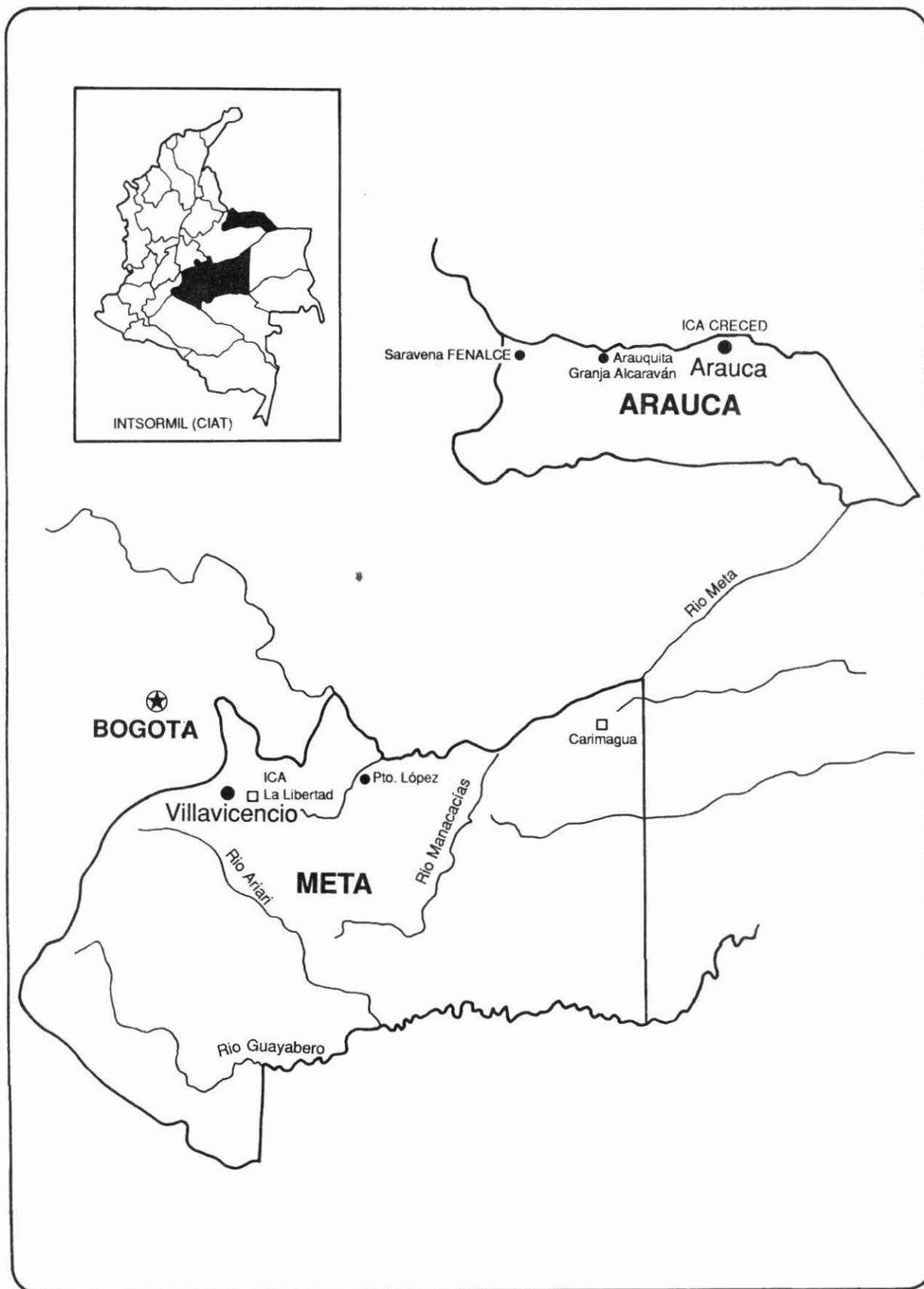


Figura 1. Localización de los principales sitios de investigación del proyecto Alcaraván-INTSORMIL-MSU-CIAT sobre estudio del sorgo en los suelos ácidos de Arauca y Meta.

menores. Casi tres cuartas partes de esas regiones tienen niveles de saturación de aluminio que son tóxicos para la mayoría de las especies cultivables que se emplean en la alimentación humana o animal. Además, el alto nivel de saturación de aluminio está asociado al problema de una fuerte fijación del fósforo.

Estos suelos responden muy bien a la aplicación de fertilizantes y cal; desafortunadamente, las cantidades de ambos requeridas para la producción de los híbridos o variedades de sorgo disponibles comercialmente son • excesivas y, en consecuencia, costosas para los agricultores de pocos recursos. Una aplicación de cal en la superficie del suelo hace muy poco para corregir la deficiencia química que las raíces encontrarían de nuevo al penetrar en horizontes profundos del suelo. Más aún, esa aplicación incrementaría el riesgo de la inversión del agricultor, porque ésta se perdería si ocurre una sequía y faltara anclaje a las raíces extendidas en la superficie encalada.

Hacia el futuro

El recurso más valioso que tiene América Latina es una enorme población joven, pujante, cada día mejor educada, y poseedora de un inmenso deseo de trabajo.

Para que este inagotable recurso rinda sus frutos, hay que saber valorarlo primero y orientarlo después según las necesidades que tenga el país de investigación y de desarrollo de tecnología. Una y otra contribuirán a que el progreso sea más acelerado y equitativo.

Se desperdicia el recurso humano en las universidades, donde vive gran parte de esta nueva generación, porque no se lo integra en un esquema organizado de investigación que se oriente a resolver los problemas agronómicos del presente y del futuro.

Las universidades latinoamericanas deben hacer un papel activo en la investigación. Una forma sencilla de hacerlo es empleando estudiantes de tesis, con tal que éstas se incorporen a los planes nacionales de investigación.

Cada tesis debe tener un propósito claro y debe satisfacer una necesidad. Qué prioridad se asignará a esas necesidades y a esos objetivos? Un foro nacional que reúna a todas las partes involucradas en el desarrollo del sorgo fijará prioridades a corto y a largo plazo, y las revisaría, en principio, cada dos años. Ellas se integrarían luego a los planes de investigación de los NARD (Centros Nacionales de Investigación Agrícola) de cada país.

Hay universidades o centros tecnológicos en la mayoría de las regiones ecológicas aptas para el sorgo, al menos en los países más desarrollados de América Latina. Por lo tanto, la investigación agrícola se volverá cada vez más local, y esto ayudaría a resolver los problemas que plantea la gran cantidad de microclimas de América tropical. Para que este plan funcione debe haber además una institución coordinadora que se reuniría anualmente a definir prioridades y a establecer responsabilidades.

Con la incorporación de las universidades a los programas de investigación, a nivel nacional, podremos canalizar, como un recurso valioso, la gran cantidad de conocimientos de los profesores y científicos universitarios, quienes participarían activamente como directores de tesis.

Los fondos de las universidades son escasos. Por tanto, las organizaciones internacionales apoyarían estas iniciativas de investigación o buscarían formas de financiación para ellas. Muchas instituciones gremiales nacionales podrán también formar parte del sistema, e incluso algunas empresas del sector privado, como las compañías de agroquímicos, las de semillas, y otras. En conclusión, si este plan se realiza, todas las instituciones mencionadas trabajarían coordinadamente por un mismo objetivo, a saber, el cultivo cuyo desarrollo les interesa.

Los beneficios de esta iniciativa serían múltiples. He aquí los principales:

1. No se duplicarían los trabajos de investigación.
2. La eficiencia de los pocos recursos económicos disponibles se multiplicaría.
3. Se incorporaría a éste sistema de investigación un gran número de científicos y profesores universitarios.
4. Los estudiantes próximos a graduarse, casi profesionales, desempeñarían un papel importante en la solución de los problemas agronómicos nacionales o locales.
5. La investigación sobre los cultivos se basaría en prioridades fijadas por los NARD siguiendo el consenso de los foros nacionales.

En resumen la intención de este programa es investigar, con la participación de científicos y especialistas del sorgo en Colombia, el aumento de la producción, del consumo y de la utilización del sorgo y del millo en Colombia; además, y en la medida de lo posible, extrapolar esos datos para otros países de América tropical. Simultáneamente, el programa trabajará con estudiantes universitarios que se hallen a nivel de tesis de grado o en pasantías.

Con esta investigación se pretende resolver problemas de pequeños y medianos agricultores. Además el programa se esfuerza porque esa investigación sea participativa y establezca una colaboración real entre las partes involucradas. Tratará de orientar, más que de asumir un rol ejecutivo, en cualquiera de los convenios en que participe.

Los Llanos Orientales de Colombia

Basta ver un mapa de América Latina para comprender la importancia de desarrollar las sabanas de la América tropical.

Según la Unidad de Estudios Agroecológicos del CIAT, existen por lo menos cinco tipos diferentes de sabanas (Jones, P.). Deben aplicarse por tanto, modelos específicos de desarrollo a cada uno de estos ecosistemas, que consideren con criterio técnico la pendiente, la capacidad de infiltración, y los niveles de saturación de aluminio de sus suelos.

Desde el punto de vista socioeconómico esos modelos tendrán en cuenta la infraestructura actual, incluyendo las vías de comunicación, la distancia a los centros de consumo, y la disponibilidad de materia prima. Estos tres son limitantes de primer orden. Además, en países como Colombia, la seguridad es otro factor importante del modelo de desarrollo.

Desarrollar la vega o la sabana?

La experiencia enseña, en muchas partes del mundo, que primero se cultivan los mejores suelos y luego los suelos con problemas de acidez. Las vías de comunicación, la disponibilidad de maquinaria, y lógicamente la comercialización serán las limitantes de los proyectos de incorporación de nuevas áreas a la producción agrícola.

En agosto de 1989, en Tame, Arauca, hubo un día de campo en que participó el programa con la colaboración de El Alcaraván. En esa localidad se sembraron cerca de 200 ha de sorgo híbrido Pioneer 8187, que se desarrolló normalmente y cargó bien; sin embargo se retrasó la cosecha por falta de una combinada, y se volcó el 75% del cultivo. Este sorgo estaba sembrado en suelos nuevos de vega. Considerando éste y otros casos se puede suponer que el desarrollo del sorgo ocurrirá primero en la vega. Hoy, gracias al resultado de la investigación financiada por la fundación El Alcaraván, el programa está muy cerca de poder recomendar científicamente los genotipos (híbridos o variedades

comerciales) que mejor se adaptan a cada localidad de Arauca.

Tan pronto haya combinadas disponibles para la cosecha mecanizada del grano, el desarrollo del sorgo en la región será muy rápido. Las posibilidades de obtener buen mercado son incomparables. En su tesis de grado, Walter Rendón (1989) evaluó la factibilidad económica de la producción de sorgo en diferentes regiones de Colombia. Considerando dos factores que actualmente intensifican el desarrollo agrícola, a saber, el crédito barato, y las tierras aún baratas, y suponiendo costos de preparación del suelo iguales a los del resto del país, la vega de Arauca es la región con más rentabilidad para la producción de sorgo de grano en Colombia.

Vegón, el presente

INTSORMIL ha roto una barrera importante en la expansión inmediata del sorgo. Se dispone, efectivamente, de líneas que producen más de 3 t/ha en niveles de saturación de aluminio inferiores al 40%, como Serere 1 y PPQ 2; estas líneas poseen además buenas características agronómicas.

Otras líneas como IS 8577, MN 4508 e IS 9084, superan las 3.5 t/ha pero en el primer semestre alcanzan alturas superiores a los 2 m (Cuadro 9).

Sabana, el futuro

El desarrollo de una tecnología apropiada para la sabana traerá consigo el desplazamiento de muchos cultivos, especialmente de granos, a esa región, considerada marginal hasta hoy. Así se aliviará gran parte de la presión social que afecta actualmente tanto la región amazónica como las zonas montañosas de Colombia (González, 1990).

Híbridos o variedades?

Ha sido tradicional, cada vez que una zona se incorpora a la producción de un cereal, empezar ésta con la tecnología más sencilla. Con esta táctica se aprenderá a manejar el cultivo sin someter a grandes riesgos su producción, la cual se apoya también en la estabilidad relativa de variedades dotadas principalmente de un amplio rango de adaptación.

Cuadro 9. **Diferencias de varias líneas de sorgo entre el semestre A y el B de 1988, en cuanto a rendimiento, altura de la planta, y días a floración. Promedio de cinco localidades de Arauca (Antioqueña, Raul Ruiz, Alcaravan, Ismael Muñoz y San Lorenzo).**

Línea	Altura de planta			Rendimiento			Días a floración		
	Sem. A.	Sem. B	Dif.	Sem. A.	Sem. B	Dif.	Sem. A	Sem. B	Dif.
IS 10336	172.6	134.8	37.8	2313	1842	471	67.6	76.4	-8.8
IS 8577	215.4	159.6	55.8	2646	2256	390	72.5	71.2	1.3
IS 7151	221.6	255.0	66.6	2553	2173	380	74.5	70.8	3.7
IS 8933	221.7	159.8	61.9	2503	2146	357	73.7	73.4	0.3
IS 2765	220.9	161.0	59.9	2816	2492	324	76.2	73.8	2.4
IS 3071	227.2	149.0	78.2	2582	2290	292	73.7	74.2	-0.5
IS 9042	216.7	161.8	54.9	2686	2468	218	72.7	72.6	0.1
SERERE	186.3	138.8	47.5	2327	2164	163	72.6	68.2	4.4
IS 8996	204.7	148.4	56.3	2026	2509	117	74.1	71.8	2.3
IS 3522	223.3	154.8	68.5	2614	2502	112	71.4	72.8	-1.4
MN 4508	221.6	162.0	49.6	2672	2561	111	75.1	72.2	2.9
IS 9084	223.6	160.4	63.2	2585	2516	69	73.1	72.4	0.7
IS 8959	222.4	159.0	63.4	2492	2447	45	74.3	73.4	0.9
IS 6944	230.8	160.0	70.8	2898	2858	40	74.5	72.6	1.9
5 DX	223.8	140.6	83.2	2457	2526	69	73.9	67.2	6.7
IS 7132	206.3	152.8	53.5	1998	2076	-78	75.7	72.8	2.9
PPQ 2	162.7	136.4	26.3	2327	2800	-473	69.4	67.8	1.6
IS 9826	197.5	149.4	48.1	2217	2750	-533	71.0	70.0	1.0
IS 12152	221.2	165.0	56.1	1794	2608	-814	68.3	74.0	-5.7
IS 8931	216.3	158.6	57.7	2204	3130	-926	73.8	81.8	2.0
IS 9945	205.0	148.6	56.4	1481	2524	-1043	74.3	73.4	0.9
IS 9938	221.1	164.4	56.7	1440	2815	-1375	69.7	72.2	-2.5
IS 9109	228.6	173.0	55.6	986	2419	-1433	72.2	74.8	-0.6

Una variedad favorece además al agricultor en que éste puede guardar la semilla de un semestre a otro; esta práctica, bien manejada, permite conservar en las generaciones nuevas las mismas características genéticas del material original. Por lo tanto, en zonas sin tradición agrícola, como Arauca, parece lógico iniciar un cultivo con variedades y en el futuro, cuando exista mayor tradición agrícola, promover la siembra de híbridos (Cuadro 9A).

No debe olvidarse que, en condiciones adecuadas de manejo, el híbrido superará a las variedades en cerca de un 15% de la producción, lo que es muy rentable. Por consiguiente, los agricultores con tradición, progresistas y con disponibilidad

de recursos económicos, se beneficiarán más con los híbridos que con las variedades.

Suelos de los Llanos

En 1988, INTSORMIL sugirió dividir los suelos de los Llanos Orientales según el porcentaje de saturación de aluminio; por esta iniciativa se dejó de hablar de sorgo para sabana y se empezó a hablar de la tolerancia verdadera de los genotipos.

Cuadro 9A. **Características contrastantes de híbridos tradicionales y de variedades tradicionales, en una zona de Vega.**

Híbridos	Variedades
La semilla es cara	La semilla es barata
El agricultor no puede guardar la semilla	El agricultor puede guardar la semilla
Se adaptan a un rango estrecho de ambientes	Tienen un amplio rango de adaptación
Necesitan tecnología de altos insumos	Se adaptan a tecnología de bajos insumos.
Son de alta producción	Se caracterizan por su estabilidad en la producción
Necesitan un buen manejo	Se adaptan al mal manejo
Tienen baja estabilidad	Tienen alta estabilidad.

Partiendo del comportamiento de algunos cultivos —especialmente en los extremos inferior y superior de ese rango— se ha afinado más el concepto de división del suelo y se sugieren ahora subniveles o clases, a saber:

Nivel Subnivel	1		2		3	
	A	B	A	B	A	B
Sat. Al (%)	0-20	21-35	36-45	46-60	61-75	76-90

Nivel 1. Todo el sorgo de los Llanos Orientales se produce actualmente bajo las condiciones de este nivel.

Estos suelos tienen niveles muy bajos de saturación de aluminio y están bien drenados; muchas veces son suelos arroceros en los cuales se cultiva sorgo en el segundo semestre como cultivo de rotación.

El área que se cultiva con sorgo en los Llanos ha disminuido en los últimos años, sobre todo por causa de la baja producción de grano. Este descenso en la producción se debe muchas veces a la poca estabilidad de los híbridos comerciales, especialmente si la precipitación es variable en

el segundo semestre. Esta oscilación causa a veces un constante estrés de agua durante el ciclo vegetativo; otras veces —cuando llueve a la hora de la cosecha— un ataque de hongos en la panoja que eleva el porcentaje de aflatoxinas en los concentrados animales y reduce la calidad nutritiva del grano.

En estos suelos de vega del Meta se han sembrado, en los últimos diez años, los híbridos y las variedades comerciales tradicionales, susceptibles al aluminio o con muy baja tolerancia a él. Experimentalmente se obtiene una excelente producción (Fenalce, 1990); a nivel comercial, en cambio, estos resultados no se repiten y es común encontrar hongos en las panojas de estos cultivos si ha llovido en los días cercanos a la cosecha.

Los genotipos de las primeras generaciones de INTSORMIL producen tanto como las variedades del ICA en las condiciones de los Llanos; sin embargo, son más altos y más tardíos, especialmente en el primer semestre, más aunque tolerantes a los hongos de la panoja que las variedades del ICA.

Nivel 1, Clase A. No se observa toxicidad visual ni reducción en producción para los genotipos susceptibles. Híbridos o variedades de alto rendimiento y con tecnología apropiada, son aconsejables.

Algunos genotipos de INTSORMIL presentan altas producciones pero superan en más de un metro la altura de los híbridos comerciales. El objetivo es producir por encima de las 4 t/ha de grano.

Nivel 1, Clase B (21%-35%). En genotipos muy susceptibles se empiezan a observar algunos síntomas visuales y ligera disminución en la producción de grano. Muchos híbridos comerciales todavía superan a los genotipos tolerantes; parece que 35% de saturación de aluminio es el límite para los genotipos, susceptibles. Este nivel de saturación afecta muy poco a los genotipos de INTSORMIL en producción y en altura. El rendimiento deseable estar ser por encima de las 3.5 t/ha.

En estos suelos, altura de planta es un factor que importa manejar bien. Excesiva altura en los genotipos no se traducirá siempre en mayor producción. La mayor altura la presentó 5DX (204 cm); lo siguieron IS 9042 (202 cm), IS 9084 (200 cm), IS 3522 (199 cm), IS 8933 (197 cm), IS 7151 (196 cm), IS 2765 (189 cm), IS 9945 (183 cm), PPQ-2 (159 cm), y Serere ó Real 40 (150 cm).

En el Estoril, Meta, en 1989A, con 34.78% de saturación de Al, IS 9084 produjo 3139 kg; Serere (Real 40) produjo 3046 kg; IS 2765, 2940 kg; e Icaima, 1537 kg. Se aplica cal a estos

suelos más como fuente de calcio que como correctivo; una vez aplicada, la cal cambia poco de posición en el suelo y más bien permanece fija en el lugar en que se aplicó.

El genotipo más alto en El Estoril fue IS 7151, que midió 212 cm; rindió 2738 kg/ha. En segundo lugar están IS 8933 e IS 2765 con 207 cm. El tercer genotipo fue IS 3522 con 206 cm; rindió 2501 kg/ha. El cuarto fue 5DX con 202 cm. El quinto fue IS 9945 con 199 cm; éste rindió 3022 kg/ha. Serere (Real 40) e IS 9084 midieron 160 cm, e Icaima 132 cm.

En el peaje 20-40 del C.I. del ICA La Libertad hay un lote que ha recibido a través del tiempo tres incorporaciones de kudzú, y cuyo promedio de saturación de aluminio fue 33.12% en 1989A. En este sitio, los testigos Serere (Real 40) y MN 4508 (Real 60) produjeron 3131 kg/ha y 3852 Kg/ha, respectivamente. El rendimiento de otros genotipos fue el siguiente: 5DX (3115 kg/ha), PPQ-2 (2430 kg/ha), 9084 (3099 kg/ha), IS 2765 (2960 kg/ha), 3522 (3231 kg/ha), IS 3071 (2991 kg/ha), IS 8931 (3115 kg/ha), IS 3944 (3060 kg/ha), Icaima (2882 kg/ha).

Nivel 2, Clase A. En este nivel (36% - 45%) los híbridos comerciales susceptibles al Al disminuyen notablemente su producción y se observan en las plantas síntomas visuales. Solamente los genotipos con tolerancia al Al producen económicamente en estas condiciones; se observa en ellos una ligera disminución en altura, aunque tanto su altura como su nivel de producción son elevados.

El objetivo de producción en este nivel debe ser tres t/ha. Los problemas agronómicos de la primera generación subsistían en el primer semestre de 1989; en el segundo semestre no hubo aquí problemas de altura de la planta.

Nivel 2, Clase A. Los genotipos tolerantes al aluminio, de la primera generación de INTSORMIL, no siempre producen más cuando la saturación de aluminio es menor, como en estos suelos. Por ejemplo, en un suelo localizado en predios de la Universidad Tecnológica de los Llanos, donde había 45.83% de sat. Al, el genotipo IS 8933 rindió 1977 kg/ha; el rendimiento de genotipos similares a éste fue el siguiente: IS 9042 (2020 kg/ha), 5DX (2542 kg/ha), PPQ 2 (2645 kg/ha), IS 9084 (2178 kg/ha), IS 2765 (2603 kg/ha), Serere o Real 40 (2771 kg/ha), IS 3522 (2097 kg/ha), Icaima (1139 kg/ha).

Nivel 2, Clase B. En este nivel (46% - 60%) los factores genéticos que determinan la tolerancia al aluminio se hacen indispensables. Otros caracteres, como estabilidad, calidad del grano, y tolerancia a las enfermedades en la panoja son criterios usados para seleccionar entre los genotipos

tolerantes. La altura de la planta es menos importante que en los niveles donde hay bajas saturaciones de aluminio. Sólo los genotipos tolerantes pueden sembrarse aquí si se desea una producción económicamente rentable; 250 kg de cal dolomítica, incorporados al suelo, son indispensables como nutrimento.

La producción deseable es de más de 2.5 t/ha. En Gaumal, Meta, con una saturación de aluminio de 58.53% en promedio, los genotipos rindieron así: IS 8933, 2570 kg/ha; IS 9084, 2635 kg/ha; 5DX, 2708 kg/ha; IS 2765, 2654 kg/ha; Serere, 2890 kg/ha; IS 3522, 2542 kg/ha; PPQ-2, 1753 kg/ha; IS 9042, 2698 kg/ha.

El primer genotipo en altura de planta fue IS 9042 con 210 cm, segundo IS 2765 con 207 cm, tercero IS 8933 con 204 cm, cuarto IS 3522 con 202 cm, quinto IS 9084 con 201 cm; luego están 5DX con 196 cm, IS 9945 con 193 cm, IS 7151 con 191 cm, PPQ 2 con 171 cm, Serere con 143 cm, e Icaima con 96 cm.

Nivel 3. La mayoría de los suelos de sabana se clasifican en este nivel de saturación de Al.

En agricultura sólo interesan las sabanas planas. Las hay bien drenadas y mal drenadas. Es lógico suponer que las sabanas planas bien drenadas son más fáciles de manejar; sin embargo, es posible que, una vez establecida la agricultura en esas regiones, haya en ellas más problemas de erosión, especialmente eólica, que en las sabanas mal drenadas. Por consiguiente, deberá darse especial importancia al manejo que, en las condiciones de ese ecosistema, exige una agricultura de sostenimiento. Debe ser éste un objetivo fundamental.

En Venezuela y en Brasil hay vías o comunicaciones adecuadas para los Llanos y el Cerrado, respectivamente; en cambio, en los demás países latinoamericanos del trópico los sistemas de comunicación terrestres son deficientes. En Colombia existe, además, el problema de la violencia.

Estos suelos permiten una fácil mecanización. Sin embargo, un manejo inadecuado de los tractores y de los implementos agrícolas en su preparación podrá destruir en poco tiempo lo que la naturaleza ha tardado miles de años en construir.

La sabana bien drenada tiene excelentes características físicas; a pesar de sus limitaciones químicas —aparentemente manejables— podrá convertirse en una región de fácil expansión agrícola. El interés social por la tenencia de esas tierras podrá aliviar parte de la presión que experimentan hoy los suelos más fértiles de las cordilleras y los valles andinos.



Nivel 3, Clase A. Estos suelos (67% - 75%) se hallan en el límite que separan lo que se llamaba anteriormente vegón y sabana.

Por la alta saturación de aluminio de este nivel, la mayoría de los genotipos de INTSORMIL que se siembren en él requieren la aplicación de elementos menores u otras prácticas especiales de manejo; si no las reciben, decaerán por debajo del punto de equilibrio económico, que en estos suelos es de 1.7 t/ha.

Cualquier rendimiento de sorgo superior a las 2.5 t/ha de grano se consideró aquí excelente. De los genotipos de la primera generación, IS 9084, IS 8577, IS 3071, IS 3522, MN 4508, IS 2765, e IS 6944 fueron los que, al parecer toleraron mayores porcentajes de saturación de aluminio. La altura de la planta, en estas condiciones, no representa un problema, ni en el primero ni en el segundo semestre.

Otro grupo de genotipos, IS 9826, IS 6944, IS 9938 e IS 12152, toleran muy bien el aluminio; no obstante, por su alto porcentaje de taninos no se aconsejan para nuestro medio, donde el sorgo se usa principalmente en la industria de concentrados.

El lote de la Sociedad de Ingenieros Agrónomos de los Llanos (SIALL) tenía, en 1989A, una saturación de aluminio de 68.82%. En este lote, el genotipo de la primera generación que más produjo fue IS 8931 (1513 kg/ha) y alcanzó 152 cm de altura; lo siguió IS 3071, con 1461 kg/ha y 159 cm, de altura. Otros genotipos ocuparon las siguientes posiciones: tercero MN 4508 (Real 60) con 1412 kg/ha y 159 cm, cuarto IS 9084 con 1316 kg/ha y 169 cm; quinto IS 8577 con 1271 kg/ha, sexto IS 2765 con 1114 kg/ha, séptimo fue IS 3522 con 1084 kg/ha, y octavo Icaima con 533 kg/ha.

El primer semestre, los genotipos de la primera generación alcanzan una altura de planta adecuada y son rentables. El punto de equilibrio del rendimiento para la sabana y los llanos es de 1.7 kg/ha, cuando se considera una ganancia del 15%.

Nivel 3, Clase B. La gran sabana tiene 76% a 90% de saturación de Al, especialmente en Colombia.

El sueño del programa INTSORMIL sería producir, bajo estas condiciones de la sabana nativa, lo que en la actualidad producimos en la vega: un promedio de 3 t/ha. Un logro semejante sería espectacular.

En la actualidad, ningún genotipo de la primera generación produce grano en una forma económicamente rentable en suelos que tengan más de 76% de saturación de aluminio. Los rendimientos oscilan allí entre las 1.5 y 0.5 t/ha. La cal

es estrictamente necesaria, no solo como nutrimento sino como correctivo, para tratar de reducir el 76% de saturación.

En la literatura se han registrado producciones de sorgo rentables en este nivel, pero los autores de este trabajo no han podido obtenerlas. Aparentemente, la materia orgánica y los elementos menores desempeñan un papel importantísimo: la primera como neutralizador ('buffer') de los niveles tóxicos de aluminio, y los segundos para mantener un equilibrio fisiológico en las plantas que se traducirá en mayor rendimiento.

La altura de la planta tampoco representa aquí un problema, ni en el primero ni en el segundo semestre. La profundidad que alcancen las raíces y su desarrollo hacen un papel importantísimo para lograr producciones económicamente rentables en estos niveles de saturación de Al.

Actividades Programadas

Proyecto MSU-El Alcaraván-INTSORMIL en la Intendencia de Arauca.

Objetivos del proyecto en Arauca

El objetivo fundamental de este programa de sorgo en Arauca coincide con el primer objetivo del proyecto MS 111 para Colombia, a saber: el desarrollo y la evaluación de germoplasma de sorgo tolerante a los suelos ácidos. Otros objetivos se ha propuesto el programa como respuesta a las necesidades encontradas en la granja El Alcaraván.

Esta granja está localizada en el municipio de Arauquita, que posee suelos de vega. Esta ubicación de la granja, y otros fines que persigue dentro de la comunidad que la rodea, han hecho imprescindible el desarrollo y la transferencia de tecnología para esas condiciones. Por esa razón se establecieron, desde un principio, ensayos con híbridos comerciales para áreas de vega (Cuadros 10 y 11).

En 1988 se montaron, en forma paralela, pruebas regionales con materiales del programa INTSORMIL tolerantes a aluminio; esos materiales se llaman hoy la primera generación.

La primera generación

La Primera Generación (PG) consiste en un conjunto de 25 genotipos seleccionados de la colección mundial de sorgo por su tolerancia a los suelos ácidos. La selección se

Cuadro 10. Programa de trabajo para 1989A, del proyecto cooperativo El Alcaraván-MSU, en Arauca.

Actividad	Centro de investigación	Area objetivo (colocación)	Fecha de siembra
Pruebas regionales de	EL ALCARAVAN 30 GENOTIPOS DE SORGO	GRIMONERO	20-V-89
		LA ANTIOQUENA	18-V-89
		RAUL RUIZ	17-V-89
		ISMAEL NUÑES	16-V-89
		ALCARAVAN (NUEVA SEDE)	12-V-89
		ALCARAVAN (VIEJA SEDE)	12-V-89
		EFRAIN ROJAS	15-V-89
Adaptabilidad de 6 híbridos comerciales de sorgo	EL ALCARAVAN	RAUL RUIZ	17-V-89
		ALCARAVAN (NUEVA SEDE)	12-V-89
		SAN LORENZO	15-V-89
Adaptabilidad de 10 híbridos de sorgo de DEKALB	EL ALCARAVAN	RAUL RUIZ	17-V-89
		ALCARAVAN (NUEVA SEDE)	12-V-89
Prueba de rendimiento de 4 variedades de sorgo	EL ALCARAVAN	EL PUENTE	17-V-89
Poblaciones F3 para selección	EL ALCARAVAN	SAN LORENZO	15-V-89
Prueba de 1540 selecciones de líneas F4 Y F5	EL ALCARAVAN	ALCARAVAN (NUEVA SEDE)	13-V-89
		LA ANTIOQUENA	20-V-89
Híbridos de sorgo tolerantes a suelos ácidos	EL ALCARAVAN	LA ANTIOQUENA	19-V-89
Basurero genético de sorgo	EL ALCARAVAN	GRIMONERO	20-V-89
Prueba de aumento de semilla de millo		ALCARAVAN (VIEJA SEDE)	17-IV-89
Adaptabilidad de 9 variedades de arroz	EL ALCARAVAN	LA ANTIOQUENA	19-V-89
		PF 2	17-V-89
		REMOLINOS	30-V-89
		EL PUENTE	17-V-89
		RAUL RUIZ	17-V-89
		ALCARAVAN (NUEVA SEDE)	13-V-89
		ALCARAVAN (VIEJA SEDE)	
		SAN LORENZO	15-V-89

Cuadro 11. Programa de trabajo para 1.989 B del Proyecto Cooperativo de El Alcaravan -MSU en Arauca.

Sitio	Saturación de Aluminio %	Pruebas	Fecha de siembra	Objetivos
Grimonero	(90%) Nivel 3	<ul style="list-style-type: none"> • P.R 24 Genotipos • Densidades de siembra • Basurero Genético 	3-X-89 17-X-89 17-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómica y rendimiento. • Determinar la interacción, densidad pobl. (plantas/ha) y producción. • Seleccionar por características agronomicas.
La Antioqueña	(60%) Nivel 2	<ul style="list-style-type: none"> • P.R. 30 Genotipos • Prueba de fertilización • Prueba de adaptab. de arroz • Pruebas semicomerciales 	4-X-89 20-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómicas y producción. • Con una tecnología de bajos insumos, determinar el nivel de fertilización N-P-K con mejor rendimiento. • Determinar adaptabilidad y rendimiento de cinco variedades. • Determinar el rendimiento de cinco variedades de sorgo.
Chicho Pérez		<ul style="list-style-type: none"> • P.R. 30 Genotipos • Prueba de 30 líneas enanas • Líneas F5, F4 y gourley • Líneas F3 	2-X-89 2-X-89 2-X-89 4-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinara adaptabilidad, características agronómicas y producción. • Realizar selección y determinar producción. • Realizar selección. • Realizar selección.
El Puente	(15-20%) Nivel I, Vega	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de rendimiento De dos variedades de sorgo 	17-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el rendimiento de dos variedades de sorgo.
Raúl Ruiz	(4.8-4.9%)	<ul style="list-style-type: none"> • P.R. 30 genotipos sorgo • Prueba 6 híbridos comerc. • Prueba con 6 híbridos nuev. • Prueba con cinco Variedades de arroz 	12-X-89 13-X-89 13-X-89 12-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómicas y rendimiento. • Determinar adaptabilidad y producción. • Determinar adaptabilidad y producción. • Determinar adaptabilidad y producción de cinco variedades de arroz.
Ismael Nuñez	(4.0%) Vega	<ul style="list-style-type: none"> • P.R. 30 Genotipos sorgo 		<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómicas y rendimiento.
La Pica	(4.0%) Vega	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de fertilización 18 • Prueba de 6 híbridos nuevos • Prueba semicomerciales 	19-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Con una tecnología de bajos insumos, determinar el nivel de fertilización N-P-K con mayor rendimiento. • Determinar adaptabilidad y rendimiento. • Determinar el rendimiento de ocho variedades.
Alcaraván (Vieja Sede)	(2.0-3.1%) Vega	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de 50 líneas enanas 	28-IX-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómicas y rendimiento.
Alcaraván (Nueva Sede)	(2.0-3.1%)	<ul style="list-style-type: none"> • P.R. 30 Genotipos • Líneas F5, F4 y gourley • Líneas F3 	29-IX-89 30-IX-89 1-X-89	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómicas y rendimiento. • Realizar selección según características agronómicas. • Realizar selección por características agronómicas.
San Lorenzo	(4%) Vega	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba reg. 30 Genotipos • Prueba densidades de siembra • Prueba de adaptabilidad de arroz 		<ul style="list-style-type: none"> • Determinar adaptabilidad, características agronómicas y rendimiento. • Determinar la interacción entre población de plantas y producción. • Determinar adaptabilidad y producción de cinco variedades de arroz.

hizo en los suelos ácidos de Santander de Quilichao, en niveles de saturación de aluminio superiores al 60%. Con esta saturación de Al ninguno de los genotipos superó los 180 cm de altura. Este carácter está correlacionado negativamente con el aluminio del suelo, de tal manera que cuando disminuye la saturación de aluminio en el suelo, la altura de la planta aumenta.

Comparados con los híbridos comerciales, los materiales PG son más tardíos. Se adaptan bastante bien a la tecnología de bajos insumos a causa, quizás, de su sistema radical que es muy desarrollado. Además, son más tolerantes a los hongos de la panoja que los híbridos o variedades comerciales que se consiguen actualmente en el mercado colombiano.

INTSORMIL ha ensayado desde 1983 algunos de estos materiales, por ejemplo, MN 4508, IS 3071, Serere 1, e IS 8577. Estos genotipos se enviaron luego a ICA La Libertad, donde se han evaluado desde su recibo.

El número de materiales para evaluar aumentó a partir de 1987; se trató entonces de reunir toda la información anterior a ese año, especialmente si presentaba contrastes, y se orientó la investigación en forma más organizada y sistematizada.

En 1987 se probaron sólo 15 genotipos. Antes de ese año no hubo continuidad en el número de genotipos evaluados ni en los niveles de saturación de aluminio elegidos para probar los genotipos o para realizar las pruebas regionales; estos datos pueden comprobarse en los informes anuales del Programa de Sorgo ICA-La Libertad.

Pruebas regionales con los mismos 25 materiales PG fueron montadas, en 1988 y 1989, por el convenio ICA-CIAT-INTSORMIL en el área de Villavicencio, en suelos con diferentes niveles de saturación de aluminio; las pruebas querían duplicar el ensayo que se hacía en Arauca.

Los resultados obtenidos en Arauca en el primer semestre de 1988 presentan contrastes fuertes. Aquéllos se resumen en los puntos siguientes:

1. Los híbridos, contrariamente a lo que se pensaba, no superaron en producción a las líneas tolerantes al aluminio.
2. Los híbridos presentaron niveles altos de infestación de hongos en la panoja.
3. Los híbridos tienen mejores características agronómicas que las líneas de INTSORMIL a saber:
 - Menor número de días a la floración
 - Menor altura de la planta.

4. Las líneas de INTSORMIL son más altas que los híbridos comerciales pero no sufren volcamiento.
5. La líneas de INTSORMIL no presentaron enfermedades en la panoja.
6. La líneas de INTSORMIL rindieron tanto como los híbridos comerciales en 1988.
7. La líneas INTSORMIL reducen la altura de la planta en el semestre B.

Genes de maduración.

Existen cuatro loci principales de maduración: Ma1, Ma2, Ma3, y Ma4. En la mayoría de las variedades tropicales hay dominancia en todos los loci de maduración. En la mayoría de las variedades de climas templados hay condición recesiva en el locus 1, y se obtiene sustituyendo con un locus Ma1 recesivo un locus Ma1 dominante. Hay series de alelos recesivos para maduración en el locus 3, y probablemente en el locus 1.

Genes de altura de planta

La altura de la planta se controla también con cuatro loci principales: w1, w2, w3, y w4. Por regla general, las plantas con cuatro loci recesivos tienen 0.50 m de altura, con tres recesivos tienen 1.0 m de altura, con dos recesivos tienen 2.0 m de altura, y con un gen recesivo (o sin ninguno de ellos) miden más de 3.0 m de altura. La mayoría de los cultivares altos de la PG son del tercer grupo.

Con estos antecedentes, se planificó el trabajo en una región nueva, prácticamente virgen, en 1989. se considera necesario disponer de resultados de, por lo menos, dos años de ensayos para poder sacar conclusiones valederas. Nuestro objetivo profesional justifica nuestro deseo de hacer siempre las cosas en la forma más eficiente posible y concientes de sus implicaciones. Creemos por ello que sólo la investigación precisa y exacta permite extraer conclusiones útiles.

Analizando lo que estaba ocurriendo con los genotipos de sorgo en otras localidades y fundados en la realidad que se vivía en Arauca, solicitamos, en la reunión realizada en diciembre de 1988 en El Alcaraván, aumentar el número de ensayos en los suelos de sabana. Así fue, y aun con los inconvenientes logísticos y de seguridad que este ensanche implicaba, aumentó el número de localidades de ensayo este ecosistema. La Figura 2 muestra, por ejemplo, el comportamiento del genotipo IS 8577 al cambiar la saturación de aluminio en otra localidad (Rendón, 1989).

También se sugirió evaluar los genotipos, en el futuro, de acuerdo con niveles de saturación de aluminio, así:

Nivel 1 = Porcentaje 0-35 (vega)

Nivel 2 = Porcentaje 36-60 (vegón)

Nivel 3 = Porcentaje 61-90 (sabana)

y se propusieron testigos para cada nivel (Muñoz, 1988)

La meta propuesta es liberar un material para la zona de vegón (31%-60% de saturación de Al) con una producción

promedio de, por lo menos, 3 t/ha. Para lograrlo modificando el criterio de insumos mínimos, se elevaron ligeramente los niveles de N, P, K pues se sembraba en suelos del nivel 2 o vegón. El Cuadro 12 resume los resultados más sobresalientes de los genotipos de INTSORMIL a través del tiempo; en él aparece la producción de los mejores materiales según el nivel de saturación de Al. Se observa además cómo el testigo ICA-Nataima es superado ampliamente en todos los niveles de saturación de aluminio.

El híbrido NH 301 sólo es superado por dos genotipos en los niveles bajos de saturación de aluminio.

Cuadro 12. Comportamiento de los mejores materiales de sorgo según el nivel de saturación de aluminio, hasta 1988.

Localidad	Producción en nivel de Sat. Al:								
	61% var.	-	90% (kg/ha)	31% var.	-	60% (kg/ha)	0% var.	-	30% (kg/ha)
La Libertad	3DX		1565	IS 2296		2430	PPQ 2		6106
				IS 10336		5012			
	5DX		1524	IS 8931		2267	WH 301		4917
	IS 6944		1299	NH 301		2027	IS 8577		4105
	PPQ 2		1277	IS 9109		1872	IS 8959		4042
	IS 7151		1183	IS 8959		1811	IS 6944		4003
	IS 8996		1177	IS 12156		1811	IS 3071		3843
				IS 9084		1743			
	IS 7132		1127	IS 2765		1715	IS 8931		3679
	IS 8933		1086	IS 8577		1709	Serere		3637
	IS 8931		1077	IS 8933		1694	ICA Nataima		3550
	IS 8577		1066	3DX		1669	IS 7132		3549
	IS 8936		1048	IS 10336		1656	IS 8933		3430
	MN 4508		1013	Serere		1647	MN 4508		3413
	IS 3522		993	PPQ 2		1622	IS 9084		3339
	Serere		975	IS 9132		1587	IS 7151		3335
	IS 8959		939	MN 4508		1586	IS 2765		2873
	ICA Nataima		926	IS 7151		1578	5DX		2711
	IS 10336		879	IS 3071		1519	IS 3522		2573
	IS 3071		768	IS 7132		1382	IS 8936		2500
	IS 9084		684	5DX		1382	3DX		2317
	IS 12152		676	IS 3071		1373			
	IS 2765		665	ICA Nataima		1324			
	IS 9109		654	IS 7151		1273			
	NH 301		492	IS 8612		1187			
				IS 3522		1138			
			IS 6944		1101				

(Continuación.)

(Continuación.)

Cuadro 12. Comportamiento de los mejores materiales de sorgo según el nivel de saturación de aluminio, hasta 1988.

Localidad	Producción en nivel de Sat. Al:								
	61% var.	-	90% (kg/ha)	31% var.	-	60% (kg/ha)	0% var.	-	30% (kg/ha)
<u>Arauca</u>			IS 6944	2751		IS 9084	3413		
			IS 3522	2545		IS 8996	3336		
			IS 8931	2464		IS 2765	3153		
			IS 2765	2378		IS 6944	3126		
			5DX	2348		IS 7132	3120		
			IS 9084	2113		IS 8933	3120		
			IS 8996	2033		IS 8931	3108		
			IS 12152	1969		IS 7151	3099		
			IS 7151	1963		IS 3071	3069		
			IS 7132	1897		IS 8577	2982		
			IS 8933	1891		PPQ 2	2952		
			IS 9109	1856		IS 12152	2801		
			MN 4508	1729		5DX	2790		
			IS 8577	1579		MN 4508	2707		
			IS 10336	1543		Serere	2653		
			ICA Nataima	1543		IS 9109	2599		
			PPQ 2	1507		IS 3522	2565		
			Serere	1501		ICA Nataima	2090		
					IS 10336	984			

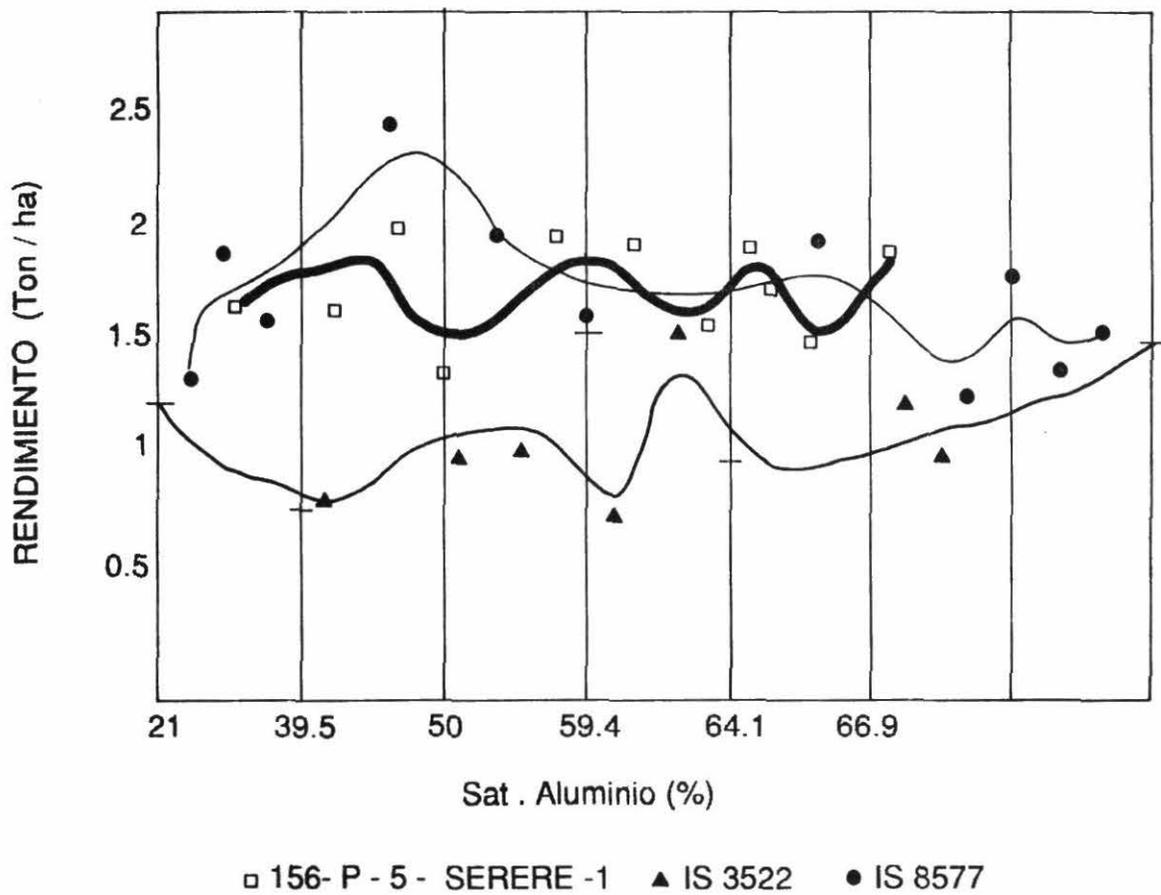


Figura 2. **Materiales estables en rendimiento ante los cambios de saturación de Al del suelo.**

Proyecto ICA - CIAT - INTSORMIL

Tolerancia al aluminio

Este proyecto, con sede en La Libertad, desarrolla genotipos tolerantes al aluminio (Al) para los niveles 2 y 3 de saturación de Al, en la sabana. En La Libertad lo manejan los Ings. Walter Rendón y César Ruiz.

El objetivo fundamental de este proyecto es el desarrollo y la evaluación de germoplasma tolerante al aluminio; su objetivo secundario es desarrollar tecnología de bajos insumos enfocada a la agricultura de sostenimiento.

Desde 1989 se decidió trabajar en lotes escogidos según los porcentajes de saturación de Al sugeridos antes (0-30, 31-60, y más de 60); a éstos corresponden niveles de producción de los genotipos, que se obtienen con tecnología de bajos insumos, y sin aplicaciones suplementarias de fertilizantes o fungicidas.

De este modo, los genotipos de primera generación o las líneas que proceden de la colección mundial —introducidas en Colombia por INTSORMIL y evaluadas en el convenio cooperativo— fueron probados en los niveles de saturación de aluminio que se consideraron suficientes para evaluar estabilidad genotípica del rendimiento y de otras características agronómicas (Amador, 1990). Esta experimentación se duplicó, y se complementó en ciertos aspectos, en Arauca, tal como se ha hecho desde 1988.

De estos esfuerzos conjuntos se ha sugerido la liberación de MN 4508 y de 156 P5 Serere 1; serían liberados en Colombia como Sorghica Real 60 y Sorghica Real 40, respectivamente. MN 4508 es un material más alto que Serere 1; sin embargo, MN 4508 es más tolerante a las concentraciones altas de aluminio que Serere 1 (Rendón, 1988).

Paralelamente con el esfuerzo de evaluación de estos genotipos de la colección mundial, se ha desarrollado un programa de mejoramiento para seleccionar líneas tolerantes a estos tres niveles de saturación.

Varias colecciones han sido enviadas, tanto desde Estados Unidos como desde la granja El Alcaraván, en Arauca, al centro La Libertad, en Meta, con el fin de que sean evaluadas y seleccionadas por el personal del convenio bajo las condiciones de suelo y clima del área de Villavicencio. Esas condiciones no corresponden ni a Arauca ni a Santander de Quilichao. En los viveros se observan excelentes materiales promisorios, tanto de sorgo con taninos como de sorgo blanco, y se les ha seleccionado bajo el nombre de sorgo básico La Libertad (SBLL).

Nivel 1. Para el Nivel 1, en la zona de Villavicencio, hay muchos materiales que se adaptan perfectamente; en efecto, la mayoría de los híbridos comerciales, como D 61, P 8187, P 8239, Savanna 5, NK 266, se adaptan satisfactoriamente a estas condiciones en el segundo semestre. A niveles de saturación de Al inferiores al 20% la mayoría de los genotipos de sorgo no presentan síntomas visuales de toxicidad por aluminio. FENALCE (Federación Nacional de Cerealistas) ha sido la institución líder en la evaluación de estos genotipos en condiciones de vega.

Los aspectos agronómicos, como las épocas de siembra, y los estudios sobre patología son fundamentales en las condiciones mencionadas; además conviene estudiar las densidades de siembra, buscando interacciones al cambiar la distancia entre surcos en vez de la distancia entre plantas. Los niveles de fertilización que representen un óptimo económico también deben evaluarse. La razón es que el sorgo sembrado en vega en Arauca es un cultivo de rotación y por tanto debe evaluarse la rentabilidad económica y la relación costo/beneficio tanto del sorgo como de cultivos alternos, como la soya.

El área sembrada con sorgo ha estado disminuyendo en los Llanos Orientales. En 1989 sólo 8000 ha se sembraron con sorgo mientras el área de soya aumentó a 30.000 ha; esta diferencia se explica por la alta relación beneficio/costo de la soya en las condiciones de suelo de clase 3 (sabana mejorada), o sea, los suelos donde hay rotación con el arroz.

Nivel 2. Los genotipos que se liberarán a través del convenio cooperativo ICA-INTSORMIL-MSU corresponden al rango de saturación de aluminio de este nivel.

156-P5-Serere 1 se liberará para el rango de 20% a 40% de saturación de aluminio, o sea, prácticamente, para la frontera entre los genotipos susceptibles y los genotipos tolerantes. Este material se caracteriza por ser más bajo que la mayoría de los genotipos de la colección mundial, y por su alta estabilidad fenotípica para el rendimiento. Es un excelente material para suelos con bajos niveles de saturación de aluminio.

MN 4508 se liberará para porcentajes de saturación entre 41% y 60% de aluminio. Este material interacciona más con el ambiente para el carácter altura de planta que Serere; en el primer semestre, en suelos sin aluminio, ha superado los 240 cm de altura. Sin embargo, hasta el momento no se ha observado volcamiento en ninguna prueba. Por ser más tolerante al aluminio que Serere, podrá ser utilizado en un mayor rango de ambientes que este genotipo.

La mayoría de los genotipos de INTSORMIL producen bien en este nivel de saturación de aluminio, pero las variedades

tradicionales, como Icaima e ICA Nataima, y los híbridos comerciales reducen en él su rendimiento a menos de una tonelada por hectárea.

Hasta el momento, el manejo que se ha dado a estos materiales (sin elementos menores) ha logrado que la mayoría de los genotipos evaluados en los viveros de mejoramiento se comporte bien. Además parece probable que hay suficiente variabilidad genética, en cuanto a potencial de rendimiento y a características agronómicas, para superar a los 'testigos' que serán liberados próximamente.

En este nivel 2, el factor en que principalmente se debe trabajar es un mejor tipo de planta. Hay que reducir la altura de la planta y los días a floración, sin perder el potencial de rendimiento ni la tolerancia a las enfermedades de la panoja. El objetivo será liberar, en el futuro, un genotipo de 160 cm de altura con un rendimiento equivalente al de Icaima en suelo de vega.

En este nivel 2 de saturación de aluminio se vuelve importantísima la valoración de aspectos de manejo relacionados con la *agricultura de sostenimiento*.

El monocultivo no sería a primera vista, una alternativa para la sabana. Una adecuada rotación de cultivos y un manejo integrado de los aspectos bióticos y abióticos que influirán en los nuevos sistemas de producción deberán tenerse en cuenta desde el principio. Se puede disturbar el ecosistema, pero es posible también mejorarlo en beneficio de las futuras generaciones. Si por olvido o descuido se destruye hoy el presente, será muy difícil reconstruir el futuro. La mejor medicina es la preventiva.

Nivel 3. Hasta hace poco tiempo los resultados de trabajo de mejoramiento parecían indicar que no había suficiente potencial genético en el germoplasma de sorgo para enfrentar el reto de la sabana virgen. Pues bien, resultados obtenidos en Arauca indican, aparentemente, que no sólo se estaba probando la tolerancia de los genotipos a determinados niveles de saturación de aluminio sino también, sin pretenderlo, su capacidad de tolerar la deficiencia de los elementos menores. Esta limita, sin duda, la capacidad de producción de las plantas. Más experimentación deberá hacerse al respecto tanto a nivel de fertilización foliar como de fertilización al suelo.

Parece lógico decir que la aplicación de N-P-K- no será suficiente para enmascarar el efecto en las plantas del complejo [aluminio - otros elementos - tolerancia genética]. Si se aprende a manejar estos efectos, se podrán utilizar técnicas que mejoren el contenido de materia orgánica del suelo y, por ende, su fertilidad. La rotación de cultivos será una excelente alternativa para lograrlo.

En el nivel 3 se responde al reto del futuro porque allí estaría el mayor porcentaje de área disponible para suplir las necesidades alimentarias del año 2000. Si se manejan los suelos de sabana adecuadamente, se reduciría la presión por cultivar la cuenca amazónica; los suelos de esta región parecen, a largo plazo, aún más difíciles de manejar y menos productivos que los de la sabana.

Para el nivel 3 hay otra alternativa de producción que se explorará exhaustivamente a partir del semestre B de 1990. Son los híbridos tolerantes a niveles de saturación de Al superiores al 60%. El vigor híbrido nos permitirá manejar mejor el estrés que causa el aluminio en las plantas. Aun los cultivares más tolerantes se desarrollan poco, tanto en su raíz como en su área foliar, abunda el aluminio es superior al 60% de saturación y en consecuencia su rendimiento en la sabana virgen se reduce. Cualquier factor que permita un mejor desarrollo de la planta servirá para aumentar la producción. En 1987, G. Muñoz demostró que ciertas combinaciones híbridas, como Wheatland* MN 4508, superaban en producción (más del 100%) al más tolerante de los padres.

Otras prácticas de manejo agronómico, como disminuir la distancia entre los surcos, incorporar leguminosas al sistema productivo para suministrarle el nitrógeno contenido en la materia orgánica, hallar formas de control biológico de insectos que eviten la aplicación de insecticidas, mantener (o introducir) materiales genéticos con tolerancia a las enfermedades para no tener que aplicar fungicidas, y elegir épocas de siembra adecuadas, serán alternativas que se estudiarán para presentar una solución duradera a la explotación de los suelos de sabana de nivel 3.

Tolerancia a la sequía

Este proyecto tiene dos sedes: la estación ICA Nataima y, como sede alterna, ICA Motilonia. En 1989 hubo dos realizaciones básicas en esta investigación. La primera fue el incremento de los materiales originales —las líneas A y las líneas B— y la formación de híbridos con los genotipos enviados por el Dr. Rosenow, TAM 122. Paralelamente, el Ing. Eduardo Barragán continuó la evaluación de esos genotipos.

El proyecto de ICA Nataima está a cargo del Ing. Eduardo Barragán, y el proyecto ICA Motilonia esta a cargo del Ing. Alfredo Harma.

Utilización del sorgo y del millo

Tres nuevos estudios han sido incorporados al convenio cooperativo con ICA, con el aporte de la

Universidad Nacional de Palmira, de INTSORMIL y de la Fundación El Alcaraván, y ya se iniciaron; los tres se relacionan con el consumo y la utilización del sorgo. El primero comprende un análisis bromatológico y de digestibilidad *in vivo*, en el que se evalúan todos los genotipos de sorgo salidos de las pruebas regionales de

Arauca. Un segundo estudio analiza 12 genotipos de sorgo y 3 de millo para forraje. Un tercer estudio trata de la utilización del sorgo, la yuca y el kudú en la alimentación de conejos, un producto alternativo de consumo y producción para pequeños agricultores.

Cuadro 13. Comportamiento de los mejores materiales según el nivel de saturación de aluminio, en distintas épocas.

Sat. Al = 61% - 90%			Sat. Al = 31% - 60%			Sat. Al = 0% - 30%		
Localidad	Genotipo	Rend	Localidad	Genotipo	Rend.	Localidad	Genotipo	Rend.
QUILICHAO	IS 7151	4800	QUILICHAO	IS 8577	6200	CARIMAGUA	SERERE	6725
QUILICHAO	IS 7132	4300	QUILICHAO	IS 7132	5900	CARIMAGUA	IS 9084	6650
QUILICHAO	IS 8933	4100			5850	CARIMAGUA	IS 3522	6375
QUILICHAO	IS 2765	4000	QUILICHAO	IS 8933	5800	CARIMAGUA	IS 7151	6275
QUILICHAO	3DX	3605	QUILICHAO	IS 7151	5450	CARIMAGUA	3DX	6250
QUILICHAO	IS 8577	3200	QUILICHAO	3DX	4022	LIBERTADA	PPQ 2	6106
QUILICHAO	PPQ 2	2543	QUILICHAO	MN 4508	3729	CARIMAGUA	IS 8996	6075
CARIMAGUA	IS 6944	1804	QUILICHAO	IS 3522	3978	CARIMAGUA	IS 7132	6000
QUILICHAO	IS 3522	1726	QUILICHAO	PPQ 2	3341	CARIMAGUA	5DX	5825
QUILICHAO	IS 6944	1570	QUILICHAO	IS 6944	3276	CARIMAGUA	IS 2765	5775
LIBERTAD	3DX	1565	QUILICHAO	IS 12156	3141	CARIMAGUA	IS 8577	5450
CARIMAGUA	IS 3522	1563	ARAUCA	IS 6944	2751	CARIMAGUA	IS 8931	5450
CARIMAGUA	5DX	1533	ARAUCA	IS 3522	2545	CARIMAGUA	IS 12152	5450
LIBERTAD	5DX	1524	ARAUCA	IS 8931	2464	CARIMAGUA	IS 8933	5300
CARIMAGUA	IS 3071	1400	LIBERTAD	IS 2296	2430	CARIMAGUA	MN 4508	5200
QUILICHAO	IS 8931	1358	ARAUCA	IS 2765	2378	CARIMAGUA	MN 6944	5025
LIBERTAD	IS 6944	1299	ARAUCA	5DX	2348	LIBERTAD	IS 10336	5012
LIBERTAD	PPQ 2	1277	LIBERTAD	IS 8931	2267	LIBERTAD	NH 301	4917
LIBERTAD	IS 7151	1183	ARAUCA	IS 9084	2113	CARIMAGUA	IS 3071	4625
CARIMAGUA	MN 4508	1179	ARAUCA	IS 8996	2033	CARIMAGUA	IS 9109	4575
LIBERTAD	IS 8996	1177	LIBERTAD	NH 301	2027	QUILICHAO	IS 8577	4298
LIBERTAD	IS 7132	1127	ARAUCA	IS 12152	1969	LIBERTAD	IS 8577	4205
LIBERTAD	IS 8933	1086	ARAUCA	IS 7151	1963	LIBERTAD	IS 8959	4042
LIBERTAD	IS 8931	1077	ARAUCA	IS 7132	1897	LIBERTAD	IS 6944	4003
LIBERTAD	IS 8577	1066	ARAUCA	IS 8933	1891	LIBERTAD	IS 3071	3843
QUILICHAO	MN 4508	1060	LIBERTAD	IS 9109	1871	LIBERTAD	IS 8931	3679
LIBERTAD	IS 8936	1048	ARAUCA	IS 9109	1856	LIBERTAD	Serere	3637
LIBERTAD	MN 4508	1013	LIBERTAD	IS 12152	1811	QUILICHAO	MN 4508	3617
LIBERTAD	IS 3522	993	LIBERTAD	IS 8959	1811	QUILICHAO	IS 3522	2592
LIBERTAD	Serere	975	LIBERTAD	IS 9084	1743	LIBERTAD	ICA Nataima	3550
LIBERTAD	IS 8959	939	ARAUCA	MN 4508	1729	LIBERTAD	IS 7132	3549
LIBERTAD	ICANATAIMA	926	LIBERTAD	IS 2765	1715	LIBERTAD	IS 8933	3430
LIBERTAD	IS 10336	879	LIBERTAD	IS 8577	1709	LIBERTAD	MN 4508	3413
LIBERTAD	IS 3071	768	LIBERTAD	IS 8933	1694	ARAUCA	IS 9084	3414
LIBERTAD	IS 9084	684	LIBERTAD	3DX	1669	QUILICHAO	IS 3071	3351
LIBERTAD	IS 12152	676	LIBERTAD	IS 10336	1659	LIBERTAD	IS 9084	3339
LIBERTAD	IS 2765	665	ARAUCA	IS 3071	1653	ARAUCA	IS 8995	3336
LIBERTAD	IS 9109	654	LIBERTAD	Serere	1647	LIBERTAD	IS 7151	3335
LIBERTAD	NH 30A	492	LIBERTAD	PPQ 2	1622	ARAUCA	IS 2765	3153
			LIBERTAD	IS 7132	1587	ARAUCA	IS 6944	3126
			LIBERTAD	MN 4508	1586	ARAUCA	IS 7132	3120
			LIBERTAD	MN 4508	1586	ARAUCA	IS 7132	3120
			ARAUCA		1578	ARAUCA	IS 8933	3120
			LIBERTAD	IS 9151	1578	ARAUCA	IS 8931	3108
			ARAUCA	ICA Nataima	1543	ARAUCA	IS 7151	3099
			ARAUCA	IS 10336	1543	ARAUCA	IS 3071	3069

(Continuación.)

(Continuación.)

Cuadro 13. Comportamiento de los mejores materiales según el nivel de saturación de aluminio, en distintas épocas.

Sat. Al = 61% - 90%			Sat. Al = 31% - 60%			Sat. Al = 0% - 30%		
Localidad	Genotipo	Rend	Localidad	Genotipo	Rend.	Localidad	Genotipo	Rend.
			LIBERTAD	IS 3553	1519	QUILICHAO	IS 8931	2997
			ARAUCA	PPQ 2	1507	ARAUCA	IS 8577	2982
			ARAUCA	SERERE	1501	ARAUCA	PPQ 2	2952
			LIBERTAD	IS 7132	1382	QUILICHAO	IS 6944	2907
			LIBERTAD	5DX	1382	LIBERTAD	IS 2765	2873
			LIBERTAD	IS 3071	1373	ARAUCA	IS 12156	2801
			LIBERTAD	ICA Nataima	1324	ARAUCA	5DX	2790
			QUILICHAO	ICA Nataima	1321	LIBERTAD	5DX	2711
			CARIMAGUA	IS 6944	1212	ARAUCA	MN 4508	2707
			LIBERTAD	IS 7151	1273	ARAUCA	SERERE8	2653
			CARIMAGUA	5DX	1257	ARAUCA	IS 9109	2599
			CARIMAGUA	IS 3522	1245	LIBERTAD	IS 3522	2573
			QUILICHAO	IS 3071	1227	ARAUCA	IS 3522	2565
			LIBERTAD	IS 8612	1187	LIBERTAD	IS 8936	2500
			CARIMAGUA	MN 4508	1178	LIBERTAD	3DX	2317
			LIBERTAD	IS 3522	1138	ARAUCA	ICA Nataima 2090	
			CARIMAGUA	IS 3071	1075	ARAUCA	IS 31036	984
			LIBERTAD	IS 6944	1101			
QUILICHAO	IS 7151	4800		IS 8577	6200		IS 85776	4298
	IS 7132	4300		IS 3071	5100		MN 45086	3617
	IS 8933	4100		IS 2765	5850		IS 3522	3592
	IS 2765	4000		IS 8933	5800		IS 3071	3351
	3DX	3605		IS 7151	5450		IS 8933	2907
	IS 8577	3200		3DX	4022		IS 6944	2907
	PPQ 2	2543		MN 4508	3729			
	IS 3522	1726		IS 3522	3378			
	IS 6944	1570		IS 6944	3276			
	IS 8931	1358		IS 12152	3141			
	MN 4508	1060		ICA Nataima	1321			
				IS 3071	1227			
CARIMAGUA	IS 6944	1804		IS 6944	1312		Serere	6725
	IS 3522	1563		5DX	1257		IS 9084	6650
	5DX	1533		IS 3522	1245		IS 3522	6375
	IS 3071	1400		MN 4508	1178		IS 7151	6275
	MN 4508	1179		IS 3071	1075		3DX	6250
				IS 7132	6000			
				IS 8995	6075			
				5DX	5825			
				IS 2765	5775			
				IS 8577	5450			
				IS 8931	5450			
				IS 12152	5450			
				IS 8933	5300			
				MN 4508	5200			
				IS 6944	5025			
				IS 3071	4625			
				IS 9109	4575			

a. Rend. = rendimiento, en kg/ha.

2

**PRUEBAS REGIONALES
EN LA INTENDENCIA DE ARAUCA**

Introducción

Por segundo año consecutivo se han evaluado los genotipos de INTSORMIL y los testigos comerciales, tanto variedades como híbridos, en la intendencia de Arauca. Se ha duplicado así la información que originalmente se generaba sólo en el área de Villavicencio.

Por sus características de suelo y clima, Arauca pertenece a un ecosistema totalmente diferente del que contiene el área de piedemonte de Villavicencio. Más de 180% del territorio de Arauca es sabana; el 20% restante son vegas, y en ellas está concentrada la población campesina (Cuadro 14).

Los datos de clima para 1989 se consignan en el Cuadro 15. El año de 1989 fue muy especial. Empezó a llover en mayo y

Cuadro 14. Distribución del área de los suelos de la Intendencia de Arauca-a en tres niveles según el porcentaje de saturación de aluminio, y el contenido de elementos importantes en cada nivel.

Area y elementos	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	
	0-20(%)	21-35(%)	36-45(%)	46-60(%)	61-75(%)	76-90(%)
Area						
Cantidad(ha)	240,619	181,375	55,376	792,507	501,439	516,413
Del total(%)	10.5	8.1	2.4	34.6	21.9	22.5
Elementos						
P, Bray I (ppm)	4.5	5.8	2.3	8.4	5.4	4.2
K (meq/100g)	0.1	0.04	0.1	0.2	0.8	0.04
Ca (meq/100g)	3.8	0.7	0.2	0.5	0.8	0.4
Mg (meq/100g)	2.4	0.6	0.3	0.6	0.8	0.4
Al (meq/100g)	0.5	0.53	0.5	2.0	3.6	6.0
Sat. Al. (%)	7.4	28.33	45.4	60	61	87.7

a. Incluye la zona montañosa.

FUENTE: Riascos, 1989.

Cuadro 15. Datos de clima para 1988 y 1989 en la Intendencia de Arauca (Caño Limón)a.

Meses	Clima en 1988					Clima en 1989				
	PP	EV	To	B.S.	N	PP (mm)	EV (mm)	To (oC)	B.S. (hr)	N (%)
Enero	12	138	27.1	—	—	19	—	—	—	—
Febrero	8	129	27.4	—	—	108	—	—	—	—
Marzo	24	147	28.0	—	—	2	—	30	7.5	4
Abril	191	128	27.6	—	—	55	—	31	5.8	12
Mayo	249	143	26.5	—	—	287	—	29	4.4	31
Junio	289	132	26.1	—	—	218	342	29	5.2	50
Julio	273	145	25.7	—	—	111	469	29	6.1	5.0
Agosto	219	127	26.5	—	—	—	—	—	—	—
Sept.	214	137	26.7	—	—	307	953	31	6.2	42
Oct.	200	141	27.1	—	—	—	—	—	—	—
Nov.	87	120	27.2	—	—	178	—	—	—	—
Dic.	31	133	27.4	—	—	35	1528	30	8.6	18
Dato Anual	1797	1620	27	—	—	1319	3292	30	6.3	29

a. PP = Precipitación, N = Nubosidad, B.S. = Brillo solar, To = Temperatura, EV = Evaporación, — = no hay datos.

llovió uniformemente hasta julio. Por segundo año consecutivo se observó un descenso en la precipitación entre el 15 de julio y el 30 de agosto. A partir de esa fecha empieza a llover de nuevo hasta octubre. Desde este mes no volvió a llover en la sabana, y muy pocas lluvias ocurrieron en ese período en la región de vega.

Dada la distribución de las lluvias, el 15 de septiembre debe ser la fecha límite de siembra.

Localización, materiales y diseño experimental

Las pruebas regionales se hicieron en las localidades de sabana (nivel 3) Grimonero, (nivel 2) La Antioqueña, y Chicho Pérez; y en las siguientes localidades de Vega (nivel 1): El Puente, Raúl Ruiz, Ismael Núñez, La Pica, El Alcavarán (nueva sede), El Alcavarán (vieja sede), y San Lorenzo/Alfonso Reyes.

Se evaluaron las siguientes líneas de INTSORMIL: IS8931, IS 9084, IS 12152, IS 9042, IS 6944, IS 8577, IS 9938, IS 8996, IS 9109, IS 8933, 5DX-61/6/2, IS 8959, IS 2765, PPQ 2, IS 7132, I56-P-5-Serere-1, IS 3071, IS 9826, MN 4508, IS 9945, IS 7151, IS 3522, IS 10336 Alto, IS 10336 Bajo.

Como testigos se usaron las siguientes variedades del ICA: ICA Nataima e Icaima. Se probaron también como testigos cuatro híbridos comerciales; D 61, P 8187, NK 266 y Savanna 5.

Las pruebas regionales se manejaron de manera uniforme, tratando de aplicar en todas los mismos niveles de fertilización y las mismas prácticas de manejo.

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

La tecnología de bajos insumos y el manejo que garantice la protección ambiental han sido los principios orientadores del trabajo presente y del desarrollo del futuro paquete agronómico.

Pruebas Regionales en la Sabana

Introducción:

La sabana

Las compañías productoras de semilla de sorgo en América Latina, a nivel nacional y multinacional, han

suministrado semillas de variedades e híbridos con buenas características de adaptación a diferentes regiones. La expansión de la producción de sorgo hacia las sabanas subutilizadas de América del Sur ha tenido una limitación: el costo de la corrección de los suelos ácidos propios de esas áreas. La toxicidad del aluminio es el problema predominante de millones de hectáreas de tierra que, si no la tuvieran, serían adecuadas para una producción moderna de sorgo. A la fecha no hay germoplasma de sorgo disponible, con tolerancia razonable a la toxicidad del aluminio, y con producciones por encima del punto de equilibrio económico, para poder impulsar la investigación de esa gramínea a nivel nacional, y contribuir así a la explotación de esas tierras.

Objetivos generales

Para los niveles 2 y 3 de la sabana, se han propuesto los siguientes objetivos:

1. Desarrollar y evaluar genotipos de sorgo para niveles de 35% a 60% de saturación de aluminio (nivel 2 o vegón), haciendo énfasis en el mejoramiento de las características agronómicas.
2. Desarrollar y evaluar genotipos para niveles de saturación de aluminio superiores a 61% (nivel 3o sabana).
3. Desarrollar una tecnología apropiada para condiciones de sabana, que incluya fertilización, densidades y sistemas de siembra, manejo de herbicidas, manejo integrado de plagas, y mecanización apropiada.
4. Hacer énfasis en el rechazo al deterioro del ambiente con las nuevas tecnologías desarrolladas.
5. Proteger los recursos de agua y suelo de la intendencia de Arauca.

Objetivos específicos.

Los objetivos antes descritos se han precisado para cinco áreas.

Mejoramiento.

1. Haciendo cuatro semestres de evaluación, calcular la posibilidad de liberar un material para Arauca; la alternativa sería utilizar alguno de los genotipos que pueda liberar el ICA en el área de Villavicencio.
2. Determinar la estabilidad fenotípica de éste y otros materiales evaluados.

3. Continuar el proceso de segregación en las generaciones F3, y la selección de los materiales más avanzados.
4. Mejorar las características agronómicas del germoplasma en evaluación.

Paquete agronómico. Desarrollar un paquete tecnológico para el posible genotipo del punto anterior, que contenga épocas de siembra, densidades de siembra, fertilización (N, P y K, elementos secundarios y elementos menores), manejo fitosanitario, control biológico, y manejo del riego en el segundo semestre del año.

Agricultura de sostenimiento.

1. Controlar la erosión del suelo, y evaluar la que ya existe.
2. Mejorar las condiciones del suelo con sistemas integrados de cultivo y sembrando leguminosas.
3. Determinar métodos de preparación del suelo.
4. Evaluar el papel que desempeña la materia orgánica en la producción de líneas de sorgo tolerantes al aluminio.
5. Evaluar el desarrollo del sorgo bajo las condiciones de Arauca, y su distribución en esa región.
6. Estudiar la posibilidad de implementar la rotación de cultivos como un medio para mejorar las condiciones del suelo.

Utilización del sorgo y del millo.

1. Evaluar la utilización del sorgo en animales monogástricos (cerdos, y aves).
2. Evaluar la utilización del sorgo en peces omnívoros (cachama).
3. Evaluar la utilización del sorgo en ovejas africanas.
4. Probar dietas, con diferentes elementos en las especies animales antes mencionadas, en la región. Hacer un seguimiento a la dinámica del suelo.
5. Incorporar al suelo los residuos de la cosecha que no se utilicen en consumo animal para el reciclaje de nutrientes.

Economía.

Establecer la relación beneficio/costo de las recomendaciones sugeridas.

En 1989A se hicieron dos pruebas regionales en la sabana: uno en La Antioqueña, en suelo de nivel 2, clase B, y otra en el Grimonero, en suelo de nivel 3, clase B.

En 1989B se hicieron tres pruebas: regionales en La Antioqueña, de nivel 2, clase B; en Grimonero, de nivel 3, clase B; y en Chicho Pérez, de nivel 2, clase B.

Análisis de suelo

De acuerdo con la metodología propuesta en la reunión anual, en Bogotá, Colombia, en 1988, se siguió el siguiente esquema de toma de muestras: una muestra cada diez parcelas, y en cada parcela tomar la muestra en la segunda repetición, a dos profundidades (20 cm y 40 cm).

Esta metodología se implementó así en razón de la inmensa variabilidad existente en los suelos estudiados; por ello, algunos no contribuyeron mucho a una mejor comprensión del complejo suelo-agua-planta en los suelos ácidos (Cuadro 16).

Por tanto, se sugiere racionalizar el análisis de suelos evaluando sólo los siguientes elementos:

a. Pruebas regionales y pruebas semicomerciales:

Materia orgánica
Fósforo (Bray II); y Bray II modificado
Aluminio
Calcio
Potasio
Magnesio
Zinc
Manganeso

Estabilidad estructural en cinco muestras tomadas al azar, del lote testigo.

b. Ensayos de fertilidad y nutrientes:

Todos los elementos, tanto mayores como menores; y análisis físico del suelo, incluyendo estabilidad estructural. Por la cantidad de muestras que genera esta metodología se sugiere investigar un método menos intensivo para el futuro.

Cuadro 16. Análisis efectuados a las muestras tomadas en las localidades de la Intendencia de Arauca.

Fecha	Muestras (no.)	Análisis solicitado
Año 1988		
19-01-88	4	Completo
01-11-88	8	Materia orgánica, P, Al, Ca, Mg, K, Na, S, B; CIC y pH. Mn, Cu, Fe
01-12-88	2	Materia orgánica, Al, Ca, Mg, K, Na, S, B, Cu; pH. Mn, Fe
01-07-88	12	N, P, K, Al, Mg, Ca, Mo; pH; menores y mayores
Año 1989		
26-01-89	2	N, P, K, Al, Mg, Ca; Materia orgánica, pH.
01-02-89	8	Materia orgánica, pH; elementos menores y mayores.
27-04-89	56	Completo
28-04-89	288	Completo
01-06-89	556	
16-09-89	184	Completo
16-11-89	671	Completo

Perspectiva al futuro

'Sustainable agriculture' (agricultura autosostenible) es un tema al cual se le ha dado mucho énfasis como la nueva tecnología de investigación del futuro. No sólo es importante producir mucho, sino también que esos niveles de producción se mantengan durante muchos años.

La AID se ha propuesto desarrollar en América Central, una tecnología de agricultura sostenible. Su objetivo se denomina 'Strategic Goal' y consiste en lo siguiente:

"Crear, conjuntamente con los habitantes de los países de América Central, las condiciones que permitan una explotación sostenible de los recursos naturales, de tal modo que se reduzcan los daños que recibe el medio ambiente, que se proteja la diversidad biológica, y que se provean los medios para lograr un desarrollo estable y equitativo".

Prueba Regional La Antioqueña

Descripción de la localidad

Este es el lote más grande (5 ha) en que se evalúan materiales en el suelo de sabana de Arauca. La saturación de aluminio, calculada en más de 1000 muestras de suelo, varió entre 55% y 70%. A estos niveles de saturación, los materiales de INTSORMIL tolerantes al aluminio producen satisfactoriamente. El defecto de este lote, con el cual hay que convivir y que exige genotipos adaptados a esas condiciones, es el mal drenaje, causado posiblemente por una capa superficial de arcilla.

Se ha pretendido resolver este problema levantando caballones en la siembra y sembrando en la parte superior del surco. Se debe investigar más sobre el sistema de manejo y sobre la preparación de estos suelos. Durante más de un año, el personal de esta granja, ha considerado la necesidad de hacer un estudio de tesis relacionado con ese tema. El Dr. Antonio Duarte, de FENALCE, ha investigado con éxito la preparación y el manejo de los suelos en el área de Villavicencio.

Manejo agronómico

Partiendo de los resultados de los experimentos realizados por María Fernanda Jiménez, en 1989, se consideró que la mezcla paraquat más atrazina en preemergencia era el tratamiento más adecuado para mantener el cultivo libre de malezas durante los primeros 30 días de desarrollo. Se están aplicando, por tanto, en preemergencia como dosis general 2.5 lt/ha de cada uno de esos productos. Más tarde fue necesario hacer controles con 2,4-D para mantener el lote libre de malezas. En el segundo semestre no se aplicó ningún herbicida en preemergencia en el lote, lo que obligó a aplicar atrazina (300cc/bomba) más picloram (Tordón, 50 cc/bomba).

En esta prueba se aplicó cal al suelo en la cantidad de 500 kg/ha, y 60 kg/ha de cada uno de los nutrientes N, P y K. El nitrógeno se aplicó fraccionado.

Para controlar los ataques esporádicos del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y del barrenador del tallo (*Diatrea*

saccharalis) se hizo una aplicación de clorpirifos (Lorsban) líquido (200 cc/bomba). Por fortuna, este año la incidencia de insectos fue muy baja.

Para las pruebas regionales se utilizó un diseño de bloques completos al azar. En el primer semestre, la siembra se hizo el 18 de mayo, y en el segundo semestre, el 4 de octubre. Faltó agua durante todo el ciclo del cultivo. La prueba se descartó por tanto en el segundo semestre dado que las plantas no alcanzaron más de 50 cm de altura. Aunque se registraron datos de producción, éstos no se consideran confiables por la sequía mencionada.

El análisis del suelo (Cuadros 17, 18 y 19) permite observar que, al aumentar el número de ciclos de cultivo en un lote, aumentan el fósforo y el magnesio en el mismo. De modo semejante, a mayor profundidad en el suelo, aumenta el fósforo y disminuye el aluminio (Cuadros 17 y 18). Clark informa, aunque sin resultados muy concluyentes, que en ocasiones se ha podido reducir con sílice el aluminio tóxico para las plantas; al incorporar al suelo residuos de cosechas, especialmente de arroz, se incorporan sílice y materia orgánica al suelo. Esto explicaría que el manejo continuo de los suelos de sabana reduce el porcentaje de saturación de aluminio y mejora las condiciones químicas del suelo. El aluminio también se reduce gradualmente a través del tiempo.

Cuadro 17. Resultado del análisis de suelos practicado en la Antioqueña en 1988B y en 1989A, a una profundidad de 0 a 20 cm. Número demuestras, n = 200.

Componente del suelo	Valor en Semestre		Unidad
	1988 B	1989 A	
Saturación de aluminio	60.0	57.89	%
Materia orgánica	1.2	1.2	%
Fósforo	1.8	11.3	(ppm)
pH.	5.0	4.3	
Aluminio	3.3	2.7	(meq/100 g)
Calcio	1.1	1.2	(meq/100 g)
Magnesio	1.2	1.04	(meq/100 g)
Potasio	0.1	0.1	(meq/100 g)
Nitrógeno		864.0	(ppm)
Boro		0.3	(ppm)
Azufre	10.9		
Zinc	0.9	18.0	(ppm)
Manganeso	15.9	22.0	(ppm)
Cobre	1.3	1.1	(ppm)
Hierro	77.7	115.1	(ppm)
Arena (%)		4.2	
Limo (%)		32.3	
Arcilla (%)		59.4	
Textura		Arcilloso	

Cuadro 18. **Resultado del análisis del suelo practicado en la Antioqueña, en el semestre 1989B, a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 200.**

Componente del suelo	Valor	Unidades
Saturación de aluminio	48.88	%
Materia orgánica	1.9	%
Fósforo	6.9	(ppm)
pH	4.8	
Aluminio	2.2	(meq/100 g)
Calcio	1.0	(meq/100 g)
Magnesio	1.1	(meq/100 g)
Potasio	0.2	(meq/100 g)
Nitrógeno	1028.4	(ppm)
Boro	0.2	(ppm)
Azufre	24.0	(ppm)
Zinc	1.4	(ppm)
Manganeso	17.18	(ppm)
Cobre	1.5	(ppm)
Hierro	228.0	(ppm)
Arena (%)	8.9	
Limo (%)	53.1	
Arcilla (%)	37.9	
Textura	Francoarcillo-limoso	

Cuadro 19. **Resultado del análisis de suelo practicado en la Antioqueña, en el semestre 1989B, a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 200.**

Componente del suelo	Valor	Unidades
Saturación de aluminio	43.33	%
Materia orgánica	1.9	%
Fósforo	14.9	ppm
pH	4.8	
Aluminio	1.3	(meq/100 g)
Calcio	0.9	(meq/100 g)
Magnesio	0.6	(meq/100 g)
Potasio	0.2	(meq/100 g)
Nitrógeno		
Boro		
Azufre		
Zinc	1.6	ppm
Manganeso	27.00	ppm
Cobre		
Hierro		
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Un exhaustivo análisis de los suelos de esta localidad ha permitido dilucidar muchos factores de la producción de sorgo en sabana; también aclaró el futuro de esa producción en estas áreas en relación con la sostenibilidad del sistema. Se ha encontrado, por ejemplo, que la saturación de aluminio disminuye con el tiempo. El manganeso, en cambio, ha aumentado a través del tiempo. El resumen del manejo agronómico de este ensayo aparece en los cuadros 20 y 21.

Resultados sobresalientes

En 1989A. El primer semestre se caracterizó por una adecuada distribución de la precipitación; por tanto las

plantas tuvieron un crecimiento adecuado (Cuadros 22 y 23). El mayor rendimiento lo alcanzaron los materiales 5DX (2799 kg/ha), IS 7132 (2742 kg/ha) e IS 8577 (2574 kg/ha) con una altura promedio de 202, 182 y 178 cm, respectivamente (Cuadro 22).

Los testigos MN 4508 y Serere produjeron 1530 y 2342 kg/ha, respectivamente. Entre los materiales tolerantes, IS 10336 fue el más bajo y produjo 2625 kg/ha. Icaima, que rindió 754 kg/ha, y los híbridos comerciales DK 38 (con 660 kg/ha) y NK 266 (con 585 kg/ha) fueron los materiales que menos rindieron.

Cuadro 20. **Resumen del manejo agronómico dado a la prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote La Antioqueña, en el semestre 1989A.**

Siembra :	Mayo 18 de 1989.
Germinación :	Mayo 24 de 1989
Aplicación de herbicidas:	Mayo 20 de 1989. Se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 5lt/ha, en mezcla con 3 lt/ha de paraquet Gramoxone).
Raleo :	Junio 6 de 1989 Dejar una planta en cada trayecto de 5 a 10 cm.
Fertilización:	Junio 22. Por hectárea, 60 kg de P 60 kg de K y 20 kg de N. 38 g de 10-30-10 por surco. 16 g de sulfato de potasio por surco. Junio 22. 60 kg de N. 24.5 g de urea por surco.
Aplicación de herbicida:	Julio 13 de 1989 : Se aplicó atrazina (Gesaprim) (200 cc/bomba).

Cuadro 21. **Resumen del manejo agronómico dado a prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote La Antioqueña, en el semestre 1989B.**

Siembra:	4 de octubre de 1989.
Germinación:	10 de octubre de 1989.
Aplicación de herbicida:	Gesaprim (300 cc/bomba) y Tordón (50 cc/bomba)
Raleo:	9 de noviembre de 1989.
Fertilización:	60 kg/ha de N, 60 kg/ha de P, y 60 kg/ha de K. 500 kg/ha de cal como fuente de calcio 100 cc/bomba de fertilizantes con elementos menores.

CUADRO 22. Prueba regional hecha en La Antioqueña, en el semestre 1989A, en Arauca.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 (g)	Días a floración
5DX	2779.0	202.8	2.80	*
IS 7132	2742.6	182.9	2.60	*
IS 10336	2625.3	158.2	2.40	*
IS 8577	2574.2	178.1	2.77	*
Serere-1	2341.8	171.5	2.90	*
IS 9636	2226.0	161.0	2.40	*
IS 2765	2148.4	207.5	2.70	*
IS 8959	2092.6	213.9	2.67	*
IS 9826	2085.3	167.9	2.53	*
IS 9042	2067.2	196.4	2.57	*
IS 3071	1970.7	181.3	2.25	*
IS 9938	1776.2	193.5	2.67	*
IS 9945	1759.1	193.7	2.50	*
IS 8933	1733.2	194.4	2.42	*
PPQ 2	1702.8	167.5	2.7	*
IS 12152	1676.9	198.8	2.83	*
IS 8996	1645.5	209.1	2.67	*
IS 9084	1575.7	183.8	2.47	*
IS 9109	1540.1	209.5	2.40	*
MN 4508	1529.9	182.4	2.70	*
IS 7151	1484.1	193.0	2.60	*
IS 3522	1451.5	176.2	2.67	*
IS 6944	1342.6	189.8	2.67	*
ICA Nataima	1251.5	127.6	2.60	*
IS 8931	1085.4	179.9	2.60	*
DK 38	659.9	130.2	2.13	*
NK 266	584.9	136.8	2.05	*
Icaima	753.8	109.6	2.83	*

En 1989B. Esta prueba se sembró tarde; esta demora, sumada al hecho de que dejó de llover antes de lo usual, hizo que los materiales no se desarrollaran y que dieran rendimientos cercanos a cero. Es importante destacar que, en estrés de sequía y de aluminio combinados, el híbrido Savanna 5 superó a todos los demás genotipos porque rindió

632 kg/ha. Lo siguen IS 8931 con 542 kg/ha, e IS 8577 con 514 kg/ha (Cuadro 23). Después de estos materiales vienen, en ese orden, D 61, ICA Nataima y P 8187, lo que indica que estos materiales están mejor adaptados a un déficit de agua que los demás genotipos.

CUADRO 23. Prueba regional hecha en La Antioqueña en el semestre 1989B, en Arauca.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 (g)	Días a floración
Savanna-5	632.4	95	2.61	60.3
IS 8931	542.4	97	2.31	67.7
IS 8577	514.2	88	2.13	62.5
D 61	512.3	76	2.00	*
ICA Nataima	504.5	78	2.28	60.3
P 8187	414.5	87	2.58	61.3
IS 7151	406.9	116	2.03	62.3
IS 9042	387.5	81	2.31	*
IS 9945	347.7	91	2.15	65.0
IS 6944	329.1	86	2.35	*
IS 9084	329.0	87	2.16	*
10336 ALTO	322.4	86	2.00	64.5
5DX	321.2	85	1.93	*
IS 9826	320.3	91	1.91	64.3
SERERE-1	318.0	80	2.26	64.0
IS 9104	300.8	96	1.97	*
IS 8996	273.5	82	2.12	62.5
IS 7132	242.5	64	2.15	65.0
MN 4508	228.5	96	1.92	64.0
IS 8959	225.4	70	2.07	*
IS 8933	224.4	73	1.96	*
PPQ 2	222.2	65	2.31	*
NK 266	221.4	72	2.75	61.0
IS 3522	229.2	97	1.81	62.6
IS 2765	206.4	79	2.39	*
IS 3071	197.8	71	1.71	*
IS 9938	191.2	83	2.34	*
IS 12152	174.3	95	2.67	*
Icalma	121.0	73	1.59	63.5
10336 BAJO	100.4	78	2.30	64.5

En las condiciones antes mencionadas, la sequía parece ser una limitante fuerte para los genotipos de INTSORMIL; por consiguiente, la época de la siembra será muy importante para estos genotipos cuando se siembren en suelos del nivel 2 o del nivel 3.

Otro factor importante de estos suelos es la saturación de aluminio (Figura 3), que ha disminuido a través del tiempo por el solo hecho de cultivar sorgo en esas condiciones. El manejo uniforme del lote permitirá en el futuro, racionalizar el número de análisis de suelos que deben realizarse en cada localidad.

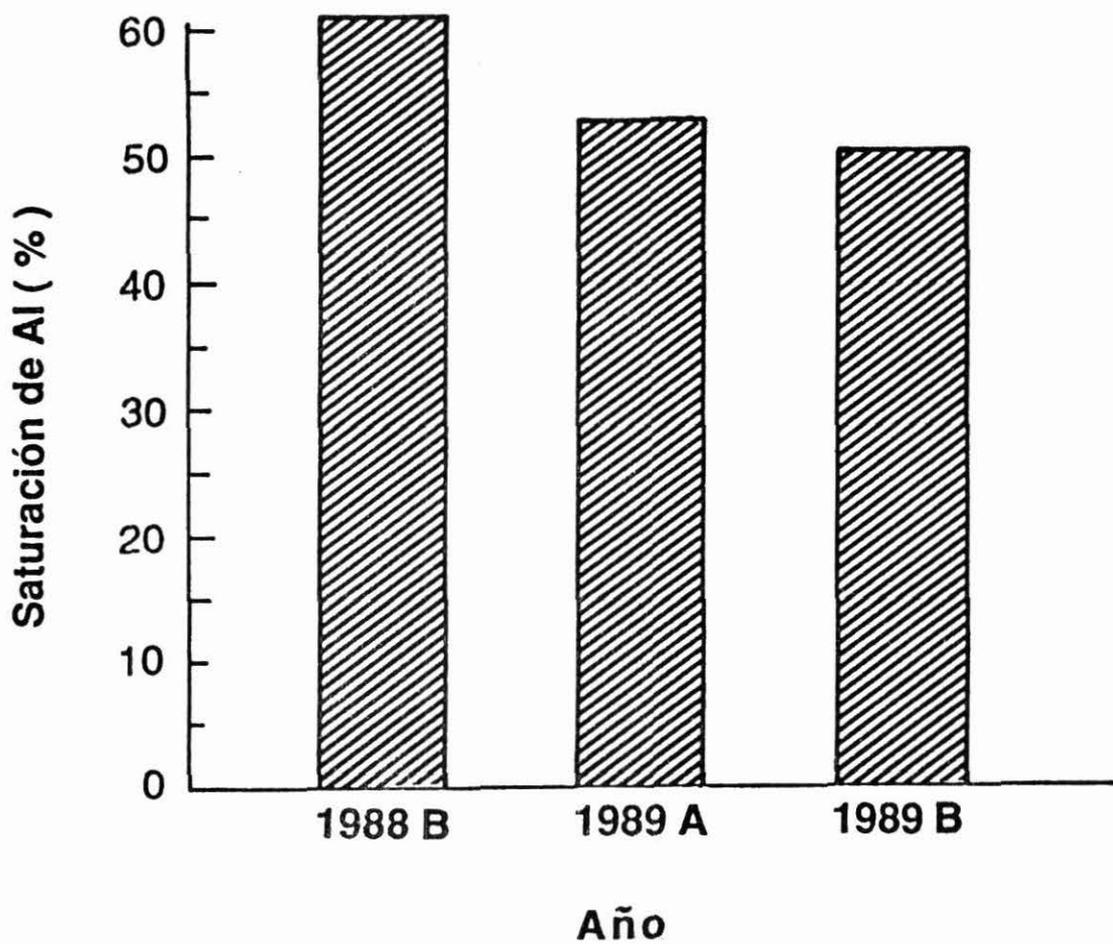


Figura 3. Cambios en la saturación de aluminio a través del tiempo en el suelo de nivel 2, clase B (60% de saturación), en el lote La Antioqueña, en Arauca, a una profundidad DE 0 A 20 CM.

Prueba regional Grimonero

Descripción de la localidad

El suelo era aquí nuevo, de sabana, con sitios en que la saturación de aluminio era superior al 89%. Un suelo característico de la sabana virgen (nivel 3).

En esta localidad se montó una prueba regional con todos los genotipos de INTSORMIL de la primera generación y con algunos híbridos comerciales. Los híbridos se sembraron para que sirvieran como testigos susceptibles, ya que con anterioridad se sabía que no producirían grano en esas condiciones o que lo harían en muy poca cantidad.

La saturación de aluminio fue aquí de 87.9% en 1989A y de 82.4% en 1989B (Cuadros 25 y 26) en los primeros 20 cm del suelo; disminuyó a 73.3% entre los 20 y los 40 cm de profundidad. Está mejor drenada que La Antioqueña y Chicho Pérez, aunque es deficiente en fósforo (4.5 ppm). El calcio parece ser aquí más limitante que el mismo fósforo.

Según Adams (1984a) el encalado que lleve el pH de 5.3 a 5.5 suministra, aparentemente, suficiente calcio para satisfacer el que demanda el sorgo para su crecimiento. Weir (1983), encontró un valor crítico de 0.2% en la hoja situada debajo de la hoja bandera, en la época de la floración completa. Por sus características físicas, este suelo es más fácil de manejar que los suelos de La Antioqueña o de Chicho Pérez. Como en La Antioqueña, se observó aquí una disminución en el porcentaje de saturación de aluminio a través del tiempo (Cuadros 25, 26 y 27).

Cuadro 25. Resultado del análisis de suelo de Grimonero 1989A, a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 200.

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	87.91	%
Materia orgánica	1.4	%
Fósforo	5.3	ppm
pH	4.6	
Aluminio	1.6	meq/100 g
Calcio	0.1	meq/100 g
Magnesio	0.06	meq/100 g
Potasio	0.06	meq/100 g
Nitrógeno	345	ppm
Boro	—	
Azufre	—	
Zinc	0.7	ppm
Manganeso	8.3	ppm
Cobre		
Hierro		
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Cuadro 26. **Resultado del análisis de suelos practicado en Grimonero en el semestre 1989B a una profundidad de 0 a 20 cm.**

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	82.42	%
Materia orgánica	—	
Fósforo	4.9	ppm
pH	4.5	
Aluminio	1.5	meq/100 g
Calcio	0.2	meq/100 g
Magnesio	0.06	meq/100 g
Potasio	0.06	meq/100 g
Nitrógeno	—	
Boro	—	
Azúfre	—	
Zinc	0.6	ppm
Manganeso	8.8	ppm
Cobre		
Hierro		
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Número de muestras = 60.

Cuadro 27. **Resultado del análisis de suelos practicado en Grimonero, en el Semestre 1989B, a una profundidad de 20 a 40 cm.**

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	73.33	%
Materia orgánica		
Fósforo	10.61	ppm
pH	4.7	
Aluminio	1.1	meq/100 g
Calcio	0.2	meq/100 g
Magnesio	0.1	meq/100 g
Potasio	0.1	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro		
Azúfre		
Zinc	1.1	ppm
Manganeso	19.50	ppm
Cobre		
Hierro		
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Número de muestras = 60.

Manejo agronómico

En el primer semestre no se aplicó cal. Se fertilizó el lote con 60kg/ha de N, 60 kg/ha de P_2O_5 , y la misma cantidad de K_2O . Este ensayo tiene antecedentes en los de localidades similares donde el rendimiento del sorgo no ha superado 1 t/ha.

En el transcurso del experimento las plantas de los genotipos tolerantes no mostraron síntomas visuales de deficiencia, hasta el momento de la floración. Sin embargo, por alguna razón que no se pudo explicar, el desarrollo de las plantas no se tradujo en producción de grano.

El control de malezas se hizo en preemergencia en el primer semestre, cuando se aplicaron 2lt/ha de Gesaprim (atrazina) y 3 lt/ha de Gramoxone (paraquat), en mezcla. En el segundo semestre, la aplicación se hizo en postemergencia, y se aplicaron 3 lt/ha de atrazina y 0.5 lt/ha de 2,4-D (Tordón).

En ambos semestres, la fertilización fue de 60 kg/ha tanto para el N como para el P y el K, usando la tecnología de bajos insumos. En el segundo semestre se aplicaron en dos ocasiones elementos menores en forma foliar, lo que aparentemente provocó un gran cambio en el cultivo.

La siembra se hizo en la parte alta del surco sólo en el segundo semestre. Esta práctica debe hacerse como parte del manejo recomendado, tanto en el primer semestre como en el segundo. La distancia entre surcos fue de 60cm. Como se discutirá más adelante, disminuir la distancia entre surcos, en algunos genotipos, causó aumentos notables en la producción (Vigoya, 1989).

Resultados sobresalientes

En 1989A. En el primer semestre, los genotipos de INTSORMIL fueron sometidos a mayor estrés, en relación con el porcentaje de saturación de aluminio, en esta localidad. Los genotipos más tolerantes fueron IS9636, con 1533kg/ha, e IS 8577, con 1179 kg/ha. MN4508 produjo en estas condiciones 1240 kg/ha mientras que Serere apenas alcanzó la media tonelada (425 kg/ha). Los testigos ICA-Nataima, D-61 y P-8187 produjeron 374, 348 y 179 kg/ha, respectivamente (Cuadro 29).

Aunque los datos de producción no fueron sorprendentes, demuestran claramente la tolerancia al aluminio de los genotipos de INTSORMIL, y el potencial genético de estos materiales en las sabanas nativas. IS 8931 e IS3071 también superaron los 1200 kg/ha.

Cuadro 28. **Resumen del manejo agronómico dado a la prueba regional de 28 genotipos de sorgo en el lote Grimonero, en Arauca, en el semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 20 de 1989
Aplicación del herbicida :	Mayo 20 de 1989. Se aplicaron 2 lt/ha de Gesaprim en mezcla con 3 lt/ha de paraquat (Gramoxone).
Germinación:	Mayo 26 de 1989.
Raleo:	Junio 7 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Junio 7 de 1989. 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, y 20 kg/ha de N. 38 g de 10-30-10 por surco; 16 g de sulfato de potasio por surco.
Aplicación de herbicida :	Junio 22 de 1989 Se aplicó entre los surcos la mezcla de Gesaprim más Tordón en dosis de 1.5 lt/ha y 300 cc/ha.
Fertilización:	Junio 27 de 1989. 60 kg/ha de nitrógeno, que equivalen a 24.5 g de urea por surco.
Aplicación de Insecticida:	Julio 22 de 1989. Lorsban (175 cc/bomba)

Cuadro 29. Prueba regional de Grimonero, en Arauca, en el semestre 1989A.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 (g)	Días a floración
IS 9636	1505.4	150.7	2.23	*
IS 3071	1283.6	168.8	2.02	*
IS 8931	1270.2	150.7	2.25	*
IS 9042	1254.6	155.0	2.32	*
MN 4508	1234.7	151.5	2.37	*
IS 8577	1174.3	155.9	2.37	*
IS 9945	1172.7	150.8	2.02	*
5DX	1171.6	142.1	2.25	*
IS 8959	1112.0	141.8	2.17	*
IS 6944	1083.4	152.7	2.07	*
IS 7151	1023.1	155.8	2.47	*
IS 12152	959.6	151.8	2.62	*
IS 9938	873.1	140.7	2.05	*
IS 10336	864.1	159.5	2.45	*
IS 3522	862.6	156.6	2.05	*
IS 2765	856.2	152.4	2.27	*
IS 8996	835.0	142.3	2.10	*
IS 7132	770.7	150.2	2.05	*
PPQ 2	733.5	127.2	1.77	*
IS 9109	726.0	195.7	2.25	*
IS 9826	719.5	141.9	2.17	*
Serere 1	495.2	130.2	1.85	*
IS 8933	492.8	132.2	2.13	*
IS 9084	491.2	118.7	2.10	*
ICA Nataima	374.2	122.3	1.90	*
D 61	348.0	85.5	1.93	*
P 8187	179.3	80.5	1.55	*
IS 9646	165.5	159.4	1.70	*

En el próximo año, 1990, se sugiere reducir la saturación de aluminio a, por lo menos, 70% en la mitad del lote. Esto implica la aplicación de 1.5t/ha de cal. Otra posibilidad es duplicar el área en esta localidad.

Se ha sugerido, tanto a ICA La Libertad como al personal de El Alcaraván, que realicen pruebas con varias densidades de siembra, como medio para aumentar la producción de sorgo donde el nivel de saturación de aluminio sea superior al 60%.

El Programa de Arroz del CIAT, según información personal recibida del Dr. Surapong Sarkarung y del Ing. Eliseo Nossa, reporta producciones superiores a las 3 t/ha. Se ha analizado el cultivo y se ha investigado el factor que provoca este aumento de producción; se cree que la principal diferencia entre éste y otros cultivos es la densidad de siembra. El arroz

se siembra, en las condiciones de Grimonero, a una distancia de 17 cm entre surcos.

En las tesis de María Fernanda Jiménez y de Walter Rendón se informa además sobre una alta correlación entre el número de plantas por hectárea y la producción del sorgo. Con este dato en mente se ha sugerido, tanto a La Libertad como a El Alcaraván, montar este tipo de ensayo. En Tame, Grimonero y San Lorenzo, el estudiante Julio Vigoya sembró un ensayo de densidades de siembra con los siguientes tratamientos: 15, 30, 45 y 60 cm entre surcos, y 10 y 20 plantas por metro lineal, sembrando tres variedades: PPQ 2, Serere 1 e IS 8577. En Grimonero se sembraron, a 15, 30 y 60 cm entre surcos y con 15 plantas por metro lineal, cuatro variedades: PPQ 2, Serere 1, IS 3071 e IS 8577. En San Lorenzo se sembró a 15, 30 y 60 cm entre surcos, y con 10 y 20 cm entre plantas; los

genotipos ensayados fueron PPQ 2, Serere 1, IS 3071 e IS 6944.

En 1989 B. Grimonero fue el lote más productivo en la sabana en este semestre, a pesar de tener el mayor porcentaje de saturación de aluminio (Cuadro 30).

Al mes de sembradas, las plantas no tenían más de 10 cm de altura, y el lote podía darse casi por perdido. Se decidió entonces hacer una primera aplicación foliar, que provocó un cambio radical en el lote. Como el lote no estuvo bien hasta los 30 días, el raleo que se hizo fue muy pobre y, por ello, la densidad de plantas por surco fue alta.

Paralelamente a esta aplicación foliar, se aplicó al suelo el resto del nitrógeno y del potasio, que se habían fraccionado. Puesto que hubo respuesta a los elementos menores, se acordó aplicar por segunda vez este tratamiento al lote. La dosis aplicada, en ambas ocasiones, fue de 100 cc/bomba. Adicionalmente, y a causa de la extrema sequía que se presentó en el área, se regó el lote en dos ocasiones, en prefloración y en posfloración, hasta saturar totalmente el suelo. Con este manejo, los genotipos tolerantes al aluminio superaron los 1900 kg/ha.

Por causa del estrés por déficit de agua que se presentó en esta localidad, el efecto de la aplicación de los fertilizantes al suelo fue dudoso. Tres meses después, aún podían apreciarse residuos de fósforo y depotasiosin disolver en el suelo.

Prueba Regional Chicho Pérez

Descripción de la localidad

Este lote, localizado cerca de la hacienda La Antioqueña, es nuevo; tiene más o menos 2 ha.

Es un lote virgen de sabana. En varias ocasiones, en estos lotes, en la primera cosecha, se han obtenido resultados que no se explican fácilmente. Por ejemplo, en CIAT-Quilichao, MN4508 superó las 4t/ha el primer semestre en que se cultivó (un aspecto del lote se observa en la portada del libro "Sorgo para suelos ácidos", CIAT, 1990). Por ser Chicho Pérez un lote alto dentro de la hacienda, es posible que haya sido un paradero de ganado, lo que explica los resultados del análisis del suelo. En éste puede observarse una gran variabilidad en los porcentajes de saturación de aluminio (máximo de 78% y mínimo de 34%).

Cuadro 30. Prueba regional de Grimonero, en Arauca, en el semestre 1989B.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 (g)	Días a floración
IS 9109	1912	105	2.67	*
IS 9371	1817	106	2.53	*
IS 9826	1815	99	2.73	*
IS 9945	1647	109	2.78	*
IS 8577	1649	97	2.80	63
IS 9042	1486	112	2.73	*
IS 6944	1482	117	2.93	*
IS 10336 ALTO	1246	110	2.63	*
5DX	1137	87	2.85	*
IS 8931	1086	94	2.58	63
IS 8933	1070	106	2.66	*
IS 3522	1018	101	2.88	*
IS 8996	993	115	2.88	*
IS 9938	931	109	3.64	*
IS 2765	904	98	2.90	*
PPQ 2	875	86	2.73	*
IS 8959	869	81	2.68	*
MN 4508	769	95	2.63	*
IS 9089	687	95	2.88	*
Serere-1	676	99	2.90	*
IS 12152	665	98	3.61	*
IS 7151	635	100	2.76	63
IS 7132	506	106	2.53	*
ICA Nataima	336	79	1.45	*

Cuadro 31. Resultado del análisis del suelo practicado en el lote Chicho Pérez, en el semestre 1989B, a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 10.

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	46.3	%
Materia orgánica	2.4	%
Fósforo	22	ppm
pH	4.8	
Aluminio	1.9	meq/100 gr
Calcio	1.1	meq/100 gr
Magnesio	0.9	meq/100 gr
Potasio	0.2	meq/100 gr
Nitrógeno		
Boro	2.3	ppm
Azufre		
Zinc	2.0	ppm
Manganeso	24.2	ppm
Cobre	1.3	ppm
Hierro	184.2	ppm
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Cuadro 32. Resumen del manejo agronómico dado a la prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote Chicho Pérez, en el semestre 1989B.

Fecha de siembra:	Octubre 21 de 1989.
Fecha de Germinación:	Octubre 9 de 1989.
Aplicación de herbicidas:	Octubre 15 de 1989. Se aplicó Gesaprim (200 cc/bomba) y Gramoxone (150 cc/ bomba), en las calles.
Raleo:	Octubre 30 de 1989. Se raleó muy superficialmente.
Fertilización:	500 kg/ha de cal como fuente de calcio 60 kg/ha de N, 60 kg/ha de P, y 60 kg/ha K.
Otras aplicaciones:	Mezcla de herbicidas Gesaprim (250 cc) + Tordón (50 cc.) por hectárea.

Manejo agronómico

A este lote se aplicaron 500 kg/ha de cal al surco, 250 kg/ha a la siembra, y 250 kg/ha un mes después. Al igual que a los otros lotes, a éste se le aplicaron 60 kg/ha de N, de P₂O₅, y de K₂O, fraccionando el nitrógeno y el potasio.

La siembra se hizo en surcos y el cultivo recibió muy poca agua después de sembrado; a la hora de la siembra, sin embargo, el lote estaba parcialmente inundado, como ocurre generalmente en las sabanas araucanas.

Se aplicaron dos herbicidas 25 días después de la siembra: 300 cc/bomba de atrazina y 50 cc/bomba de Tordón (2, 4-D). En posfloración se aplicó riego hasta saturar el suelo.

Resultados sobresalientes

En 1989B. Dos genotipos susceptibles, Savanna 5 y D 61, resultaron ser los que más rindieron en esta localidad. Aparentemente, uno de los padres de Savanna 5 tiene cierta tolerancia al aluminio; no se explicaría, en cambio, que D 61, con dos padres susceptibles ocupara el segundo lugar en producción, con 1801 kg/ha (Cuadro 33).

Este año fue extremadamente seco. Savanna 5 no sólo fue el material que más produjo, sino también el más alto (111 cm), el que mejor peso de 100 granos tuvo (3.41 g), y el de menor número de días a la floración (61 días) entre los 30 genotipos evaluados.

Cuadro 33. Prueba regional Chicho Pérez, Arauca, en el semestre 1989B.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 (g)	Días a floración
Savanna 5	2206.5	111.5	3.41	61
D 61	1801.4	86.0	2.60	65
IS 8959	1345.6	108.3	2.13	65
IS 9826	1286.2	105.1	2.65	65
IS 8933	1267.2	93.1	2.36	65
IS 3522	1162.2	103.2	2.24	65
IS 7151	1069.7	108.8	2.64	64
NK 266	1047.4	81.4	3.18	62
NN 4508	1042.9	105.1	2.28	66
IS 9938	1036.3	110.4	2.78	65
IS 2765	1035.7	104.1	2.38	
IS 8996	1020.7	93.9	2.26	65
IS 8931	967.3	95.3	2.21	66
Serere 1	965.3	87.7	2.35	63
IS 9084	928.2	98.0	2.22	65
IS 12152	892.5	94.6	2.63	66
IS 7132	883.9	96.1	2.10	65
IS 10336 Alto	88.9	102.3	2.61	66
PPQ 2	860.4	91.9	2.34	66
Icaima	834.2	74.7	2.15	63
IS 3071	741.0	102.0	2.20	66
IS 9945	714.5	97.1	2.27	65
IS 8577	699.8	92.8	2.34	64
ICA Nataima	620.4	62.1	2.40	62
IS 6944	591.0	88.0	2.41	66
IS 9042	598.8	88.7	2.22	65
P 8187	516.2	85.3	3.56	63
5DX	448.9	91.1	2.25	66
IS 10336 bajo	478.0	73.9	2.32	
IS 9109	354.3	83.2	2.36	

Posible liberación de genotipo de INTSORMIL

Liberar una variedad es una tarea complicada que depende de muchos factores; el aspecto técnico es sólo uno de esos componentes. El año 1990 será, por ello, muy importante para INTSORMIL.

Después de ocho años de evaluación constante, se ha sugerido por primera vez la liberación de un genotipo para el nivel 2 de suelos del área de Villavicencio (20%-40% de saturación de Aluminio). Uno de esos genotipos es Serere 1, el cual se comporta satisfactoriamente en niveles bajos de saturación de aluminio.

También se sugirió al Programa de Sorgo de ICA, en la Libertad la liberación de otro genotipo para sabana de nivel

2, donde el porcentaje de saturación de Al no es superior al 60%. En esas condiciones, IS 8577, IS 9084 o MN4508 serían los genotipos liberados, si ese es el sentir del ICA. Solamente este instituto puede liberarlos.

Según J.Ferguson, el proceso de liberación formal de una variedad comprende dos aspectos:

a. Componentes de la liberación:

1. El mérito del nuevo cultivar.
2. La entidad con autoridad para liberar.
3. El suministro de semilla básica.
4. Certificación, registro, recomendación.
5. Los factores no técnicos.

b. Secuencia de eventos en el proceso de liberación:

1. Presentación de una propuesta de liberación.
2. Revisión de la propuesta por una entidad con autoridad para liberar.
3. Decisión de liberar.
4. Organización de la liberación real.
5. Liberación real.
6. Seguimiento posterior a la liberación real.

Se han cumplido ya varias etapas en el proceso de liberación formal de una variedad de Sorgo:

- a. Introducción de materiales. Todo el germoplasma existente en nuestro banco de germoplasma y las variedades comerciales que se han liberado en Colombia, han sido evaluados en la Intendencia de Arauca y al Programa de Sorgo de ICA, en la Libertad.
- b. Con los genotipos evaluados se ha realizado el análisis estadístico pertinente, haciendo comparaciones con los testigos comerciales existentes en la actualidad.
- c. Se comparó el rendimiento con cuatro factores agronómicos básicos:
 - Producción.
 - Tolerancia a enfermedades.
 - Tolerancia a insectos.
 - Comportamiento agronómico.
- d. Los genotipos han demostrado ser superiores a los testigos, por lo menos en uno de los factores citados en el punto c, a nivel experimental.
- e. Se está desarrollando un paquete agronómico para los materiales que posiblemente se liberarán, incluyendo la fertilización y las densidades de siembra.
- f. Pruebas semicomerciales.

- Las que se planea sembrar en Arauca, en 1989B, en suelo de vega:

IS 3071	Icaima
PPQ 2	MN 4508
IS 8577	IS 9084
Serere 1	

- Las que ya fueron sembradas en Arauca:

Línea	Semestre Siembra	Suelo	Producción
IS 3071	1988B	En surco	Vega (nivel 1) 3.6 t/ha
IS 3071	1989B	A voleo	Vega (nivel 1) 2.3 t/ha
PPQ 2	1988B	En surco	Vega (nivel 1) 1.9 t/ha
PPQ 2	1988B	A voleo	Vega (nivel 1) 1.2 t/ha
IS 3071	1989A	En surco	Vega (nivel 1)

- g. Incrementos de semilla básica. La línea PPQ-2, del CIAT, se incrementó en un lote aislado. Se hicieron incrementos adicionales de MN-4508 y de 156-P5, Serere 1.
- h. Análisis económico. Como parte de la tesis de Walter Rendón, se determinó el punto de equilibrio para la producción de sorgo en Arauca-vega y en Arauca-sabana.
- i. Se ha sugerido la realización de un foro técnico con el fin de evaluar la metodología para la liberación de una variedad, y la decisión de proponerle al ICA la liberación de esa variedad para Arauca.

Producción de híbridos

Dado que en un futuro cercano se dará énfasis a la producción de semilla híbrida, es importante recordar la terminología sobre producción de semilla híbrida y algunos conceptos útiles sobre este tema.

Coincidencia: Cuando la línea A y la línea R llegan a la antesis al mismo tiempo.

Diferencia: Diferencia en días entre el momento de la siembra de un progenitor y otro para asegurar la coincidencia de la antesis de ambos materiales.

Relación de siembra: Producción del número de surcos de la línea A y del número de surcos de la línea R.

Desmezcla: Eliminación de las plantas que son fuera de tipo.

Herencia citoplasmática: Aquella en que toda la progenie es exactamente igual a la madre.

Herencia genética: Descendencia con características fenotípicas y genotípicas que resultan de los genes que están en los cromosomas del núcleo.

Esterilidad genética o citoplasmática (del macho): Condición de esterilidad del macho por vía cromosómica o citoplasmática, respectivamente.

Para establecer una nueva línea A, se cruzan dos líneas B, se autopoliniza la F1, se seleccionan los segregantes en la F2, y se selecciona luego en cada generación hasta la F5.

rr	X	rr	=	rr
S		F		S

Línea B	Línea B	Línea A
Androestéril	Androestéril	
Citoplasma estéril	Citoplasma Fértil	

Una nueva línea B se esteriliza cruzándola con cualquier línea A y retrocruzando la progenie con la línea B durante cuatro o cinco generaciones. En cada retrocruzamiento se observa la nueva línea A para comprobar que no libera polen viable. Así se incrementa la semilla de esta línea A.

Para establecer una nueva línea R, se cruzan dos líneas ya sea R x R ó R x B. La F4 ó la F5 seleccionada se cruza con una línea A para asegurarse de que hay una restauración completa o buen polen viable en el híbrido. De este modo se produce la semilla híbrida.

rr	X	RR	=	Rr
S		S ó F		S

Línea A	Línea B	Línea F1
Macho fértil	Macho fértil	
Citoplasma fértil o estéril		

La investigación de INTSORMIL en Colombia incluye el mejoramiento de líneas de sorgo tolerantes a la toxicidad de

aluminio en los suelos ácidos, y la evaluación de genotipos tolerantes a la sequía mediante el proyecto TAM 122.

A continuación se presentan los resultados más sobresalientes obtenidos en la sabana en cada semestre.

Resultados sobresalientes en la sabana.

1. Uno de los hallazgos más importantes fue la respuesta del sorgo a los elementos menores administrados en aplicación foliar.
2. Los genotipos responden en forma diferente a varias prácticas de manejo agronómico, como la densidad de siembra, la fertilización, la época de siembra. Esto se observa claramente al comparar las correlaciones entre diferentes características agronómicas y diferentes tratamientos de manejo.
3. La distancia entre surcos de 30 cm favorece a determinados genotipos.
4. El genotipo más tolerante al aluminio en niveles de saturación de ese elemento superiores al 60% fue IS 8577.
5. La interacción sequía-aluminio desfavoreció a los genotipos de INTSORMIL y, por el contrario, favoreció a los híbridos comerciales susceptibles.
6. Los genotipos de INTSORMIL presentan ataques de hongos de la panoja de nivel muy bajo.

En el semestre 1989A

- a. Por segundo año consecutivo, y después de evaluar en cuatro semestres líneas de sorgo, las de INTSORMIL no han sido atacadas por el complejo de hongos patógenos de la panoja.
- b. Tanto las variedades como los híbridos comerciales presentaron hongos en la panoja.
- c. La combinación TX623x IS9084 superó las dos toneladas en producción de grano en la sabana (zona de 60% de saturación de aluminio). Fue superada, no obstante, por muchas de las líneas de la primera generación.
- d. La siembra en surcos evita el encharcamiento y, por ende, garantiza el mejor establecimiento del cultivo en suelos de sabana.
- e. Los genotipos de INTSORMIL son más altos en el primer semestre.

- f. Los genotipos de INTSORMIL evaluados en estos ensayos producen más en el primer semestre.
- g. Los genotipos de INTSORMIL tienen más días a floración en el primer semestre.

- h. Los genotipos que más produjeron en la sabana en 1989A fueron: 5 DX (1976 kg/ha), IS 8577 (1874 kg/ha), IS 9636 (1866 kg/ha), IS 7132 (1757 kg/ha). Todos estos genotipos superaron el testigo MN 4508 (1383 kg/ha) y a Serere (1419 kg/ha) (Cuadro 34).

Cuadro 34. Rendimiento promedio por localidades para los materiales de sorgo evaluados durante el primer semestre de 1.989, en la sabana de Arauca.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)		Promedio
	La Antioqueña	El Grimonero	
5 DX	2.779	1.172	1.976
IS 8577	2.574	1.174	1.874
IS 9636	2.226	1.505	1.866
IS 7132	2.742	771	1.757
IS 10336	2.625	864	1.745
IS 9042	2.067	1.255	1.661
IS 3041	1.971	1.284	1.628
IS 8979	2.093	1.112	1.603
IS 2765	2.148	866	1.507
IS 9945	1.759	1.173	1.466
Serere 1	2.342	495	1.419
IS 9826	2.085	720	1.403
MN 4508	1.530	1.235	1.303
IS 9938	1.776	873	1.325
MN 12152	1.677	960	1.319
IS 7151	1.484	1.023	1.254
IS 8996	1.646	835	1.241
PPQ 2	1.703	734	1.219
IS 6944	1.343	1.083	1.213
IS 8931	1.085	1.270	1.178
IS 3522	1.451	863	1.157
IS 9109	1.550	726	1.138
IS 8933	1.734	493	1.114
IS 9084	1.576	491	1.034
ICA Nataima	1.251	374	813
D 61	585	348	467
Icaima	741	—	371
IS 9646	—	165	165
P 8187	—	180	90
Savanna 5	—	—	—

En el semestre 1989B

- a. La aplicación de elementos menores en forma foliar causó incrementos notables en la producción de grano.
- b. Al disminuir la distancia entre surcos aumentó la producción por área tanto en la sabana como en la vega.
- c. La interacción aluminio-sequía determina en los genotipos de INTSORMIL una reducción en sus rendimientos de menos de una tonelada, aun en el nivel 2 de saturación de aluminio.
- d. Dos híbridos, Savanna 5 y D 61, superaron a los genotipos de INTSORMIL cuando fueron expuestos a estrés de aluminio y sequía simultáneamente.
- e. Las localidades donde no se aplicaron elementos menores produjeron menos sorgo.
- f. Los cinco mejores genotipos de Grimonero fueron los siguientes: IS 9109(3824kg/ha), IS3071 (3634 kg/ha), IS 9826 (3630 kg/ha), IS 9945 (3334 kg/ha), IS 8577 (3296 kg/ha).
- g. En Chicho Pérez, los genotipos que más produjeron fueron: Savanna 5 (2206 kg/ha) y D 61 (1801kg/ha), que superaron ampliamente a los genotipos tolerantes al aluminio.
- h. En Chicho Pérez, los genotipos de INTSORMIL que más produjeron fueron IS 8959 (1346 kg/ha), IS 9826 (1286 kg/ha) e IS 8933 (1267 kg/ha).
- i. En evaluaciones hechas sobre el sistema radical se observó que éste no está profundizando más de 5 cm. Posiblemente, la aplicación de cal al fondo del surco, sin incorporarla, está provocando esta falta de desarrollo del sistema radical.
- j. Cuando se aplica cal sobre la superficie del suelo y no se incorpora a éste, forma una costra sobre esa superficie.
- k. En el futuro, conviene poner más énfasis en la evaluación del sistema radical del sorgo en estos ensayos.
- l. La preparación del suelo, tanto en el primero como en el segundo semestre, es un aspecto básico que deberá investigarse en el futuro.

Pruebas Regionales en la Vega

Cerca del 20 % de la Intendencia de Arauca tiene suelos de vega, y es precisamente en estos suelos donde está

concentrada la mayoría de la población. Esta es esencialmente inmigrante, especialmente de Santander y Boyacá, y ha traído consigo una gran vocación agrícola. Según FENALCE cerca de 10,000 hectáreas se cultivaron con maíz en Arauca en 1988 por pequeños agricultores.

El sorgo se constituye en una alternativa de producción una vez que las vías de acceso y los canales de comercialización hayan sido abiertos, y ocurra paralelamente a un incremento lógico en las actividades de mecanización agrícola actuales. Estas son obligadas en la zona, dada la baja densidad de población existente y el alto costo de la mano de obra habituada ya a la actividad petrolera.

Dada la alta fertilidad de estas vegas y las inmensas extensiones de tierra de fácil mecanización, las vegas de Arauca se perfilan como un granero para el futuro de Colombia.

Factores adicionales, como su privilegiada situación por ser zona de frontera y por los elevados recursos procedentes de las regalías petroleras, concederán a la Intendencia de Arauca, probablemente, un crecimiento muy rápido y productivo en el próximo decenio.

Objetivos Generales

1. Desarrollar tecnología de bajos insumos que se adapte a las condiciones de la Intendencia de Arauca.
2. Evaluar los materiales comerciales que existen en Colombia, tanto híbridos como variedades, recomendando los genotipos que mejor se adapten a las condiciones de Arauca.
3. Desarrollar un paquete agronómico para el manejo de los materiales seleccionados.
4. Desarrollar genotipos adaptados a esta Intendencia que puedan ser utilizados con éxito por los pequeños y medianos agricultores de la región.
5. Incorporar el sorgo a los cultivos tradicionales de Arauca.
6. Mejorar el contenido proteico de la dieta de los araucanos.
7. Demostrar a los agricultores de la región los beneficios socioeconómicos que trae consigo el sorgo para grano, y su fácil manejo.
8. Evaluar la alternativa de utilizar variedades tolerantes al aluminio.

Cuadro 35. Rendimiento promedio de sorgo en las localidades evaluadas durante el segundo semestre de 1.989, en la sabana de Arauca.

Variedad	El Grimonero	Rendimiento (kg/ha)		
		La Antioqueña	Chicho Pérez	Promedio
IS 9826	1.815	320	1.286	1.140
IS 9945	1.667	348	1.047	1.021
IS 8577	1.648	514	700	954
Savanna-5	—	632	2.206	946
IS 3071	1.817	198	741	919
IS 8931	1.085	524	967	859
IS 9109	1.912	301	354	856
IS 8933	1.070	224	1.267	854
IS 9042	1.486	387	579	817
IS 10336 A	1.246	322	881	816
IS 8959	869	225	1.346	813
IS 6944	1.482	329	591	801
IS 3522	1.018	219	1.162	800
D 61	—	512	1.801	761
IS 8996	993	273	1.021	762
IS 10336 B	—	1.004	478	741
IS 9938	931	191	1.036	719
IS 2765	904	206	1.036	715
IS 7151	635	407	1.070	704
MN 4508	769	228	1.043	680
Serere 1	676	318	965	653
PPQ 2	875	222	860	652
5 DX	1.136	321	489	649
IS 9084	687	329	928	648
IS 12152	667	174	892	578
ICA Nataima	336	504	834	558
IS 7132	506	242	884	544
Icaima	—	221	1.047	423
NK 266	—	121	834	318
P 8187	—	414	516	310

Cuadro 36. **Comparación del Rendimiento del sorgo en los primeros semestres de 1988 y 1989, en suelos de sabana de dos localidades de Arauca.**

Variedad	1988 A	1989 A		Promedio
	La Antioqueña	La Antioqueña	Grimonero	
5 DX	1.187	2.779	1.172	1.713
IS 9042	1.570	2.067	1.255	1.631
IS 10336	1.370	2.625	864	1.620
IS 8577	969	2.574	1.174	1.572
IS 9636	700	2.226	1.505	1.477
IS 6944	1.858	1.343	1.033	1.411
IS 2765	1.025	2.148	856	1.343
IS 3522	1.646	1.451	863	1.320
IS 7132	441	2.742	771	1.318
IS 3071	614	1.971	1.284	1.290
IS 8931	1.279	1.085	1.270	1.211
IS 8959	431	2.093	1.112	1.212
Serere 1	761	2.342	495	1.199
PPQ 2	1.088	1.703	734	1.175
IS 9945	582	1.759	1.173	1.171
MN 4578	700	1.530	1.235	1.155
IS 9826	652	2.085	720	1.152
IS 8996	945	1.646	835	1.142
IS 9938	674	1.776	873	1.108
IS 7152	630	1.484	1.023	1.046
IS 12152	433	1.677	960	1.023
IS 9084	925	1.576	493	998
IS 8933	595	1.734	493	941
IS 9109	317	1.550	726	864.
ICA Nataima	—	1.251	374	813
D 61	—	583	348	466
IS 9646	588	—	165	177
Icaima	—	741	0	371
PO 8187	—	0	180	90

Cuadro 37. Comparación del rendimiento del sorgo en dos semestre B, en suelos de sabana de Arauca. 1988 - 1989

Variedad	Rendimiento (kg/ha) de 1988B		Rendimiento (kg/ha) de 1989B		Media 1988B y 1989B
	La Antioqueña	Grimonero	La Antioqueña	Chicho Pérez	
IS 6944	1858	1482	329	591	1065
IS 9826	652	1815	320	1286	1018
IS 3522	1646	1018	219	1162	1011
IS 9042	1570	1486	387	579	1006
IS 8577	969	1684	514	700	967
IS 8931	1279	1085	524	976	966
IS 10336 A	1370	1246	322	881	955
IS 9945	582	1667	348	1047	911
IS 3071	664	1817	198	741	845
IS 8996	945	993	273	1021	808
IS 2765	1025	904	206	1036	793
IS 8933	595	1070	224	1267	789
5 DX	1184	1136	321	489	783
PPQ 2	1088	875	222	860	761
IS 10336*	—	—	1004	478	741
IS 9109	317	1912	301	354	721
IS 8959	431	869	225	1346	718
IS 9084	925	687	329	928	717
Savanna-5	0	0	632	2206	1419
IS 9938	674	931	191	1036	708
IS 9636	700	—	—	—	700
IS 7151	630	635	437	1070	693
MN 4508	700	769	228	1043	685
Serere 1	761	676	318	965	680
IS 9646	588	—	—	—	588
IS 12152	433	667	174	892	542
IS 7132	441	506	242	884	518
ICA Nataima	0	336	504	834	419
Icaima	0	0	121	834	358
NK 266	0	0	221	1047	317
P 8187	0	0	414	510	231

* Se toma en cuenta IS 10336 alto y bajo para 1989 únicamente.

9. Evaluar un sistema adecuado de manejo que controle también plagas y enfermedades (manejo integrado de plagas, MIP).

10. Evaluar sistemas adecuados de rotación de cultivos.

Objetivos Específicos

1. Partiendo de los resultados obtenidos, identificar los híbridos que se adapten bien a las condiciones descritas antes.
2. Identificar una variedad que se adapte bien a los suelos de vega.
3. Investigar si alguno de los genotipos de INTSORMIL se adapta a las condiciones de la vega.
4. Investigar si algún genotipo de INTSORMIL puede evaluarse con fines forrajeros.
5. Evaluar el nivel de daño causado por los hongos en la hoja y en la panoja.
6. Comparar la rentabilidad económica de los híbridos o variedades en estudio.
7. Realizar pruebas semicomerciales a nivel de los agricultores.
8. Observar el potencial de producción y las bondades agronómicas de las poblaciones F3 de INTSORMIL, y si se consideran si hay materiales promisorios que pueden ser seleccionados.
9. Determinar las épocas de siembra más apropiadas para estas condiciones.
10. Determinar el manejo adecuado —preparación del terreno, control de malezas, fertilización, y método de siembra— para los genotipos recomendados.
11. Incluir el sorgo como fuente de energía en un modelo de granja integral.
12. Evaluar el uso que dan al sorgo los pequeños agricultores araucanos.

Se realizaron cinco pruebas regionales en terrenos de vega:

- San Lorenzo: Alfonso Reyes y Efraín Rojas.
- El Alcaraván, vieja sede.
- El Alcaraván, nueva sede.
- Ismael Nuñez.
- Raúl Ruiz.

Prueba Regional San Lorenzo

Descripción de la localidad

Efraín Rojas fue la mejor localidad en el semestre A de 1988. En 1989 se sembró de nuevo allí con el fin de hacer comparaciones. Se sembró el grupo de 30 materiales que contiene 25 genotipos tolerantes al aluminio, 2 variedades comerciales y 3 híbridos comerciales. La localidad tiene un área aproximada de media hectárea, y su forma es rectangular.

La prueba regional incluyó 5 testigos, 3 híbridos comerciales (Savanna 5, D 61 y P 8187), y los dos testigos comerciales del ICA (ICA Nataima e Icaima). MN 4508 fue el mejor genotipo de todos los aquí evaluados; su rendimiento fue de 3.9 t/ha, que superó el de Icaima por más de una tonelada y el de los tres híbridos comerciales. Hay que aclarar que D 61 tuvo problemas de germinación en todas las localidades de estas pruebas; el programa comprobó (Dr. Fernando Gaitán, comunicación personal) que la causa de ese problema fue la fuente de semilla usada.

Aunque MN4508 dio la mejor producción, sus plantas alcanzaron una altura de 240.75 cm en esta localidad, contra 130.25 cm. de las de Icaima.

Manejo agronómico

Este lote se sembró el 5 de mayo de 1989. Como en las otras localidades, se manejó aplicando herbicidas. En el primer semestre, el control de malezas se hizo con la mezcla Gramoxone (paraquat) más Gesaprim (atrazina) en dosis de 2.5 lt/ha. En el segundo semestre, el herbicida se aplicó en postemergencia; era una mezcla de atrazina más 2,4-D en la forma comercial de Tordón. El año 1989 se caracterizó porque el ataque de insectos fue leve; en el primer semestre fue necesario controlar ataques esporádicos, de muy baja intensidad, del cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Manteniendo el criterio de la tecnología de bajos insumos del CIAT (low input technology), en ambos semestres se aplicó una dosis de la fórmula 60-60-60 en forma de urea, superfosfato triple, y cloruro de potasio. Como diseño experimental se adoptó el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Se evaluaron los mismos treinta materiales evaluados en las otras localidades de la zona de vega, porque era importante comparar, en el mismo diseño, las variedades, los híbridos comerciales, y los dos testigos del ICA (ICA Nataima e Icaima).

Cuadro 38. **Resultados del análisis de suelos de San Lorenzo en el lote Efraín Rojas, tomado en el semestre 1989A y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 40**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	3.94	%
Materia orgánica	1.20	%
Fósforo	6.70	ppm
pH	5.0	
Aluminio	0.3	meq/100 g
Calcio	5.0	meq/100 g
Magnesio	2.1	meq/100 g
Potasio	0.22	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.25	ppm
Azúfre	28.00	ppm
Zinc	3.70	ppm
Magnesio	31.00	ppm
Cobre	1.56	ppm
Hierro	63.00	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 39. **Resultados del análisis de suelos de San Lorenzo en el lote Efraín Rojas, tomado en el semestre 1989A, y a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 40**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	0.7	%
Materia orgánica	1.20	%
Fósforo	24.00	ppm
pH	5.7	
Aluminio	0.04	meq/100 g
Calcio	4.2	meq/100 g
Magnesio	1.2	meq/100 g
Potasio	0.5	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.43	ppm
Azúfre	12.70	ppm
Zinc	2.80	ppm
Manganeso	29.00	ppm
Cobre	1.40	ppm
Hierro	64.00	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 40. **Resultados del análisis de suelos en San Lorenzo en el lote Alfonso Reyes, tomado en el semestre 1989A, y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 60**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	9.3	%
Materia orgánica	1.7	%
Fósforo	9.7	ppm
pH	4.9	
Aluminio	0.6	meq/100g
Calcio	3.4	meq/100g
Magnesio	1.8	meq/100g
Potasio	0.6	meq/100g
Nitrógeno	1053	ppm
Boro	0.3	ppm
Azufre		
Zinc	2.0	ppm
Manganeso	29.4	ppm
Cobre	1.9	ppm
Hierro	84	ppm
Arena (%)	9.8	
Arcilla (%)	49.4	
Limo (%)	40.8	
Textura	Arcillolimosa	

Cuadro 41. **Resumen del manejo agronómico aplicado en la prueba regional de 30 genotipos de sorgo, en el lote Efraín Rojas en el semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 15 de 1989
Aplicación del herbicida:	Mayo 15 de 1989 Se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 lt/Ha.
Germinación:	Mayo 20 de 1989
Raleo:	Mayo 31 de 1989 Una planta cada 5 a 10 cm
Fertilización 1:	Mayo 31 de 1989 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, y 60 kg/ha de N 26 g/surco de SPT y 23 g/surco de sulfato de potasio
Fertilización 2:	Junio 19 de 1989 60 kg/ha de N, equivalentes a 245 g/surco de úrea
Aplicación del insecticida:	Junio 19 de 1989 se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha
Aplicación del herbicida:	Junio 24 de 1989 Gesaprim, a razón de 1.5 lt/ha.
Aplicación de insecticida:	Julio 15 de 1989 Lorsban (750 cc/bomba)
Aplicación del herbicida:	Julio 15 de 1989 Gesaprim (200 cc/bomba)

Cuadro 42. **Resumen del manejo agronómico aplicado en la prueba regional de 30 genotipos de sorgo, en el lote Efraín Rojas, en el semestre 1989B.**

Siembra:	Octubre 6 de 1989
Germinación:	Octubre 13 de 1989
Aplicación del herbicida:	Gesaprim (atrazina) (250 cc/bomba)
Raleo:	Noviembre 1 de 1989
Fertilización:	60 kg/ha de N, de P ₂ O ₅ , y de K ₂ O
Aplicación de insecticida:	Lorsban(clorpirifos) (200 cc/bomba)
Otra aplicación:	Noviembre 1 de 1989. Mezcla de Gesaprim (250 cc) más Tordón (picloram) (30 cc).

Resultados sobresalientes

En el primer semestre, la mejor variedad en San Lorenzo (Roberto Ardila) fue MN 4508, con un producción de 3913 kg/ha y una altura de planta de 252 cm (Cuadro 43). MN 4508 fue uno de los materiales más altos; superó a Icaima por casi una tonelada y a Serere por 1.5 toneladas, aproximadamente. En el segundo semestre, los híbridos NK-266, Savanna 5 y D 61 fueron las variedades con mayor rendimiento de grano: 5508, 5000 y 4942 kg/ha, respectivamente (Cuadro 44). El cuarto genotipo, en producción, fue IS 6944; el genotipo que obtuvo el mayor peso de 100 granos fue Savanna 5 con 4.14 g; el más alto entre los materiales de INTSORMIL fue IS 6944 con 171 cm.

Es importante resaltar cómo los híbridos se agruparon en la parte más alta del cuadro de producción. La escasa precipitación, las características de alta fertilidad del lote y su buen drenaje influyeron definitivamente en este agrupamiento. Tres genotipos (IS 6944, IS 2765 e IS 8959) superaron al testigo más productivo del ICA, que fue Icaima; sus producciones fueron 4541, 4304 y 4297 kg/ha, respectivamente. Icaima rindió 4293 kg/ha.

Prueba regional El Alcaraván (Vieja Sede)

Descripción de la localidad

Esta es una de las localidades más uniformes de las que usa INTSORMIL para hacer experimentación. Su especial ubicación, frente al lugar de reunión de los visitantes, la convertirán en una excelente vitrina.

Es éste un lote uniforme, con algunas barreras en su interior pero fáciles de manejar. Por su uniformidad permite la aplicación de diseños distintos al de bloques completos al azar.

Prueba regional El Alcaraván (Nueva Sede)

Descripción de la localidad

Por segunda vez se sembró el lote de El Alcaraván Nueva Sede. Este lote se caracteriza porque tiene pendiente en sentido de su longitud.

Las siembras se hacen en sentido inverso a la pendiente, porque el lote es bastante ancho. La parte más baja del lote se inunda pero esta dificultad se soluciona construyendo alcantarillas adecuadas. Se cree que, si los drenajes se dirigen hacia el río, con una compuerta manual móvil, o mediante embalses, el problema del drenaje de toda la granja puede solucionarse. Otra desventaja de este lote es su vía de acceso, en la que se forman baches difíciles de transitar en la época de invierno. Puede usarse la piedra que actualmente se halla en las instalaciones cercanas para mejorar estas carreteras, y a muy bajo costo, porque no es necesario transportar el material. La falta de drenajes apropiados restringe aquí un área útil para la experimentación; sin ellos se inunda fácilmente.

Manejo agronómico

Este lote se sembró en el primer semestre (12 de mayo de 1989). Un día después de la siembra se aplicó Gesaprim (atrazina) en dosis de 2 lt/ha. En el segundo

Cuadro 43. Prueba regional de San Lorenzo, en el semestre 1989A.

Variedad	Rendimiento ^a (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 granos (g)	Días a floración
MN 4508	3912.5	252.30	2.35	76.00
IS 2765	3765.4	266.10	3.55	76.00
IS 3071	3715.0	245.90	2.52	
IS 9042	3657.0	255.75	2.30	76.00
IS 8933	3525.0	240.97	2.80	76.00
IS 8996	3309.7	229.80	2.65	76.00
IS 8931	3232.3	214.55	2.82	
IS 8959	3154.4	228.80	2.42	
5DX	3120.0	252.25	2.82	76.50
IS 3522	3086.9	243.22	2.45	
Icaima	3037.0	137.17	2.12	71.00
IS 8577	3010.5	236.50	2.80	77.00
IS 6944	2948.6	239.67	2.77	
IS 9084	2881.0	210.65	2.62	
Savanna 5	2822.2	166.60	3.27	64.25
IS 6151	2818.0	247.02	2.37	
P 8187	2798.8	164.25	3.12	65.25
Serere 1	2623.0	201.13	2.52	
IS 9945	2622.7	231.95	2.70	76.00
IS 9826	2562.2	195.80	2.67	
IS 7132	2527.5	220.82	2.50	
PPQ 2	2337.3	165.00	2.82	72.00
IS 10336	2283.3	236.90	2.50	
IS 9938	1943.5	232.90	2.62	76.00
IS 12152	1812.5	253.95	3.30	73.00
IS 9646	1802.8	238.30	2.20	
D 61	1657.1	122.32	2.60	68.50
IS 96.36	1537.6	210.32	2.35	76.00
ICA Nataima	1515.0	168.35	2.65	76.00
IS 9A09	1428.0	226.00	2.60	76.00

a. DMS (0.05) = 1730.61

Cuadro 44. Prueba regional de San Lorenzo en el semestre 1989B.

Variedad	Rendimiento ^a (kg/ha)	Altura de Planta (cm)	Peso de 100 granos (g)	Días a floración
NK 266	5508.0	137	3.65	57
Savanna 5	4999.7	146	4.14	61
D 61	4942.4	144	2.84	63
IS 6944	4540.6	171	2.40	62
IS 2765	4303.8	154	2.67	65
IS 8959	4297.2	165	2.45	66
Icaima	4292.5	130	2.84	56
IS 8996	4221.3	169	2.75	65
P 8187	4182.2	148	3.94	61
IS 8933	4084.8	165	2.29	63
IS 10336 ALTO	4055.4	162	2.64	66
IS 8931	4006.8	139	2.64	60
IS 3071	7972.1	168	2.52	66
IS 7132	3967.4	164	2.48	65
IS 8577	3952.4	162	2.86	62
IS 7151	3812.2	177	2.90	65
IS 9826	3792.1	157	2.82	63
IS 9042	3781.8	153	2.31	66
MN 4508	3675.8	158	2.54	66
IS 3522	3667.4	168	2.67	64
IS 9084	3601.0	160	2.36	62
IS 9938	3589.1	173	3.45	63
Serere 1	3584.0	141	2.55	61
ICA Nataima	3568.4	122	2.78	57
5DX	3418.7	156	2.68	65
IS 12152	3383.7	171	3.67	65
IS 9945	3137.7	163	2.68	66
IS 9109	3119.5	167	2.47	66
PPQ 2	3060.9	129	2.47	63
IS 10336 BAJO	3004.2	148	2.44	63

a. DMS (0.05) = 1418.82

Cuadro 45. Resultados del análisis de suelos practicado en el lote de El Alcaraván nueva sede, en el semestre 1989A, y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 80

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	1.1	%
Materia orgánica	2.2	%
Fósforo	18.8	ppm
pH	5.2	
Aluminio	0.1	meq/100 g
Calcio	5.8	meq/100 g
Magnesio	2.4	meq/100 g
Potasio	0.4	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.4	ppm
Azufre	23.1	ppm
Zinc		
Manganeso	41.0	ppm
Cobre	2.1	ppm
Hierro	126.0	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 46. Resultados del análisis de suelos practicado en el lote de El Alcaraván nueva sede, en el semestre 1989B y a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 80

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	0.31	%
Materia orgánica	3.20	%
Fósforo	10.10	ppm
pH	6.2	
Aluminio	0.04	meq/100 g
Calcio	10.2	meq/100 g
Magnesio	2.7	meq/100 g
Potasio	0.73	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.46	ppm
Azufre	12.30	ppm
Zinc		
Manganeso	64.00	ppm
Cobre	2.00	ppm
Hierro	148.00	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 47. Resultados del análisis de suelos practicado en el lote de El Alcaraván nueva sede, en el semestre 1989B, y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 80

Componente del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	3.40	%
Materia orgánica	2.80	%
Fósforo	21.70	ppm
pH	5.1	
Aluminio	0.30	meq/100 g
Calcio	5.4	meq/100 g
Magnesio	2.8	meq/100 g
Potasio	0.26	meq/100 g
Nitrógeno	1574	ppm
Boro	0.20	ppm
Azufre	27.20	ppm
Zinc	7.90	ppm
Manganeso	54.30	ppm
Cobre	1.80	ppm
Hierro	140.10	ppm
Arena (%)	13.7	
Arcilla (%)	50	
Limo (%)	39.2	
Textura	ArcilloLimoso	

semestre se aplicaron 250 cc/bomba de Gesaprim y 25 cc/ bomba de Tordón.

Estas pruebas regionales están ubicadas en la parte más alta de la granja, donde la pendiente es de un 3%; esta condición influye en el drenaje natural del lote. En el segundo semestre se sembró en la parte superior de los surcos, que estaban separados entre si una distancia de 60 cm. Esta localidad recibió el mismo manejo que las otras pruebas regionales, empleando el criterio de la tecnología de bajos insumos. Se hizo una aplicación preventiva con Lorsban.

Resultados sobresalientes

Esta localidad se caracteriza por su baja saturación de aluminio, su alto nivel de fósforo, su pH cercano a 5, y un contenido de materia orgánica cercano al 3%. Savanna 5 fue un excelente material; rindió 4536 kg/ha y 3230 kg/ha de grano en el semestre A y en el B, respectivamente (Cuadros 50 y 51). Entre los genotipos tolerantes, MN 4508 fue el mejor de ellos; produjo 2673 kg/ha y alcanzó 147 cm de altura; después de él están IS 8933, IS 9084, IS 2765 y Serere 1. De estos últimos, el de menor altura fue Serere 1 (133 cm) que rindió 2106 kg/ha.

IS 8959 tuvo una excelente producción en el semestre A, con 4718 kg/ha, sólo superada por el híbrido de Pioneer 8187, y alcanzó una altura de 250 cm (Cuadro 50). 9084 estuvo, en ambos semestres, entre los genotipos de más alta producción.

Cuadro 48. **Resumen del manejo agronómico aplicado en la prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote El Alcaraván Nueva sede, en el semestre 1989A**

Siembra:	Mayo 12 de 1989
Aplicación de herbicida:	Mayo 13 de 1989 Se aplicó Gesaprim (atrazina) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 17 de 1989
Raleo:	Mayo 16 de 1989 Una planta cada 5 ó 10 cm
Fertilización:	Mayo 27 de 1989 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, 26 g/surco de SPT y 19 g/surco de cloruro de potasio
Fertilización:	Junio 16 de 1989 60 kg/ha de N, equivalentes a 24.5 g/surco de urea
Aplicación de insecticida:	Junio 17 y 20 de 1989 Lorsban (clorpirifos) en dosis de 1.75 lt/ha

Cuadro 49. **Resumen del manejo agronómico aplicado en la prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote El Alcaraván Nueva Sede, en el semestre 1989B**

Siembra:	Septiembre 29 de 1989
Germinación:	Octubre 6 de 1989
Aplicación de herbicida:	Octubre 31 de 1989. Gesaprim (250 cc/bomba).
Raleo:	Octubre 31 de 1989
Fertilización:	60 kg/ha de N, de P 0 , y de K 0
Aplicación de insecticida:	Lorsban(clorpirifos) (200 cc/bomba)

Cuadro 50. Prueba regional en el Alcaraván Nueva Sede, en el semestre 1989A.

Variedad (kg/ha)	Rendimiento ^a (cm)	Altura de planta 100 granos (g)	Peso de floración	Días a
P 8187	5005.0	140.25	3.20	62.56
IS 8959	4718.0	250.00	2.42	81.25
Savanna 5	4536.4	150.25	2.80	56.75
IS 9042	4468.6	237.00	2.22	77.00
IS 9084	4439.9	236.75	2.50	80.00
IS 7151	4428.5	247.50	2.35	79.50
IS 8933	4329.9	259.50	2.42	78.50
IS 8931	4253.2	235.00	2.52	79.75
IS 8996	4238.8	218.75	2.47	79.75
IS 8577	4148.2	245.50	2.50	80.00
IS 3071	4143.6	237.00	2.50	77.25
IS 6944	4052.6	252.25	2.57	77.00
Icaima	4020.2	124.50	2.10	68.75
MN 4508	3969.1	246.25	2.50	80.50
IS 7132	3918.9	239.50	2.15	75.00
IS 9945	3662.2	213.00	2.27	77.50
Serere 1	3648.4	200.00	2.45	78.50
IS 2765	3633.6	266.25	2.70	81.50
5 DX	3491.9	236.75	2.45	79.50
IS 9636	3427.3	209.50	2.32	72.25
IS 9938	3368.2	237.75	2.57	70.75
IS 1252	3359.1	211.25	3.00	71.00
IS 35.22	3340.3	226.25	2.42	82.00
IS 9826	3300.8	208.75	2.20	77.25
IS 10336	2583.5	236.25	2.35	82.00
D 61	2486.8	118.25	2.45	68.50
IS 91.09	1958.3	252.50	2.17	78.50
IS 9646	1023.3	243.75	2.05	91.00

a. DMS (0.05) = 1227.6

Cuadro 51. Prueba regional en el Alcaraván Nueva Sede, en el semestre 1989B

Variedad (kg/ha)	Rendimiento* (cm)	Altura de planta 100 granos (g)	Peso de floración	Días a
D 61	3846	144	3.11	61
Savanna 5	3230	140	3.82	60
MN 4508	2673	147	3.06	65
IS 8933	2456	148	2.98	63
OS 9084	2253	162	3.00	65
IS 2765	2248	150	3.05	62
Serere 1	2106	133	3.04	61
IS 8931	2090	148	3.20	62
IS 10336 ALTO	2073	146	2.93	62
IS 8577	2069	160	3.08	64
IS 6944	1929	146	2.98	62
P 8187	1903	150	3.83	61
5 DX	1902	158	2.87	61
IS 8996	1801	145	3.14	66
IS 7132	1753	141	2.94	62
Icaima	1741	123	2.63	59
IS 3071	1739	150	3.11	65
IS 7151	1714	149	2.99	65
IS 8959	1696	153	3.46	63
IS 9109	1665	153	2.81	65
IS 3522	1624	149	2.86	63
ICA Nataima	1565	132	2.68	62
IS 9826	1571	155	3.17	64
IS 12152	1386	140	3.80	64
IS 10336 BAJO	1378	127	2.70	64
PPQ 2	1259	138	2.56	64
NK266	1231	135	3.40	61
IS 9042	1106	140	3.00	66
IS 9938	997	156	3.70	62

a. DMS (0.05) = 1242.0

Prueba regional Ismael Núñez

Descripción de la localidad

Ismael Núñez es un lote de vega (nivel 1) localizado en la ruta Caño Limón-Araucuita, a 20 minutos de Araucuita. Está situado a la orilla de la carretera y es fácilmente visible desde ella. Desde diciembre de 1988 se ha pensado eliminar este lote del conjunto de pruebas regionales, porque el lote Raúl Ruiz es muy similar en cuanto a la fertilidad del suelo, aunque haya diferencias entre ambos respecto al microclima.

En general, los datos del análisis de suelo parecen indicar que la producción de sorgo ha mejorado las condiciones tanto físicas como químicas del suelo, entre los 20 y los 40 cm de profundidad. En especial el fósforo (30 ppm en 1989B) y zinc (39.4 ppm en 1989B) aumentaron con respecto a semestres anteriores.

En 1989 se incorporaron híbridos comerciales como testigos en el grupo de materiales que se evaluaban en las pruebas regionales; por tal razón, no se ubicó en esta localidad otra prueba de híbridos, además de que faltaba espacio para hacerlo.

Ismael Núñez es muy uniforme en sus características físicas y químicas; aunque está relativamente cerca del lote Raúl Ruiz, el sorgo se comportó en ambos lotes de manera muy diferente en el semestre B, especialmente respecto a altura de planta. En 1989, este lote se sembró en los dos semestres, con una prueba regional que contenía los 30 genotipos de sorgo. El dueño del lote está interesado en otras actividades, y es posible, por ello, que este lote no se utilice en 1990.

Considerando las actividades que el CIAT realiza con cultivos diferentes del sorgo, las cuales fueron expuestas en la reunión anual, podría pensarse en dejar este lote para experimentos con cultivos asociados, como yuca-ñame-maíz-caupí, yuca-maíz-ñame, y otros.

El porcentaje de saturación de aluminio de este lote es de 3.0 y no es deficiente en calcio (7.3 meq/100 g); el pH del suelo fue 4.6 en los primeros 20 cm (Cuadro 52), y subió a 5.2 en la franja de 20 a 40 cm (Cuadro 53).

Manejo agronómico

Las características físicas de esta localidad facilitan su manejo en forma apreciable. El control de

malezas en el primer semestre se hizo con la mezcla Gramoxone (paraquat) más atrazina. No obstante, en esta localidad hay un parche de pata de gallina (*Eleusine indica*), maleza no muy bien controlada por atrazina sola; se hizo por tanto, control de esa maleza más tarde, aunque no en forma generalizada. La siembra se realizó en forma manual, en surcos de 4 m de largo, y dejando una distancia entre surcos de 60 cm (Cuadros 55 y 56).

Resultados sobresalientes

Esta localidad presentó, en 1989A, una variedad de excelente adaptación a su microclima específico, a saber, IS 8933. Esta fue la mejor variedad del semestre A y la tercera, en cuanto a producción, del semestre B, con 4797 y 4588 kg/ha, respectivamente. La futura variedad MN 4508 (Real 60) produjo 4681 y 3342 kg/ha en el primero y en el segundo semestre, respectivamente. Serere (Real 40), confirmando su estabilidad, produjo 3842 y 3839 kg/ha en los semestres A y B, respectivamente (Cuadro 57).

Los genotipos de INTSORMIL que se comportaron bien en ambos semestres fueron: IS 8931, IS 8577, e IS 2765. En el primer semestre las plantas de todos los genotipos de INTSORMIL superaron los 2 m de altura; Real 60, por ejemplo, tuvo una altura de 248 cm y Real 40 alcanzó los 211 cm. En el segundo semestre, ningún genotipo superó los 190 cm; el más alto fue 10336 Alto. Real 40 midió 128 cm y Real 60 179 cm (Cuadro 58).

Prueba regional Raúl Ruiz

Descripción de la localidad

Este es el segundo año consecutivo en que se emplea este lote. Es un lote largo y recibe una precipitación excesiva; presenta, por tanto, problemas de inundación. Es un suelo típico de vega, de nivel 1 (Cuadro 59). Por sus excelentes características químicas y físicas (Cuadro 60), el lote permitió obtener un altísimo promedio de rendimiento de sorgo. En el semestre A, las variedades que más produjeron fueron IS 6944 e IS 8979 (4678 y 4644 kg/ha respectivamente) aunque en altura de planta superaron los 250 cm. En esta localidad se halló también a P 8187, Savanna 5 e Icaima entre los materiales de más alta producción (más de 6 t/ha). En el semestre B, los híbridos Savanna 5 y D 61 fueron los genotipos que más produjeron.

Cuadro 52. **Resultados del análisis de suelos practicado en el lote Ismael Nuñez, en el semestre 1989A, y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 80**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	3.00	%
Materia orgánica	3.20	%
Fósforo	11.40	ppm
pH	4.6	
Aluminio	0.30	meq/100 g
Calcio	7.3	meq/100 g
Magnesio	2.4	meq/100 g
Potasio	0.27	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.32	ppm
Azufre	9.50	ppm
Zinc	8.82	ppm
Manganeso	52.00	ppm
Cobre	2.71	ppm
Hierro	142.00	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 53. **Resultados del análisis de suelos practicado en el lote Ismael Nuñez, en el semestre 1989A, y a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 80**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	0.71	%
Materia orgánica	2.30	%
Fósforo	10.90	ppm
pH	5.2	
Aluminio	0.06	meq/100 g
Calcio	5.7	meq/100 g
Magnesio	2.7	meq/100 g
Potasio	0.45	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.21	ppm
Azufre	2.60	ppm
Zinc	8.56	ppm
Manganeso	52.00	ppm
Cobre	2.51	ppm
Hierro	146.00	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 54. **Resultados del análisis de suelos practicado en el lote Ismael Nuñez, en el semestre 1989B, y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 100**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	3.20	%
Materia orgánica	3.00	%
Fósforo	30.00	ppm
pH	4.9	
Aluminio	0.30	meq/100 g
Calcio	5.2	meq/100 g
Magnesio	3.2	meq/100 g
Potasio	0.40	meq/100 g
Nitrógeno	1916.8	ppm
Boro	0.26	ppm
Azufre	39.40	ppm
Zinc	11.00	ppm
Manganeso	67.40	ppm
Cobre	2.50	ppm
Hierro	225.60	ppm
Arena (%)	20.9	
Arcilla (%)	36.6	
Limo (%)	42.5	
Textura	Franco - Arcilloso	

Cuadro 55. **Resumen del manejo agronómico aplicado en la prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote Ismael Nuñez, en el semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 16 de 1989
Aplicación de herbicida:	Mayo 16 de 1989 Se aplicó Gesaprim (atrazina) más Gramoxone en dosis de 2 lt/ha y 3 lt/ha, respectivamente.
Germinación:	Mayo 22 de 1989
Raleo:	Junio 7 de 1989 Una planta cada 5 ó 10 cm
Fertilización:	Junio 7 de 1989 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, y 20 kg/ha N 38g/surco de 10-30-10, y 16 gr/surco de sulfato de potasio
Aplicación de herbicida:	Junio 19 de 1989 Gesaprim en dosis de 2 lt/ha
Fertilización:	Junio 21 de 1989 40 kg/ha de N, equivalentes a 10.3 gr/surco de urea

Cuadro 56. **Resumen del manejo agronómico aplicado en la prueba regional de 30 genotipos de sorgo en el lote Ismael Nuñez, en el semestre 1989B.**

Siembra:	Octubre 10 de 1989
Germinación:	Octubre 15 de 1989
Aplicación de herbicida:	Gesaprim (atrazina) (200 cc/bomba)
Raleo:	Noviembre 2 de 1989
Fertilización:	60 kg/ha de N, 60 kg/ha de P ₂ O ₅ , y 60 kg/ha de K ₂ O.
Aplicación de insecticida:	Lorsban(clorpirifos)(200 cc/bomba) Dipel Bacillus thuringiensis (350 g/ha)

Cuadro 57. **Prueba regional de Ismael Nuñez, en el semestre 1989A.**

Variedad	Rendimiento ^a (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 granos (g)
IS 8933	4797.0	250.00	2.35
IS 9042	4701.7	260.00	2.57
MN 4508	4681.2	248.00	2.57
IS 2765	4563.7	260.67	2.60
IS 8931	4533.2	258.33	2.83
IS 8959	4455.6	242.00	2.72
IS 6944	4443.3	253.33	2.70
IS 9084	4293.3	257.67	2.33
IS 3071	4187.6	230.00	2.67
IS 8996	4178.6	221.30	2.67
Serere 1	3842.0	214.00	2.67
IS 7132	3782.3	221.67	2.73
IS 3522	3547.7	243.33	2.50
IS 9945	3494.8	223.67	2.90
IS 8577	3466.9	241.67	2.90
5DX	3281.8	213.33	3.10
IS 15336	3235.4	232.00	2.40
IS 7151	3145.3	282.00	2.23
IS 9636	3100.6	244.00	2.72
IS 9826	3060.6	193.33	2.72
P 8187	2893.0	195.33	2.50
IS 12152	2461.0	259.63	2.97
Savanna	2319.1	136.67	2.17
IS 9938	2246.4	261.33	3.13
D 61	1872.8	122.33	2.80
IS 9109	1730.1	242.67	2.57
IS 9646	865.0	257.67	1.60

a. DMS (0.05) = 1322.2

Cuadro 58. Prueba regional de Ismael Nuñez, en el semestre 1989B.

Variedad	Rendimiento ^a (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 granos (g)	Días a floración
Savanna 5	5417.0	155	3.9	57.0
IS 8996	4631.0	180	3.5	62.0
IS 8933	4588.0	185	3.2	61.0
IS 8577	4519.0	189	3.1	61.0
IS 2765	4109.5	184	3.5	61.5
IS 8931	4065.0	168	3.4	63.0
IS 69.44	4056.5	183	3.3	62.0
D 61	4038.0	143	3.4	60.2
IS 9042	4031.5	185	3.3	62.0
IS 8959	3866.0	179	3.3	62.0
Serere 1	3839.0	128	3.4	56.0
IS 3071	3835.0	186	3.1	62.0
P 8189	3826.0	150	4.5	55.0
IS 9084	3709.0	180	3.1	63.0
IS 9826	3586.0	189	3.2	62.0
IS 10336 ALTO	3540.0	190	3.5	61.0
IS 7151	3453.0	185	3.0	61.0
5 DX	3437.0	178	3.2	62.0
IS 9109	3357.0	184	3.3	62.0
MN 4508	3342.0	179	3.3	61.0
IS 9945	3188.0	167	3.0	61.0
IS 7132	3179.0	169	3.2	61.5
IS 12152	3048.0	187	4.1	61.0
IS 3522	2895.0	188	3.0	61.5
PPQ 2	2846.0	140	2.8	61.0
Icaima	2765.5	129	3.2	55.0
IS 9938	2460.0	188	3.9	61.0
ICA Nataima	2270.0	129	2.8	54.0
IS 10336 BAJO	2141.0	144	3.1	62.0
NK 266	1491.0	118	3.8	54.5

a. DMS (0.05) = 1421.63

Cuadro 59. **Resultados del análisis de suelos practicado en el lote Raúl Ruiz, Semestre 1989A, y a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 80**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	0.80	%
Materia orgánica	2.00	%
Fósforo	16.90	ppm
pH	6.2	
Aluminio	0.10	meq/100 g
Calcio	9.6	meq/100 g
Magnesio	2.5	meq/100 g
Potasio	0.20	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.31	ppm
Azufre	15.50	ppm
Zinc	9.70	ppm
Manganeso	138	ppm
Cobre	2.87	ppm
Hierro	137	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 60. **Resultados del análisis de suelos practicado en el lote Raúl Ruiz, en el semestre 1989A, y a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 80**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	0.64	%
Materia orgánica	2.30	%
Fósforo	22.60	ppm
pH	6.1	
Aluminio	0.06	meq/100 g
Calcio	6.2	meq/100 g
Magnesio	2.7	meq/100 g
Potasio	0.41	meq/100 g
Nitrógeno		
Boro	0.43	ppm
Azufre	12.30	ppm
Zinc	10.90	ppm
Manganeso	200	ppm
Cobre	3.30	ppm
Hierro	516	ppm
Arena (%)		
Arcilla (%)		
Limo (%)		
Textura		

Cuadro 61. **Resultados del análisis de suelos practicado en el lote Raúl Ruiz, en el semestre 1989A, y a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 100**

Componentes del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	3.41	%
Materia orgánica	2.40	%
Fósforo	20.10	ppm
pH	5.5	
Aluminio	0.30	meq/100 g
Calcio	5.8	meq/100 g
Magnesio	2.5	meq/100 g
Potasio	0.20	meq/100 g
Nitrógeno	1468.5	ppm
Boro	0.20	ppm
Azúfre	28.90	ppm
Zinc	10.40	ppm
Manganeso	82.90	ppm
Cobre	2.50	ppm
Hierro	263.32	ppm
Arena (%)	13	
Arcilla (%)	37	
Limo (%)	50	
Textura	Francoarcilloso	limoso

Cuadro 62. **Resumen del manejo agronómico dado a la prueba regional de sorgo de 30 genotipos, en el lote Raul Ruiz. Semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 17 de 1989
Aplicación de herbicida:	Mayo 22 de 1989 Se aplicó Gesaprim (atrazina) en dosis de 2 lt/ha
Germinación:	Mayo 22 de 1989
Raleo:	Junio 1 de 1989 Una planta cada 5 a 10 cm
Fertilización:	Junio 1 de 1989 60 kg/ha de P; 60 kg/ha de K 26g/surco de SPTy 23 g/surco de sulfato de potasio
Aplicación de herbicida:	Junio 20 de 1989 Lorsban (clorpirifos) en dosis de 1.75 lt/ha
Fertilización:	Junio 21 de 1989 60 kg/ha de N, equivalentes a 24.5g/surco de urea

Cuadro 63. **Resumen del manejo agronómico dado a la prueba regional de sorgo de 30 genotipos, en el lote Raúl Ruiz. Semestre 1989B.**

Siembra:	Octubre 12 de 1989
Germinación:	Octubre 18 de 1989
Aplicación de herbicida:	Noviembre 2 de 1989. Gesaprim (atrazina) (200 cc/bomba)
Raleo:	Noviembre 2 de 1989
Fertilización:	60 kg/ha de N, 60 de P ₂ O ₅ , y 60 de K ₂ O.
Aplicación de insecticida:	Lorsban (clorpirifos) (200 cc/bomba)

Resultados sobresalientes

Este lote, situado entre Caño Limón y Arauquita, presentó uno de los pH más altos entre las pruebas evaluadas; esta acidez ha disminuido con el tiempo. Las excelentes características del lote, tanto físicas como químicas, se reflejan en la excepcional producción obtenida tanto en el primero como en el segundo semestre.

En el primer semestre, las variedades de INTSORMIL que liberará ICA, Real 40 (Serere) y Real 60 (MN 4508), produjeron 3813 y 2784 kg/ha, respectivamente, y la altura de planta en ellas fue de 252 y 221 cm (Cuadro 64).

En el segundo semestre, los testigos (Real 40 y Real 60) fueron superados por los híbridos Savanna 5 (4369 kg/ha) y D 61 (3863 kg/ha); no obstante, estuvieron entre los genotipos de mayor producción (3787 y 3667 kg/ha, respectivamente) y antes de MN 4508 (Cuadro 65). Dos genotipos de INTSORMIL, IS 6944 e IS 8959, produjeron 4679 y 4644 kg/ha en el primer semestre, con una altura de planta de 268.7 y 260 cm, respectivamente. Parece que estos dos genotipos se adaptan muy bien cuando las condiciones agroclimáticas son adecuadas. En el semestre B produjeron, aproximadamente, 3.5 t/ha, y alcanzaron alturas de 178 cm y 173 cm. Aunque son buenos productores, estos dos genotipos son de los más altos.

El Cultivo de Sorgo en la Vega

Los siguientes rasgos de comportamiento del sorgo sembrado en la región de vega dibujan un perfil aproximado del cultivo en esa zona.

- Los genotipos de INTSORMIL producen más en la vega que en la sabana. En promedio, un genotipo produce 1.5 más cuando es sembrado en el nivel 1, clase A que en el nivel 3, clase A.
- En el primer semestre, los genotipos de INTSORMIL superan los 240 cm de altura.
- En el segundo semestre, en algunas localidades, esos genotipos fueron bajos (Raúl Ruiz, El Alcaraván Nueva Sede, Alfonso Reyes). En dos localidades, La Pica e Ismael Núñez, redujeron su altura ligeramente.
- En general, los genotipos de INTSORMIL son más bajos en el segundo semestre. Aparentemente, a más tardía la siembra, mayor altura de las plantas.
- Los genotipos de INTSORMIL producen más en el primer semestre que en el segundo.
- Cada genotipo responde en forma peculiar a la fertilización, y se comportan de modo diferente en la vega y en la sabana.
- Algunos genotipos de INTSORMIL parecen soportar altos niveles de saturación de agua en el suelo
- A causa de las dificultades de mecanización que tiene Arauca, hay que sembrar un material de sorgo que soporte una larga permanencia en el campo después de haber madurado, y que pierda, en esas condiciones, una mínima parte de su calidad nutricional.

Cuadro 64. Prueba regional de Raúl Rulz, en el semestre 1989A

Variedad	Rendimiento ^a (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 granos (g)	Días a floración
IS 6944	4677.8	268.7	2.75	
IS 8959	4644.1	260.5	2.70	
Icaima	4592.6	238.8	2.05	72
IS 3037	4511.2	269.8	2.35	
IS 7132	4392.2	245.6	2.85	
IS 8996	4338.3	257.2	2.75	
P 8187	4166.8	150.0	3.35	64
IS 9042	4068.9	272.7	2.60	
MN 4508	3813.4	251.9	2.30	
Savanna 5	3772.6	132.4	2.70	61
IS 3522	3720.7	281.8		
IS 8933	3676.7	251.8	2.15	
5 DX	3619.2	238.2	2.40	
IS 9945	3586.6	244.4	2.45	
IS 9084	3359.6	243.0	2.40	
IS 9826	3303.5	220.4	2.40	
IS 8577	3302.1	235.6	2.45	
IS 8931	3245.5	239.8	2.75	
IS 7151	3112.1	284.0	2.65	
IS 2765	3020.1	235.7	2.90	
IS 9636	3006.9	226.6	2.35	
PPQ 2	2840.2	178.9	2.10	
156 P 5 Serere	2784.6	221.2	2.35	
D 61	2608.2	124.6	2.25	67
IS 12152	2357.9	239.7	2.45	
IS 10336	2257.8	215.7	2.55	
ICA Nataima	1962.8	133.6	2.15	
IS 9938	1783.5	238.3	2.40	73
IS 9646	1384.1	247.0	2.25	
IS 9109	1355.8	237.2	2.40	

a. DMS (0.05) = 1417.08

Cuadro 65. Prueba regional de Raúl Ruiz, en el semestre 1989B

Variedad	Rendimiento ^a (kg/ha)	Altura de planta (cm)	Peso de 100 granos (g)	Días a floración
Savanna 5	4369	134	3.75	68
D 61	3863	136	2.95	69
Serere 1	3787	146	3.19	67
IS 9042	3667	163	3.05	69
MN 4508	3664	168	3.06	52
IS 3071	3591	184	2.90	69
Icaima	3534	132	2.93	64
IS 8959	3508	178	3.05	70
NK 266	3422	128	3.99	61
IS 10336 Bajo	3376	150	2.70	68
IS 6944	3355	173	3.08	71
IS 8933	3299	173	3.10	68
IS 2765	3276	168	3.17	70
P 8187	3272	145	4.15	65
IS 8577	3247	160	3.09	69
IS 7151	3219	175	2.95	66
IS 8935	2956	154	3.00	69
IS 9084	2865	159	3.13	67
PPQ 2	2833	133	2.68	65
IS 7132	2801	161	3.00	68
IS 9945	2762	164	2.79	71
ICA Nataima	2666	114	2.85	62
IS 9286	2563	158	2.85	69
5 DX	2497	159	3.18	67
IS 8996	2483	162	3.14	69
IS 9938	2465	185	3.73	66
IS 3522	2432	172	2.80	67
IS 9109	2388	164	3.07	72
IS 12152	2263	177	3.83	72
IS 10336 Alto	2193	171	3.00	68

a. DMS (0.05) = 1328.26

- Por las condiciones propias de la región, las plantas de sorgo deben soportar suelos muy saturados de agua en las primeras etapas del desarrollo, y un déficit de agua en las etapas finales del desarrollo.
- En la vega, el objetivo de este proyecto es producir más a nivel semicomercial, es decir, alcanzar un rendimiento superior a 3 t/ha.
- Savanna 5 superó en producción a todos los genotipos.
- Con un buen manejo del nitrógeno, el sorgo es una alternativa de producción para el primer semestre.
- Los genotipos más altos pueden usarse para forraje del ganado.
- En el semestre 1989A, el mejor genotipo fue IS 8959 (Cuadro 66).
- En 1989B en cambio, el mejor genotipo fue el híbrido Savanna 5 (Cuadro 67).

Cuadro 66. Rendimiento promedio (kg/ha) dado en varias localidades de la vega de Arauca por las variedades evaluadas en 1989A.

Variedad	El Alcaraván	Ismael Núñez	San Lorenzo	Raul Ruiz	Promedio
IS 8959	4.718	4.456	3.154	4.644	4.243
IS 9042	4.469	4.702	3.567	4.069	4.202
IS 3071	4.144	4.188	3.715	4.511	4.140
MN 4508	3.969	4.681	3.913	3.813	4.094
IS 8933	4.330	4.797	3.525	3.677	4.082
IS 6944	4.053	4.443	2.999	4.678	4.043
IS 8996	4.239	4.179	3.310	4.338	4.017
Icaima	4.020	* —	3.037	4.593	3.883
IS 8931	4.253	4.533	3.232	3.245	3.816
IS 2765	3.634	4.564	3.765	3.020	3.746
IS 9084	4.440	4.293	2.881	3.336	3.744
P 8187	5.005	2.893	2.799	4.167	3.716
IS 7133	3.919	3.782	2.528	4.492	3.655
IS 8577	4.148	3.467	3.010	3.302	3.482
IS 3522	3.340	3.548	3.087	3.721	3.424
5 DX	3.491	3.282	3.120	3.619	3.378
IS 7151	4.429	3.145	2.818	3.112	3.376
Savanna 5	4.536	2.319	2.822	3.773	3.363
IS 9945	3.662	3.495	2.623	3.587	3.342
SERERE 1	3.648	3.842	2.623	2.785	3.225
IS 9826	3.301	3.061	2.562	3.304	3.057
IS 9636	3.427	3.100	3.538	3.006	2.768
IS 10336	2.584	3.235	2.283	2.258	2.590
PPQ 2	* —	* —	2.337	2.840	2.589
IS 12052	3.359	2.461	1.813	2.358	2.498
D 61	2.487	1.873	1.657	2.608	2.156
IS 9109	1.958	1.730	1.928	1.350	1.618
IS 9646	1.023	865	1.803	1.384	1.289
ICA Nataima	0	0	1.515	1.963	

— = Se perdió en un incendio

Cuadro 67. Rendimiento promedio (kg/ha) dado en varias localidades de la vega de Arauca por las variedades de sorgo evaluadas en 1989B.

Variedad	El Alcaraván	Ismael Núñez	San Lorenzo	Raul Ruiz	Promedio
Savanna 5	3.230	4.364	5.000	5.417	4.503
D 61	3.845	3.863	4.942	4.038	4.172
IS 8933	2.465	3.298	4.085	4.588	3.609
IS 2765	2.248	3.276	4.304	4.109	3.484
IS 6944	1.929	3.354	4.541	4.056	3.470
IS 8577	2.069	3.247	3.952	4.519	3.447
IS 8959	1.696	3.508	4.297	3.866	3.342
MN 4508	2.673	3.664	3.676	3.342	3.339
Serere 1	2.106	3.787	3.584	3.839	3.329
P 8187	1.903	3.272	4.182	3.826	3.296
IS 3071	1.739	3.591	3.972	3.835	3.284
IS 8996	1.800	2.483	4.221	4.631	3.284
IS 8931	2.090	2.956	4.007	4.065	3.280
IS 9042	1.106	3.677	3.782	4.031	3.149
IS 9048	2.253	2.865	3.601	3.709	3.107
Icaima	1.741	3.534	4.292	2.765	3.083
IS 7151	1.714	3.219	3.812	3.453	3.050
IS 10336 A	2.073	2.193	4.055	3.540	2.965
IS 7152	1.753	2.801	3.967	3.179	2.925
IS 10336 B	1.378	3.376	3.384	3.540	2.920
MK 266	1.231	3.422	5.508	1.491	2.913
IS 9826	1.571	2.563	3.792	3.586	2.878
5 DX	1.902	2.497	3.419	3.437	2.814
IS 3522	1.624	2.432	3.667	2.825	2.655
IS 9109	1.655	2.388	3.119	3.357	2.632
IS 9945	1.140	2.762	3.138	3.188	2.557
IS 12152	1.386	2.263	3.384	3.048	2.520
ICA Nataima	1.575	2.666	3.568	2.270	2.520
PPQ 2	1.259	2.833	3.061	2.846	2.500
IS 9920	997	2.465	3.589	2.460	2.378

Las Pruebas de Arauca

Observaciones generales

Uno de los resultados más importantes que ha producido la investigación del proyecto cooperativo con El Alcavarán en Arauca ha sido descubrir qué sorgo se puede producir con éxito tanto en el primer semestre como en el segundo semestre del año.

Se ha observado así mismo que los genotipos de INTSORMIL son más altos en el primer semestre que en el segundo. Lo contrario ocurre a los híbridos de las casas comerciales, que son más altos en el segundo semestre.

Será una tarea fundamental hacer una evaluación del grado de infección que afecta tanto a los híbridos como a las variedades comerciales en esta región. La razón es que, aunque todos ellos poseen un excelente genotipo, algunos son fuertemente golpeados por las enfermedades, ya sea en la hoja o en la panícula. Por ejemplo, es fácil identificar a Icaíma en el campo por la marchitez de sus hojas, un síntoma del ataque de *Cercospora sorghi*.

Se ha trabajado con cultivares de sorgo blancos, cuyas hojas son altamente tolerantes a los hongos; se sabe, no obstante, que si llueve en la época de la cosecha esos cultivares son fuertemente infectados por el complejo de hongos de la panícula.

Después de dos años de investigación en Arauca, puede afirmarse que la capacidad de producción que se ha obtenido en las condiciones de esa región, tanto en las variedades como en los híbridos, es muy alta (cuadro 68). El trabajo que se inició en utilización del sorgo ha abierto un nuevo panorama, ya que al manejo agronómico y al mejoramiento del sorgo se ha incorporado la utilización futura de su producto final. Este aspecto había sido olvidado hasta el presente, a pesar de que el sorgo se utiliza como producto básico de los concentrados, especialmente los que se suministran a las aves.

La liberación de dos genotipos por el convenio cooperativo con ICA, a saber Serere 1 (sorghica Real 40) y MN 4508 (sorghica Real 60, proporcionará dos testigos claros para comparar el comportamiento de otros cultivares de sorgo en el futuro. Serere 1 se liberará para los suelos con niveles de saturación de aluminio entre 20 y 40%, mientras que MN 4508 —un genotipo más alto pero más tolerante— será liberado para suelos con 41% a 60% de saturación de aluminio.

En 1988 se sugirió dividir los genotipos de sorgo, según su rendimiento y su tolerancia al aluminio, en tres categorías. En 1989 los investigadores del proyecto hallaron que, al aplicar elementos menores en forma foliar a un lote cuyo suelo tenía 80% de saturación de aluminio y había recibido dos aplicaciones de riego —la primera a los 50 días después de la siembra y la segunda a los 70 días— se obtuvieron excelentes producciones de grano. Este resultado indicaría que el problema de elevar la producción de estos genotipos es más agronómico que genético. La solución a esta disyuntiva deberá hallarse en el próximo ciclo referente a esta área.

Debe considerarse también la posibilidad que ofrecen los híbridos tolerante x susceptible o tolerante x tolerante de aumentar la producción del sorgo en suelos con niveles altos de saturación de aluminio.

La investigación hecha ha podido confirmar que la saturación de aluminio disminuye en un suelo ácido con el solo hecho de cultivar sorgo en esa localidad, aunque no se hayan hecho aplicaciones de cal.

Encalamiento y manejo del ecosistema

Los genotipos del programa INTSORMIL son económicamente rentables en suelos que tengan menos de 60% de saturación de aluminio; a partir de este nivel, el rendimiento de grano disminuye dramáticamente a menos de 2 t/ha.

Según Rendón (1989) el punto de equilibrio que justifica la producción de sorgo en los Llanos Orientales es de 1.7 t/ha, suponiendo un 30% de ganancia anual (15% semestral).

Por tanto, hay en la actualidad varias alternativas para lograr el 60% suponiendo, según Sánchez (1984), que por 1.5 t de cal aplicada se reduce el Al en 1 meq.

1. La primera, cuando en un suelo virgen con 90% de saturación de aluminio se aplican 1.5 t de cal; el resultado es que se reduce la saturación al 60%.
2. Segunda, sembrar en suelos de vegón, en los cuales varía el porcentaje de aluminio entre un 40% y un 60%. En estos suelos se aplicaría cal sólo como nutrimento; luego 60 kg/ha de N, 80 kg/ha de P_2O_5 , y 60 kg/ha de K_2O son suficientes para obtener un rendimiento de 3 t/ha de grano. En estos suelos debe manejarse muy bien el nitrógeno, porque ocurre una interacción entre el porcentaje de saturación de aluminio y la altura de la planta en los materiales llamados de la primera generación; en efecto, a menos saturación de aluminio mayor altura. Cuando esa saturación es cero, como ocurre

Cuadro 68. Comparación del rendimiento (kg/ha) de ocho variedades de sorgo ensayadas durante dos semestres A y dos semestre B, en 1988 y 1989, en suelos de vega en Arauca.

1. En 1988A, en la localidad

2. En 1988B, en la localidad

Variedad	Raul Ruiz	San Lorenzo	El Alcaraván	Alfonso	Raul Ruiz	Ismael	El Alcaraván	Media, 1988 A y B
IS 8933	1.644	4.937	2.834	1.630	1.590	2.797	3.167	2.657
IS 8577	2.657	4.012	2.944	1.854	2.090	3.080	2.278	2.706
IS 3071	2.540	4.880	2.294	1.670	3.042	2.156	3.448	2.861
Serere	1.271	4.089	3.187	1.465	2.068	2.404	3.007	2.499
MN 4508	3.020	3.602	3.365	2.450	3.557	2.070	2.938	2.000
IS 6944	2.431	4.118	3.184	2.174	3.797	3.085	3.819	3.230
Icaima *	—	—	—	—	—	—	—	—
IS 2765	1.832	4.883	3.522	1.921	2.195	2.654	4.028	3.005

1. En 1989A, en la localidad

2. En 1989B, en la localidad

Variedad	Raul Ruiz	San Lorenzo	El Alcaraván	Alfonso	Raul Ruiz	Ismael	El Alcaraván	Media, 1989 A y B	
IS 8933	3.677	3.525	4.330	4.797	3.298	4.085	2.456	4.588	3.845
IS 8577	3.302	3.010	4.148	3.467	3.247	3.952	2.069	4.519	3.464
IS 3071	4.511	3.715	4.144	4.188	3.591	3.972	1.739	3.835	3.712
Serere	2.785	2.623	3.648	3.842	3.787	3.584	2.106	3.839	3.277
MN4508	3.807	3.907	3.969	4.681	3.664	3.676	2.673	3.342	3.716
IS 6944	4.678	2.999	4.053	443	3.354	4.541	1.929	4.056	3.257
Icaima	4.593	3.037	4.020	—	3.534	4.292	1.741	2.765	3.426
IS 2765	3.020	3.765	3.634	4.565	3.276	4.304	2.248	4.109	3.615

5. Promedio de rendimiento (kg/ha) para 1988 y 1989 a

MN 4508	3.382
IS 2765	3.330
IS 3071	3.315
IS 8933	3.290
IS 6944	3.244
IS 8577	3.109
Serere	2.913

a. Icaima se evaluó solamente en 1989A y B. Su promedio para ese año fue de 3.426 kg/ha.

en los suelos de vega, MN 4508 (Sorghica Real 60) puede desarrollar plantas hasta de 240 cm de altura en el primer semestre.

3. La tercera alternativa consiste en elegir suelos que han sido mejorados, generalmente con cultivos de arroz, en el primer semestre, para producción de sorgo en el segundo semestre, ya que la inundación neutraliza el aluminio. Si se dispone, por tanto, de un suelo cuya saturación de aluminio es alta, debe dedicarse a la producción de arroz en el primer semestre. La incorporación de los residuos de la cosecha anterior mejorará tanto la estructura del suelo como sus condiciones químicas, y al hacer esto último, reducirá el porcentaje de saturación de aluminio. Estos suelos se convierten así en una alternativa de expansión, para el segundo semestre, del área sembrada con sorgo.
4. Una cuarta alternativa es la rotación de cultivos en los suelos cercanos al 60% de saturación de aluminio. Parece importante una rotación arroz-soya-sorgo-soya. Otra sería: sorgo más leguminosa asociada, luego se incorporan residuos de cosecha, se siembra soya, se incorporan de nuevo residuos, y se siembra arroz en el primer semestre del segundo año. Este sistema garantizará no sólo mejores condiciones físicas del suelo, sino mejoramiento en el porcentaje de materia orgánica del suelo. La materia orgánica es el mejor amortiguador del aluminio en la solución del suelo.
5. La quinta alternativa sería el manejo de los elementos menores del suelo mediante aplicaciones foliares. Experimentos preliminares han indicado que, aparentemente, los genotipos de sorgo de la primera generación elevan su producción en suelos que tienen 78% de saturación de aluminio si se aplican en el segundo semestre, dos dosis de elementos menores (aplicación foliar) y un riego a la floración. Este efecto concuerda con los resultados obtenidos en Santander de Quilichao, donde la producción ha decrecido en los últimos años a pesar de que se sigue aplicando cal al suelo; los elementos menores y el contenido de materia orgánica se convierten en factores críticos de la producción a través del tiempo, y su ausencia es aún más limitativa que la saturación de aluminio del suelo. Más atención debe ponerse, por tanto, al manejo de los elementos menores en el suelo, y a su efecto en la producción de sorgo en los ecosistemas de sabana, especialmente en aquéllos de nivel 3.

Altura de la planta

Mucho se ha discutido sobre la interacción genotipo-ambiente entre los genotipos del proyecto INTSORMIL,

tolerantes a la alta saturación de aluminio del suelo. Un punto particular de esa discusión es la altura de la planta de sorgo. No hay duda de que esa altura aumenta, sobre todo en el primer semestre. Si se comparan los promedios de altura de planta en el primer semestre con los del segundo semestre en MN 4508, se encuentra que ésta es 211.6 cm en el primer semestre y baja a 162 cm en el segundo. Los datos fueron tomados en Arauca, en 1988.

La altura de la planta es desfavorable sólo cuando la saturación de aluminio es inferior al 40%. Suelos con una saturación de aluminio superior causan una disminución casi directamente proporcional a ese porcentaje de saturación. Por ejemplo, la altura de las plantas de MN 4508 nunca excedió, en el segundo semestre, los 150 cm en las condiciones del lote de la Sociedad de Ingenieros Agrónomos de los Llanos (SIALL) localizado en la vía a Puerto López, cerca de la estación La Libertad del ICA.

Tolerancia a enfermedades

Durante mucho tiempo se consideró que el sorgo era sólo una alternativa para el segundo semestre, a causa de su rusticidad, su tolerancia a la sequía, y su corto período vegetativo; estas características lo convierten en un cultivo ideal para la rotación con arroz. Su rusticidad le confería un requisito indispensable en los sistemas de tecnología moderna, puesto que exige pocos insumos y, por consiguiente, menores costos de producción.

Sin embargo, su susceptibilidad a las enfermedades de la panoja impidió, durante mucho tiempo, que este cultivo se considerara una alternativa para los Llanos Orientales y Arauca, donde la humedad relativa es alta.

Conclusiones

En los cuadros 69 a 72 se presentan los resultados obtenidos en cada localidad, analizando los semestres por separado, e identificando las localidades de vega y las de sabana. El Cuadro 69 compara los 30 genotipos en el primer semestre. Las variedades superaron a los testigos susceptibles en ese semestre, aunque MN 4508 (Real 60) ocupó el cuarto lugar en cuanto a promedio general, sólo superada por IS 8959, IS 9042, e IS 3071.

En el segundo semestre, dos híbridos, Savanna 5 (2979 kg/ha) y D 61 (2483 kg/ha), superaron a todos los genotipos. En cuanto a producción, IS 8933, IS 8577 (2378 Kg/Ha), IS 6944 (2326 Kg/Ha), IS 2765 (2298 Kg/Ha), fueron los mejores genotipos (Cuadro 70). Los testigos Icaima (2215 kg/ha), MN 4508 (Real 60, 2199 kg/ha) y Serere (Real 40,

2182 kg/ha), estuvieron en los valores superiores de ese Cuadro.

El Cuadro 71 contiene el resultado general del año 1989.

El Cuadro 72 compara los rendimientos por localidad de los 30 genotipos a través de los cuatro semestres (1988 y 1989) en que se ha sembrado sorgo en Arauca. La variedad más

estable fue IS 6944, seguida por IS 2765 y por MN 4508. No debe olvidarse que la mayoría de las localidades están en la vega, y esto, lógicamente, está sesgando los datos. En realidad podría decirse que los tres genotipos antes mencionados producen bien si el ambiente es bueno. Los genotipos que se han seleccionado como más promisorios son: MN 4508, IS 8577, IS 2765, IS 8933, IS 8931, IS 3071, IS 8959, IS 6944, Serere, IS 7151, e IS 3522.

Cuadro 69. Rendimiento promedio por localidad de las variedades de sorgo evaluadas durante el semestre 1989A, en la sabana y la vega de Arauca.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) en: ^a						Promedio
	El Alcaraván (1.1)	Ismael Núñez (3.0)	San Lorenzo (3.9)	Raúl Ruiz (0.8)	La Antioqueña (57.9)	Grimonero (87.9)	
IS 8959	4.718	4.416	3.154	4.644	2.093	1.112	3.363
IS 9042	4.469	4.702	3.567	4.069	2.067	1.255	3.355
IS 3071	4.144	4.118	3.715	4.511	1.971	1.284	3.302
MN 4508	3.969	4.681	3.913	3.813	1.530	1.235	3.190
IS 6944	4.053	4.443	2.999	4.678	1.343	1.083	3.100
IS 8933	4.330	4.797	3.525	3.677	1.734	493	3.093
IS 8996	4.239	4.179	3.310	4.338	2.646	835	3.091
IS 7132	3.919	3.782	2.528	4.392	2.742	741	3.022
IS 2765	3.634	4.564	3.765	3.020	2.148	856	2.998
IS 8577	4.148	3.467	3.010	3.302	2.574	1.174	2.946
IS 8931	4.253	4.533	3.232	3.245	1.085	1.270	2.936
5 DX	3.491	3.282	3.120	3.619	2.779	1.172	2.911
IS 9084	4.440	4.293	2.881	3.360	1.576	491	2.840
IS 9945	3.662	3.495	2.623	3.587	1.759	1.173	2.717
IS 7151	4.429	3.145	2.818	3.112	1.484	1.023	2.669
IS 3522	3.340	3.548	3.087	3.721	3.451	863	2.668
Serere 1	3.648	3.842	2.623	2.785	2.342	495	2.623
P 8187	4.005	2.893	2.799	4.167	0	180	2.507
IS 9826	3.301	3.061	2.562	3.304	2.085	720	2.506
IS 9626	3.427	3.100	1.538	3.006	2.226	1.505	2.467
IS 10336	2.584	3.235	2.283	2.258	2.625	864	2.308
Savanna 5	4.536	2.319	2.822	3.773	0	0	2.242
IS 12152	3.359	2.461	1.813	2.358	1.677	960	2.105
Icaima	4.020	0	3.037	4.593	741	0	2.065
IS 9938	3.367	2.246	1.944	1.784	1.776	873	1.999
PPQ 2	—	—	2.337	2.840	1.703	734	1.904
D 61	2.487	1.873	1.657	2.608	585	348	1.593
IS 9109	1.958	1.730	1.428	1.356	1.550	726	1.458
IS 9646	1.023	865	1.803	1.384	—	165	873
ICA Nataima	0	0	1.515	1.963	1.251	374	851

a. Las cifras entre paréntesis indican sat. Al, %.

Cuadro 70. Rendimiento promedio por localidad, de las variedades de sorgo evaluadas durante el semestre 1989B, en la vega y la sabana de Arauca.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) en:							
	El Alcaraván	Raúl Ruiz	Grimonero	San Lorenzo	La Antioqueña	Ismael Nuñez	Chicho Pérez	Promedio
Savanna 5	3.230	4.369	—	5.000	632	5.417	2.206	2.979
D 61	3.845	3.863	—	4.942	512	4.038	181	2.483
IS 8933	2.456	3.298	1.070	4.085	224	4.588	1.267	2.427
IS 8577	2.069	3.247	1.648	3.952	514	4.519	700	2.378
IS 6944	1.929	3.354	1.482	4.541	329	4.056	591	2.326
IS 2765	2.248	3.276	904	4.304	206	4.109	1.036	2.298
IS 3071	1.739	3.591	1.817	3.972	198	3.835	741	2.270
IS 8959	1.696	3.508	869	4.297	225	3.866	1.346	2.258
IS 8931	2.090	2.956	1.085	4.007	524	4.065	967	2.242
Icaima	1.741	3.534	—	4.292	121	2.765	834	2.215
IS 8996	1.800	2.483	993	4.221	273	4.631	1.021	2.203
MN 4508	2.673	3.664	769	3.676	228	3.342	1.043	2.199
Serere 1	2.106	3.787	676	3.584	318	3.839	965	2.182
IS 9042	1.106	3.677	1.486	3.782	387	4.031	579	2.150
IS 9826	1.571	2.563	1.815	3.792	320	3.586	1.286	1.133
IS 9084	2.253	2.865	687	3.601	329	3.709	928	2.053
IS 10336 A	2.073	2.193	1.246	4.055	322	3.540	881	2.044
IS 7151	1.714	3.219	635	3.812	407	3.453	1.070	2.044
IS 10336 B	1.378	1.376	—	3.384	100	3.540	478	2.043
P 8187	1.903	3.272	—	4.182	414	3.826	516	2.016
IS 7132	1.753	2.801	506	3.967	242	3.179	884	1.905
IS 9945	1.140	2.762	1.667	3.138	348	3.188	1.047	1.899
5 DX	1.902	2.497	1.136	3.419	321	3.437	489	1.886
IS 9109	1.665	2.388	1.912	3.119	301	3.357	354	1.871
IS 3522	1.324	2.432	1.018	3.667	219	2.895	1.162	1.860
NK 266	1.231	3.422	—	5.508	221	1.491	1.047	1.846
PPQ 2	1.259	2.833	875	3.061	222	2.846	860	1.708
IS 12152	1.386	2.263	667	3.384	174	3.048	892	1.688
ICA Nataima	1.575	2.666	336	3.568	504	3.270	834	1.679
IS 9938	997	2.465	931	3.589	191	2.460	1.036	1.667

Cuadro 71. Comparación del rendimiento por localidad, de las variedades de sorgo evaluadas en 1989, semestres A y B, en Arauca.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) en:					
	El Alcaraván	Ismael Núñez	San Lorenzo	Raúl Ruiz	La Antioqueña	Grimonero
IS 8959	4.718	4.456	3.154	4.644	2.093	1.112
IS 3071	4.144	4.188	3.715	4.511	1.971	1.284
IS 8933	4.330	4.797	3.525	3.677	1.734	493
IS 9042	4.469	4.702	3.567	4.069	2.067	1.255
IS 6944	4.053	4.443	2.999	4.678	1.343	1.083
MN 4808	3.969	4.681	3.913	3.813	1.530	1.235
Savanna 5	4.536	2.319	2.822	3.773	0	0
IS 8577	4.148	3.467	3.010	3.302	2.574	1.174
IS 2765	3.634	4.564	3.765	3.020	2.148	856
IS 8996	4.239	4.179	3.310	4.338	1.646	835
IS 8931	4.273	4.533	3.232	3.245	1.085	1.270
IS 9036	3.427	3.100	1.538	3.006	2.226	1.506
IS 7132	3.919	3.782	2.528	4.392	2.742	771
IS 9084	4.440	2.273	2.881	3.360	1.576	491
Serere 1	3.648	3.842	2.623	2.785	2.342	495
5 DX	3.491	3.282	3.120	2.619	2.779	1.172
IS 7151	4.429	3.145	2.818	3.112	1.484	1.023
IS 9826	3.301	3.061	2.562	3.304	3.085	720
IS 9945	3.662	3.495	2.623	3.587	1.759	1.173
P 8187	5.005	2.893	2.799	4.177	0	180
IS 3522	3.340	3.548	3.087	3.721	1.451	867
D 61	2.487	1.873	1.657	2.608	585	348
IS 10336	2.584	3.235	2.283	2.258	2.685	864
Icaina	4.020	0	3.037	4.593	741	0
IS 12152	3.369	3.461	1.813	2.358	1.677	960
IS 9938	3.368	2.266	1.944	1.784	1.776	873
PPQ 2	—	—	2.337	2.840	1.703	734
IS 9109	1.958	1.730	1.928	1.356	1.550	726
ICA Nataima	—	—	1.515	1.963	1.251	374
IS 9646	1.023	865	1.803	1.384	—	165

Cuadro 71. Continuación.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) en:							Promedio (A y B)
	El Alcaraván	Ismael Núñez	San Lorenzo	Raúl Ruiz	La Antioqueña	Grimonero	Chicho Pérez	
IS 8959	1.696	3.866	4.297	3.508	225	864	1.346	2.768
IS 3071	1.739	3.835	3.972	3.591	198	1.817	714	2.745
IS 8933	2.456	4.588	4.085	3.298	224	1.070	1.267	2.734
IS 9042	1.106	4.031	3.782	3.677	387	1.486	579	2.706
IS 6944	1.929	4.056	4.541	3.354	329	1.482	591	2.683
MN 4508	2.763	3.342	3.676	3.664	228	769	1.043	2.664
Savanna 5	3.230	5.417	5.000	4.369	632	0	2.206	2.639
IS 8577	2.069	4.519	3.752	3.247	514	1.648	700	2.625
IS 2765	2.248	4.109	4.304	3.276	206	904	1.036	2.621
IS 8996	1.800	4.631	4.221	2.483	273	993	1.021	2.613
IS 8931	2.090	4.065	4.007	2.956	526	1.085	967	2.562
IS 9036	—	—	—	—	-	-	—	2.467
IS 7132	1.753	3.179	3.967	2.801	242	506	884	2.420
IS 984	2.253	3.709	3.601	2.865	329	687	928	2.415
Serere 1	2.106	3.839	3.584	3.787	318	676	965	2.385
5 DX	1.902	3.437	3.419	3.497	321	1.136	489	2.359
IS 7151	1.714	3.453	3.812	3.219	407	635	1.070	2.332
IS 9826	1.571	3.586	3.792	2.563	320	1.815	1.286	2.305
IS 9945	1.140	3.188	3.138	2.762	348	1.667	1.047	2.276
P 8187	1.903	3.826	4.182	3.272	414	0	516	2.243
IS 3522	1.624	2.895	3.667	2.432	219	1.018	1.162	2.233
D 61	3.845	4.038	4.942	3.863	512	0	1.801	2.197
IS 10336	2.073	3.540	4.055	2.193	322	1.246	881	2.171
Icaima	1.741	2.765	4.292	3.534	121	0	834	1.975
IS 12152	1.386	3.048	3.384	2.263	174	667	892	1.881
IS 9938	997	2.460	3.589	2.465	191	931	1.036	1.822
PPQ2	1.259	2.846	3.061	2.853	222	873	1.860	1.872
IS 9109	1.665	3.357	3.119	2.388	301	1.912	354	1.719
ICA Nataima 1.575	2.270	3.568	2.666	504	336	834	1.532	
IS 9646	—	—	—	—	—	—	—	1.048

Cuadro 72. Comparación de rendimiento promedio, por localidad, de las variedades evaluadas durante los semestres A y B de 1988 y 1989, en Arauca.

Variedad	Redimiento (kg/ha) en 1988A				Rendimiento (kg/ha) 1988B				
	La Antioqueña	Raul Ruiz	El Alcaraván	San Lorenzo	La Antioqueña	Raul Ruiz	El Alcaraván Reyes	Alfonso Núñez	Ismael
IS 6944	1.858	2.491	3.184	4.118	1.415	3.797	3.819	2.174	3.085
IS 2765	1.025	1.832	3.522	4.883	1.663	2.195	4.028	1.921	2.654
MN 4508	700	3.020	3.365	3.602	1.788	3.557	2.938	1.450	2.070
IS 8931	1.279	1.500	2.748	3.287	2.097	3.435	2.903	2.525	369
IS 9636	700	3.001	2.511	4.179	—	—	—	—	—
IS 9042	1.570	3.216	2.561	3.397	1.736	2.695	3.167	1.654	3.089
IS 8996	945	1.866	3.681	4.012	1.956	3.027	3.038	1.618	2.907
IS 3522	1.646	2.161	2.586	4.061	1.950	2.927	4.000	2.115	1.520
IS 9084	925	2.193	2.801	4.418	1.349	2.360	3.049	2.393	3.429
IS 9826	652	1.094	2.155	3.966	2.674	2.341	3.871	2.732	2.111
5 DX	1.184	1.838	2.487	4.317	1.434	3.570	3.574	1.292	2.761
IS 8959	431	1.587	2.999	4.951	2.173	1.678	3.328	2.396	2.661
IS 8577	969	2.657	2.944	4.012	1.979	2.090	2.278	1.854	3.080
IS 3071	614	2.540	2.294	4.880	1.132	3.042	3.448	1.670	2.156
IS 12152	433	2.277	784	3.683	1.975	2.231	4.115	1.350	3.370
IS 9945	582	1.919	1.995	4.428	2.188	3.023	3.719	1.719	1.969
IS 7151	630	2.465	2.559	4.559	1.318	1.981	2.827	2.910	1.829
IS 8933	595	1.644	2.834	4.937	1.517	1.590	3.202	1.630	2.797
Serere 1	761	1.271	3.187	4.089	1.875	2.068	3.007	1.465	2.404
IS 9938	674	1.700	929	2.454	2.281	3.684	3.126	1.984	2.911
PPQ 2	1.088	1.707	2.694	3.818	1.740	1.934	2.514	1.528	2.511
IS 9109	317	1.678	1.629	3.210	1.913	2.167	3.431	1.684	2.902
IS 7132	441	1.455	2.137	3.959	2.088	1.945	2.622	1.268	2.457
IS 10336	1.370	2.821	2.748	375	961	2.581	3.094	200	576
DK 38	—	—	—	—	1.323	1.406	2.712	1.670	1.641
IS 9646	588	1.648	436	3.582	—	—	—	—	—
ICA Nataima	—	—	—	—	1.340	1.239	2.049	958	2.188
Savanna 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IS 9036	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P 8187	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Cuadro 72. Continuación.

Redimiento (kg/ha) en 1989A						Rendimiento (kg/ha) 1989B							C.P.	Promedio, 1988 y 1989
L.A.	R.R.	E.A.	S.L.	I.N.	G.R.	L.A.	R.R.	E.A.	S.L.	I.N.	G.R.			
1.343	4.678	4.053	2.999	4.443	1.083	329	3.354	1.929	4.541	4.056	1.482	591	2.762	
2,148	3.020	3.634	3.765	4.564	856	206	3.276	3.248	4.304	4.109	904	1.036	2.627	
1.530	3.813	3.969	3.913	4.681	1.235	228	3.664	2.773	4.676	3.342	769	1.043	2.688	
1.088	3.245	4.253	3.232	4.533	1.270	524	2.956	2.090	4.007	4.065	1.085	967	2.430	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.598	
2.057	4.069	4.469	3.567	4.702	1.255	387	3.077	1.106	3.782	4.031	1.486	579	2.648	
1.646	4.338	4.239	3.310	4.179	835	273	2.483	1.800	4.221	4.631	993	1.021	2.592	
1.451	3.721	3.340	3.087	3.548	867	219	2.432	1.624	3.667	2.895	1.018	1.862	2.364	
1.576	3.360	4.440	2.881	4.273	491	329	2.865	2.853	3.601	3.709	687	928	2.469	
2.085	3.304	3.301	2.562	3.061	720	320	2.563	1.571	3.792	3.586	1.815	1.286	2.344	
2.749	3.619	3.491	3.120	3.282	1.172	321	3.497	1.902	3.437	3.437	1.736	489	2.461	
2.093	4.644	4.718	2.154	4.456	1.112	225	3.508	1.696	4.297	3.866	864	1.346	2.645	
2.574	3.302	4.148	3.010	3.467	1.174	514	3.247	2.969	2.732	4.519	1.648	700	2.539	
1.971	4.511	4.144	3.715	4.188	1.284	198	3.591	1.739	2.972	3.835	1.817	714	2.566	
1.677	2.358	3.369	1.813	2.461	960	174	2.263	1.386	2.263	3.048	667	892	1.980	
1.759	3.587	3.662	2.623	3.495	1.173	348	2.762	1.140	3.138	3.188	1.667	1.047	2.324	
1.484	3.112	4.429	2.818	3.145	1.023	407	3.219	1.714	3.812	3.453	635	1.070	2.336	
1.734	3.677	4.330	3.525	4.797	493	224	3.298	3.456	4.085	4.588	1.070	1.267	2.559	
2.342	2.785	3.684	2.623	3.842	495	318	3.787	2.106	2.684	4.839	676	965	2.326	
1.776	1.784	3.368	1.944	2.266	873	191	2.465	997	3.589	2.460	931	1.036	1.974	
1.703	2.840	—	2.337	—	734	222	2.853	1.259	3.061	2.846	875	1.860	2.006	
1.550	1.356	1.958	1.929	1.730	726	301	2.388	1.665	3.119	3.357	1.912	354	1.876	
2.742	4.392	3.919	2.528	3.782	771	242	2.801	1.753	3.967	1.179	506	884	2.265	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.636	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.750	
—	1.384	1.023	1.803	865	165	—	—	—	—	—	—	—	1.277	
1.251	1.963	—	1.515	—	374	504	2.666	1.575	3.568	2.270	336	834	1.539	
2.639	0	3.773	4.536	2.822	2.319	0	632	4.369	3.230	5.000	5.417	0	2.206	
2.226	3.006	3.427	1.538	3.100	1.506	—	—	—	—	—	—	—	2.467	
2.243	0	4.167	5.005	2.799	2.893	180	414	3.272	1.903	4.182	3.826	0	516	

L.A. LA ANTIOQUENA
R.R. RAUL RUIZ

E.A. EL ALCARAVAN
S.L. SAN LORENZO

I.N. ISMAEL NUNEZ
G.R. GRIMONERO

C.P. CHICHO PEREZ

Análisis de varianza

Los cuadros siguientes (73 a 85) presentan los análisis de varianza para cada prueba regional en el primer semestre de 1989.

Producción de Sorgo como Alternativa

Nuevas alternativas surgieron como consecuencia de los resultados presentados en los capítulos anteriores. Puesto que los genotipos de INTSORMIL han sido desarrollados para suelos ácidos, miles de hectáreas podrán ser incorporadas, en un futuro cercano, a la producción nacional. Suponiendo que los costos de producción no aumentasen y que, más bien, bajaran debido a la disminución en los costos fijos (menor precio de la tierra en estas regiones hasta ahora consideradas marginales), podría pensarse en aumentar la producción de sorgo. El objetivo fundamental sería reducir los costos del concentrado y producir carne de pollo y huevos a un precio más económico. Lo anterior sólo podrá realizarse si quienes actualmente participan del sistema de producción y comercialización mantienen sus márgenes de ganancia. Esto incluiría agricultores, productores de pollo y huevos, y lógicamente los expendedores, tanto en los supermercados como en los asaderos de pollos.

Cuadro 73. Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Grimonero. Semestre 1989A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	959616	319872 **
Tratamiento	27	9929386	367755.037 **
Error	68	19237778	282908.5
Total Corregido	98	30126781	

Cuadro 74. Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional La Antioqueña. Semestre 1989A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	10376545	3458848.333 **
Tratamiento	27	24564215	909785.740 **
Error	48	16852453	351092.770
Total corregido	78	51793214	

Cuadro 75. Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional San Lorenzo. Semestre 1989A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	1407436	469145.333 **
Tratamiento	29	53708589	1852020.31 **
Error	80	70192796	877409.95
Total corregido	112	125308821	

Cuadro 76. Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional El Alcaraván (Nueva Sede). Semestre 1989A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	9846421	3282141.333 **
Tratamiento	27	59519314	2204419.037 **
Error	70	29642857	423469.3857
Total corregido	100	99008592	

Cuadro 77. Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Ismael Núñez. Semestre 1989A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	32597791	10865930.33 **
Tratamiento	26	83606153	3215621.269 **
Error	72	36511163	507099.4861
Total corregido	101	152715107	

Cuadro 78. Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Raúl Ruiz. Semestre 1989A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	28428697	9476232.333 **
Tratamiento	29	96883055	334079.5 **
Error	84	52013200	619204.7619
Total corregido	116	177324954	

Cuadro 79. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional La Antioqueña. Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	401784	133928 NS
Tratamiento	29	1809728	62404.414 NS
Error	79	3599643	45565.101
Total corregido	111	5811156	

NS = no significativo

Cuadro 80. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Grimonero. Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	82789568	27596522.67 **
Tratamiento	23	13699159	595615.5652 NS
Error	56	30928800	552300
Total corregido	82	127417528	

NS = no significativo

Cuadro 81. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Chicho Pérez. Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	1004165	334721 NS
Tratamiento	29	16829158	580316 NS
Error	85	21032421	247440
Total corregido	117	38865744	

NS = no significativo

Cuadro 82. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional San Lorenzo. Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	171650	57216.67 NS
Tratamiento	29	39005090	1345003.103 NS
Error	87	56379448	648039.6322
Total corregido	119	95556189	

NS = no significativo

Cuadro 83. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional El Alcaraván (Nueva Sede). Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	657310	219103.3 NS
Tratamiento	29	42488975	1465137.069 **
Error	85	40858909	480693.0
Total corregido	117	84005194	

NS = no significativo

Cuadro 84. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Ismael Núñez. Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	53433286	17811095.33 **
Tratamiento	29	71662936	2471135.724 **
Error	81	49449244	610484.4938
Total corregido	113	174545467	

Cuadro 85. **Análisis de varianza para producción de sorgo en la prueba regional Raúl Ruiz. Semestre 1989B.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Bloque	3	445437	14847 NS
Tratamiento	29	34458522	1188225 NS
Error	86	48313741	561788
Total corregido	118	83217701	

NS = no significativo

Otro aspecto importante, y al que se ha dado énfasis, es el análisis bromatológico de los genotipos. Este análisis permitirá seleccionar los genotipos que se desee liberar, no sólo por sus características agronómicas, sino también por sus cualidades nutricionales.

El primer semestre se ha convertido en una alternativa para la producción de sorgo en los Llanos Orientales, especialmente si se considera que el área arrocera tiende a 'congelarse' en Colombia a causa de la superproducción ocurrida de 1989. Además, los altos costos de producción del

arroz obligan a los agricultores a buscar nuevos cultivos que no tengan problemas de comercialización. El sorgo, por su rusticidad, tolerancia a la sequía, y corto período vegetativo, ha sido un cultivo tradicionalmente usado en rotación con el arroz. Sin embargo, el alto precio del grano de soya ha hecho que la soya sustituya al sorgo como cultivo del segundo semestre en los Llanos Orientales.

Por primera vez, y partiendo de los resultados obtenidos en Arauca y en el área de Villavicencio por la fundación El Alcaraván, el ICA y FENALCE, con el apoyo de INTSORMIL, el sorgo se presenta como un cultivo apto para sembrar en el primer semestre. De hecho, la mayoría de los genotipos de INTSORMIL producen más en el primer semestre que en el segundo. Esto sugiere nuevas alternativas de producción; por ejemplo, sorgo en el primer semestre y soya o algodón en el segundo, en los Llanos Orientales.

Primer semestre vs. segundo semestre

Hasta hace cuatro años era común, entre los técnicos encargados de hacer investigación, el comentario de que el sorgo no se podía producir en el primer semestre en los Llanos Orientales. Varias razones se aducían a este respecto:

- a. Enfermedades en la panoja.
- b. Susceptibilidad al encharcamiento.
- c. Menor producción.
- d. Volcamiento.

Muchos de estos argumentos eran válidos; en efecto, tanto los híbridos comerciales como las variedades liberadas por el ICA son susceptibles a los hongos de la panoja.

Durante dos años consecutivos se han evaluado los genotipos de INTSORMIL en Arauca. Con el trabajo de la bióloga María del Rosario Silva, M. Sc., y del Ing. Agr. Alfonso González, de la Universidad Tecnológica de los Llanos, y con el apoyo de FENALCE e INTSORMIL, se han evaluado esos genotipos respecto a enfermedades en La Libertad.

Las conclusiones son importantes, ya que científicamente se ha podido comprobar que los genotipos de INTSORMIL son tolerantes a los hongos de la panoja.

En la vega, estos genotipos alcanzan alturas superiores a los 2 m en el primer semestre. El Cuadro 87 compara la altura de las plantas en el primer semestre y en el segundo semestre. Todas las líneas de INTSORMIL son más altas en el primer semestre que en el segundo. Sin embargo, en ninguna de las pruebas regionales de Arauca se observó volcamiento, entre otras razones, porque estas pruebas se

manejan según la tecnología de bajos insumos. En la vega es fundamental manejar bien el nitrógeno, ya que causa en algunos genotipos un aumento de altura que no se traduce necesariamente en aumentos en la producción de granos.

Otro resultado fundamental, ya comprobado, es que los genotipos de INTSORMIL producen más en el primer semestre que en el segundo, tanto en La Libertad como en Arauca (Cuadro 87).

En Arauca (suelo de sabana), la presencia de una capa arcillosa superficial en estos suelos hace que la infiltración parezca muy baja; por ello, el agua se acumula en la superficie del suelo. Una forma de disminuir el efecto del encharcamiento es sembrar en la parte alta de los surcos.

Nuevas técnicas de manejo agronómico están en estudio. En la tesis de Julio Vegoya se ensaya el sorgo en tres localidades: una en la vega (0-30% saturación de aluminio, en San Lorenzo), otra en el vegón (31%-60% de saturación de aluminio, en Tame), y otra en la sabana (60% y más de saturación de aluminio, en Grimonero). Allí se demuestra que al disminuir la distancia entre los surcos, puede haber un aumento de producción de grano por unidad de superficie. Este resultado es lógico dado que, especialmente en la sabana, el desarrollo de las plantas es limitado.

Arauca comparada con Meta

Los Cuadros 88 a 91 comparan dos regiones de los Llanos Orientales, Arauca y Meta; son dos ecosistemas totalmente diferentes. Meta es sabana bien drenada y Arauca es sabana mal drenada. Parecería más fácil trabajar en el Meta que en Arauca, especialmente en el segundo semestre cuando, por la baja infiltración de los suelos, buena parte de ellos se inunda. El cuadro 88 presenta el rendimiento del sorgo en el piedemonte llanero (La Libertad), en 1989B. Se trata de comparar luego seis genotipos que fueron evaluados en pruebas regionales en dos localidades (cuadro 89 y 90). Se halló que en 1988, cuando se compararon los genotipos en el Meta, IS 8577, IS 3071, Serere y MN 4508 rindieron más o menos lo mismo en todas las localidades (cuadro 89); en 1989, Serere superó a los otros cinco genotipos (2132 kg/ha), en la sabana, en cambio, donde el suelo es de nivel 3 clase A, MN 4508 fue el mejor genotipo en el lote del SIALL (Cuadro 91).

El Cuadro 90 presenta a IS 8931, IS 8933, IS 8577, IS 3071 y a los testigos Real 40 (Serere), y Real 60 (MN 4508). Serere fue el genotipo más estable a través del tiempo, aunque es importante resaltar que las producciones verdaderamente rentables se obtuvieron en el Meta en los primeros semestres.

Cuadro 87. **Diferencias comparativas entre los semestres A y B de 1989 en cuanto al promedio de rendimiento, la altura de planta , y los días a floración, en siete localidades (Alcaraván Nueva Sede, Raul Ruiz, Grimonero, San Lorenzo, La Antioqueña, Ismael Nuñez y Chicho Perez).**

VARIEDAD	Altura planta (cm)			Rendimiento (kg/ha)			Días a floración		
	A	B	DIF.	A	B	DIF.	A	B	DIF.
5 DX	214	137	77	2910.5	1886	1024.5	78.00	63.8	14.2
IS 7132	210	134	76	322.3	1904	1118.3			
IS 10336	206	144	62	2308.1	2044	264.1	75.00	64.3	10.7
IS 8577	216	143	73	2945.8	2378	567.8	78.50	63.6	14.9
Serere 1	190	121	69	2622.5	2182	440.5	78.50	57.0	11.5
IS 9636	200			5026.1			74.10		
IS 2765	231	139	92	2997.8	2563	434.8	78.60	64.6	14.1
IS 8959	223	137	86	3362.8	2258	1104.8	81.20	65.3	15.9
IS 9826	188	142	46	2505.5	2133	372.5	77.25	64.5	12.8
IS 9042	229	139	90	3354.8	2150	1204.8	76.50	65.8	10.7
IS 3071	222	144	78	3302.1	2270	1032.1	77.30	65.5	11.8
IS 9938	217	149	68	1998.5	1667	331.5	73.30	63.0	10.3
IS 9945	210	139	71	2716.5	1898	818.5	76.80	65.6	11.2
IS 8933	222	142	80	3092.6	2427	665.6	77.30	63.8	13.5
PPQ 2	160	115	45	1903.5	1708	195.5	72.00	63.3	8.7
IS 12152	219	145	74	2104.6	1688	416.6	72.00	66.5	5.5
IS 8996	213	142	71	3091.1	2203	888.1	77.90	64.9	13.0
IS 9084	208	141	67	2840.1	2053	787.1	80.00	65.0	15.0
IS 9109	218	145	73	1458.0	1871	-413.0	77.30	66.3	11.0
MN 4508	222	141	81	3190.1	2199	991.1	78.30	60.5	17.8
IS 7151	228	150	68	2685.1	2044	641.1	79.50	63.7	15.8
IS 3522	228	146	82	2668.3	1679	989.3	82.00	63.5	18.5
IS 6944	223	146	77	3099.8	2326	773.8	77.00	64.3	12.7
ICA Nataima	138	107	31	1271.7	1679	-403.3	76.00	59.1	16.9
IS 8931	213	133	80	2936.3	2242	694.3	79.80	64.1	15.7
DK 38	130								
NK 236	137	118	19		1845			58.9	
ICAIMA	128	117	11	2213.0	1898	315.0	70.60	89.5	-18.9
D-61	115	129	14	1593.0	2714	-1121.0	68.00	63.3	4.7
Savanna 5	146	134	12	3362.5	2979	383.5	60.70	61.3	-0.6
P 8187	138	136	2	3008.8	2016	992.8	63.90	60.7	3.2

Cuadro 88. Rendimiento promedio de las variedades evaluadas durante 1989B, en La Libertad

VARIEDAD	Rendimiento (kg/ha) en:			
	SIALL	UNILLANOS	LA LOMA	PROMEDIO
IS 7151		2.043	1.326	1.685
IS 9042		1.784	1.481	1.633
IS 2765	993	2.396	1.464	1.618
IS 8933	1.836	1.200	1.518	
Serere	1.197	1.514	1.356	
IS 3522	799	1.954	1.170	1.308
5 DX	818	1.839	1.190	1.282
PPQ 2	1.290	1.251	1.271	
IS 9084	895	1.671	1.244	1.270
MN 4508	1.254	1.254		
IS 9636	896	1.168	1.181	1.082
IS 8931	948	948		
IS 9945	933	937	935	
IS 9938	935	935		
IS 8577	920	920		
IS 3071	915	915		
IS 6944	908	908		
IS 9826	790	790		
Icaima	385	1.161	587	711

Cuadro 89. Comparación del rendimiento promedio, por localidad, de seis variedades que se evaluaron durante 1988 y 1989 en suelos de la sabana de Meta, en los Llanos Orientales.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) en 1988A				Rendimiento (kg/ha) en 1988B:				
	SIALL	PTO. SAN MARTIN COLOMBIA	LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	SIALL	PTO. SAN MARTIN COLOMBIA	LA LIBERTAD	PROMEDIO	
IS 8931	1.017	—	1.118	1.340	1.019	—	1.067	886	1.075
IS 8933	996	—	1.090	1.296	1.131	—	894	944	1.059
IS 8577	1.347	1.714	1.416	2.081	940	619	1.026	1.464	1.326
IS 3071	1.231	1.814	2.074	—	967	—	663	1.350	1.326
Serere	1.674	1.670	1.886	2.144	925	617	994	839	1.344
MN 4508	1.320	1.776	2.182	2.069	976	631	1.072	62	1.261

Variedad	Rendimiento (kg/ha) en 1988A				Rendimiento (kg/ha) en 1988B:				
	SIALL	PTO. SAN MARTIN COLOMBIA	LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	SIALL	PTO. SAN MARTIN COLOMBIA	LA LIBERTAD	PROMEDIO	
IS 8931	1.523	—	—	—	948	—	—	—	1.236
IS 8933	—	2.695	1.977	—	—	1.200	1.836	—	1.927
IS 8577	1.271	—	—	—	920	—	—	—	1.096
IS 3071	1.461	—	—	—	915	—	—	—	1.188
Serere	—	3.046	2.771	—	—	1.514	1.197	—	2.132
MN 4508	1.412	—	—	—	1.254	—	1.333	—	—

Cuadro 90. Comparación de rendimiento promedio, por localidad, de seis variedades evaluadas durante 1988 y 1989 en la sabana de Arauca, y en los Llanos Orientales. (a)

SABANA DE ARAUCA 1988 A		SAB. DE ARAUCA 1988 B		SABANA DE META 1988 A				SABANA DE META 1988 B					
VARIEDAD	L.A.	G.R.	L.A.	G.R.	SIALL	P.C.	S.M.	L.L.	SIALL	P.C.	L.A.	S.M.	PROM.
IS 8931	1.279		2.097		1.017	—	1.118	1.340	1.019	—	1.067	866	1.228
IS 8933	595		1.517		996	—	1.090	1.296	1.131	—	894	944	1.058
IS 8577	969		1.188		1.347	1.714	1.416	2.081	940	699	1.026	1.464	1.279
IS 3071	615		1.150		1.231	1.814	2.074	—	977	—	—	673	1.218
Serere	701		1.875		1.679	1.670	1.886	2.144	925	617	994	839	1.339
MN 4508	700		1.788		1.320	1.776	2.182	2.089	976	631	1.072	662	1.318

1989 A		1989 A				1989 B				1989 B		
VARIEDAD	A.R.	L.A.	L.A.	G.R.	SIALL	P.C.	S.M.	L.L.	SIALL	L.L.	U.L.	PROM.
IS 8931	1.085	1.270	524	1.085	967	1.513	—	—	948	—	—	1.056
IS 8933	1.735	493	224	1.070	1.267	—	2.695	1.977	—	1.200	1.836	1.389
IS 8577	1.574	1.174	514	1.648	700	1.271	—	—	920	—	—	1.257
IS 3071	1.971	1.284	1.018	1.817	741	1.461	—	—	915	—	—	1.315
Serere	1.342	495	318	666	965	—	3.046	2.741	—	1.514	1.197	1.480
MN 4508	1.533	1.235	228	769	1.043	1.412	—	—	1.254	—	—	1.067

a. En ARAUCA:

L.A. = LA ANTIOQUEÑA

G.R. = EL GRIMONERO

C.P. = CHICHO PEREZ

U.L. = UNILLANOS

En META:

P.C. = PUERTO COLOMBIA

S.M. = SAN MARTIN

L.L. = LA LIBERTAD

Cuadro 91. **Altura de planta y rendimiento en la vega y la sabana en localidades de Meta y Arauca**

VEGA DE ARAUCA			VEGA DE META	
VARIEDAD (cm)	ALTURA (kg/ha)	RENDIMIENTO	ALTURA (cm)	RENDIMIENTO (kg/ha)
MN 4508	206	3.716	167	3.852
Serere	173	3.277	186	3.089
IS 8577	204	3.464		
IS 8959	207	3.792		
IS 8933	209	3.845	207	2.695
IS 3071	209	3.712	222	2.991
IS 6944	211	3.769	229	3.060
IS 9084	201	3.425	173	3.369
IS 2765	211	3.615	201	2.950
IS 3522	209	3.039	212	2.866
IS 7151	213	3.213	212	2.738
IS 9042	208	3.675	215	3.148
5 DX	199	3.096	197	3.082
PPQ 2	147	2.529	166	2.516

Volcamiento de las plantas

Uno de los aspectos más importantes del cultivo del sorgo, que se manejará en el primer semestre, es el volcamiento. Como se ha reportado continuamente, la altura de planta de los genotipos de INTSORMIL tiene una correlación negativa con el aluminio, es decir, a mayor aluminio menor altura de la planta (Cuadro 92). En los suelos de vega, donde no hay aluminio o sólo trazas de este elemento, encontramos que MN 4508 (Real 60) supera los 240 cm de altura en el primer semestre. En condiciones similares de suelo, este mismo genotipo reduce su altura en más de 50 cm en el segundo semestre.

El volcamiento podría convertirse por tanto, en una limitante de la producción, que exige mayor interés, especialmente en el primer semestre.

El manejo limitado del nitrógeno será también uno de los aspectos de manejo más importantes; los técnicos agrícolas deberán enfatizar sus recomendaciones sobre este tema para poder cultivar con éxito el sorgo en el primer semestre.

Cuadro 92. **Altura y rendimiento del sorgo en los suelos de sabana de Arauca y Meta.**

VARIEDAD	Sabana en Arauca				Sabana en Meta			
	NIVEL 2 (35% -60%)		NIVEL 3 (61% - 90%)		NIVEL 2 (35% - 60%)		NIVEL 3 (61% - 90%)	
	REND. (ka/ha)	ALTURA (cm)	RENDIMIENTO (kg/ha)	ALTURA (cm)	RENDIMIENTO (kg/ha)	ALTURA (cm)	REND. (kg/ha)	ALT. (cm)
MN 4508							1.333	153
Serere	879	139	1.002	124	1.416	145		
IS 8577	1.330	126	586	115			1.271	144
IS 8959	1.544	134	1.411	127	2.128	189		
IS 8933	1.159	142	991	112				
IS 3071	979	134	782	119		940	137	
IS 6944	1.085	129	551	138	2.161	188	1.106	156
IS 9084	839	138	1.283	135	2.571	189	1.054	141
IS 2765	953	136	589	107	2.198	189	942	154
IS 3522	1.177	144	880	126	1.993	187		
IS 7151	435	137	901	129	2.167	195		
IS 9042	946	115	829	128	2.363	190	1.022	154
5 DX	1.227	139	1.371	133	1.896	155		
PPQ 2	1.550	194	1.154	115	963	117	805	107

REND. = Rendimiento



3

Ensayos Específicos en Arauca

A continuación se detallarán los ensayos específicos realizados en la vega de Arauca en 1989A:

1. Pruebas regionales con híbridos y variedades comerciales.
2. Paquete agronómico.
3. Establecimiento, selección y evaluación de las líneas segregantes que toleran el aluminio en Arauca.
4. Selección F5.
5. Selecciones F4 y F5.
6. Formación de poblaciones.
7. Formación del vivero tolerante a enfermedades.
8. Prueba de fertilización N-P-K en suelo de vega.
9. Rotación de cultivos.
10. Agricultura de sostenimiento.
11. Prueba de 50 líneas enanas en la vega; ensayos demostrativos.
12. Variedad Icaima.
13. Ensayos demostrativos (El Puente).

Pruebas Regionales con Híbridos y Variedades Comerciales

Considerando que los materiales del programa INTSORMIL no han sido desarrollados para suelos de vega, desde el primer semestre de trabajo en Arauca se evaluó el comportamiento de los híbridos comerciales en dicha intendencia.

Primero se evaluaron los híbridos recomendados por dos casas comerciales del Departamento del Valle, y dos líneas recomendadas por el programa de sorgo del ICA en Palmira.

En 1989, por recomendación de la reunión de evaluación del convenio ICA-CIAT-INTSORMIL de 1988, se incrementó el número de híbridos tanto para el semestre A como para el semestre B. FENALCE ha suministrado las semillas de los nuevos materiales.

Adaptabilidad de los híbridos comerciales de FENALCE

Los híbridos usados fueron:

Savanna-5, DK-38, D-61, NK-266, P-8187, e Icaima

Manejo Agronómico

Los híbridos comerciales son materiales desarrollados para una tecnología de altos insumos, que supone la utilización máxima de todos los insumos necesarios para una buena producción. Una síntesis del manejo dado a los tres lotes sembrados aparece en los cuadros 93 a 95.

Por las condiciones de Arauca, región donde no es tradicional la utilización de altos niveles de insumos, se decidió fertilizar los genotipos con el mismo nivel de 60- 60-60 kg/ha (N-P-K) que se recomendaba para los genotipos de INTSORMIL. En el primer semestre esta prueba se sembró cuando se había estabilizado el período lluvioso, el 15 de mayo. En el segundo semestre la siembra se hizo el 13 de octubre de 1989, fecha que sería tardía para la sabana. En la vega se puede ampliar un poco más la fecha límite de siembra; sin embargo, se recomienda probar varias épocas de siembras para híbridos bajo las condiciones de vega. Esta sería una prueba interesante que se recomienda realizar como parte del convenio con FENALCE.

Resultados sobresalientes

Hay un notorio efecto de localidad en los híbridos. Por ejemplo, Savanna 5 fue siempre el mejor híbrido en Raúl Ruiz. Asimismo, los híbridos comerciales variaban más al cambiar el semestre que los genotipos de INTSORMIL. En general, los híbridos producen más en el segundo semestre que en el primero.

Savanna 5 fue el híbrido que en promedio, produjo más tanto en el primer semestre como en el segundo (5683 y 6050 kg/ha respectivamente, Cuadro 96).

De los híbridos comerciales, Savanna 5 sufre menos enfermedades de la panoja que los otros híbridos. Icaima fue el genotipo que menos produjo en el primer semestre (2496 kg/ha); en el segundo semestre, en cambio, ocupó el segundo lugar en cuanto a producción. Este comportamiento puede deberse al fuerte ataque de las enfermedades, especialmente de *Cercospora* sp. y, en menor grado, a la antracnosis (*Colletotrichum graminicola*).

Cuadro 93. Resumen del manejo agronómico de seis híbridos comerciales de sorgo en la localidad Alfonso Reyes, en el semestre 1989A

Siembra:	Mayo 15 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 15 de 1989. Se aplicó Gesaprim (atrazina) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 20 de 1989.
Raleo:	Mayo 31 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Mayo 31 de 1989. 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, 26 g /surco de SPT, y 23 g/surco de sulfato de potasio.
Fertilización:	Junio 19 de 1989. 60 kg/ha de N equivalentes a 24.5 g/surco de urea.
Aplicación del insecticida:	Junio 28 de 1989. Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha.

Cuadro 94. Resumen del manejo agronómico de la prueba de adaptabilidad de seis híbridos de sorgo comerciales en la localidad El Alcavarán, Nueva Sede, en el semestre 1989A.

Siembra:	Mayo 12 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 13 de 1989. Se aplicó Gesaprim (atrazina) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 17 de 1989.
Raleo:	Mayo 26 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Mayo 27 de 1989. 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, 26g/surco de SPT, y 23 g/surco de sulfato de potasio.
Fertilización:	Junio 16 de 1989. 60 kg/ha de N equivalentes a 24.5 g/surco de urea.
Aplicación del insecticida:	Junio 17 y 20 de 1989. Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha.

Cuadro 95. Resumen del manejo agronómico de la prueba de adaptabilidad de seis híbridos comerciales de sorgo en la localidad Raúl Ruiz, en el semestre 1989A.

Siembra:	Mayo 17 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 22 de 1989. Se aplicó Gesaprim (atrazina) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 22 de 1989.
Raleo:	Junio 1 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Junio 1 de 1989. 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K, 20 kg/ha de N; 38g/surco de 10-30-10, y 16 g/surco de sulfato de potasio.
Aplicación del insecticida:	Junio 20 de 1989. Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha.
Fertilización:	Junio 21 de 1989. 40 kg/ha de N equivalentes a 16.3 g/surco de urea.

Cuadro 96. Rendimiento de seis híbridos comerciales en la localidad Raúl Ruiz, en el semestre 1989A.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)				
	I	II	III	IV	Promedio
Savanna 5	5382.5	5524.1	6411.5	5211.7	5682.5
P 8187	3145.3	5288.7			4217.0
DK 38	3584.8	5259.6	4561.8	3176.6	4145.7
NK 266	3084.9	2347.5	3982.7	2308.0	2930.8
D 61	2091.3	2208.0	2585.0	3437.0	2580.3
Icaima	2260.1	2728.7	2496.4		

Cuadro 97. Rendimiento de seis híbridos comerciales en la localidad Raúl Ruiz, en el semestre 1989B.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)				
	I	II	III	IV	Promedio
Sabana 5	7268.8	6064.7	6423.1	4455.1	6050.4
Icaima	4149.5	4403.7	5267.9	6169.6	5002.0
NK266	5643.5	4637.8	3768.2	3960.6	4502.5
DK38	5803.8	4461.4	3729.0	3798.8	4273.3
D 61	3513.2	3666.5	4103.7	4949.6	4058.3
P 8187	4805.1	2806.2	4433.5	2172.4	3554.3

Prueba de híbridos nuevos

Descripción de la localidad

En 1989B se decidió ampliar el número de híbridos evaluados en Arauca hasta un total de nueve. Entre ellos está NH 301 (testigo comercial del ICA) que servirá como testigo de comparación en las condiciones de la vega. Los híbridos P 8416, CL 603 y NH 301 se sembraron en dos localidades: en Raúl Ruiz, descrita anteriormente, y en La Pica. La Pica es un lote de vega muy bien drenado, con un suelo de excelentes condiciones tanto físicas como químicas; tiene aproximadamente 10 ha, y es representativo de una extensa área de la vega cercana a él.

El objetivo de esta prueba era recomendar, en cada localidad, los genotipos que mejor se adaptarían a las condiciones en que se realizaba el experimento. En Colombia se mantiene en secreto, generalmente, el rendimiento que obtengan los genotipos en las pruebas de eficiencia agronómica que realiza el ICA. En los ensayos de INTSORMIL, por principio, no se hacen recomendaciones, pero se permite a los agricultores que sigan la historia de cada genotipo, incluyendo el manejo que se le da en cada ensayo.

Manejo agronómico

Como se hizo con los materiales de las otras pruebas, éstos híbridos se manejaron con la tecnología de bajos

Cuadro 98. Prueba de híbridos nuevos Raúl Ruiz, en el semestre 1989B.

Híbrido	Rendimiento (kg/ha)				
	I	II	III	IV	Promedio
P 8416	5211.0	5177.3	4508.4	5777.8	5168.6
CL603	4820.0	5009.8	3568.6	6355.8	4938.4
NH 301	4789.9	4024.8	4013.5	4188.9	4254.3

Cuadro 99. Prueba de híbridos nuevos en La Pica, en el semestre 1989B.

Híbrido	Rendimiento (kg/ha)				
	I	II	III	IV	Promedio
CL 603	5962.4	7959.8	6305.4	6742.5	
NH 301	3053.7	5261.2	4461.0	5862.0	4959.5
P 8416	1994.1	4739.9	4433.9	5533.9	4150.5

insumos; se les aplicaron 60 kg/ha tanto de N como de P_2O_5 y de K_2O .

Se aplicó el herbicida atrazina (Gesaprim) en forma postemergente (300 ml por bomba). Por ser un lote nuevo, éste no presentó casi ningún problema con las malezas. Los insectos tampoco causaran problemas este semestre.

Resultados sobresalientes

En Raúl Ruiz, los dos híbridos comerciales P 8416 y CL 603 superaron al testigo NH 301. Es interesante señalar que P 8416 superó al híbrido P 8187 en la misma localidad y en igual semestre; este resultado señala aún más la importancia de evaluar exhaustivamente los genotipos en localidades específicas antes de recomendar alguno de ellos.

En La Pica, el mejor material fue CL 603, lo que indica la posible adaptación de este genotipo a este ecosistema.

Híbridos de DEKALB

Descripción del ensayo

Con DEKALB hubo oportunidad de intercambiar experiencias y de evaluar germoplasma en diferentes condiciones, gracias a la colaboración de Fernando Gaitán, M. Sc., y con la asesoría del Dr. Bruce Maunder.

En los Estados Unidos, las compañías comerciales envían a las universidades, o a sus estaciones experimentales, sus híbridos tanto comerciales como experimentales para que sean evaluados; éstos y los genotipos de otras casas comerciales, se evalúan como un conjunto de materiales. Las casas comerciales pagan a los investigadores por esta actividad, lo que aumenta el presupuesto de investigación de los científicos. Gran parte de la investigación agrícola se realiza en las universidades, sin menoscabo de la investigación privada. En los países en que el desarrollo tecnológico está en "despegue", los centros de investigación

se convierten en fuente de apoyo y en complemento de la investigación privada, cuyo desarrollo controlan sin obstaculizarlo.

Manejo agronómico

Estos genotipos se sembraron según un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, según el plano que nos suministró la compañía. Se fertilizó, como en las otras pruebas según la tecnología de bajos insumos; se aplicaron 60 kg/ha tanto de N como de P_2O_5 , y de K_2O (Cuadros 100 y 101). No hubo ataque de plagas, aunque se presentó una alta incidencia de los hongos de la panoja.

Resultados Sobresalientes

Los híbridos son genotipos de alta capacidad de producción y, en general, toleran mejor el déficit de agua que el maíz y el arroz. Han sido desarrollados según los criterios de Texas A & M; por ellos son de porte bajo, parejos, y bien rectos, y fáciles de manejar. Los rendimientos obtenidos en el lote Raúl Ruíz aparecen en el Cuadro 102.

El sorgo se siembra generalmente en condiciones de baja humedad relativa o en los segundos semestre, por ello, los mejoradores no han dado suficiente énfasis al problema de los hongos del grano. La mayoría de los materiales no toleran las enfermedades de la panoja, lo que se convierte en la primera limitante de la producción, cuando los porcentajes de humedad relativa superan el 80%. Puesto que uno de los principios del programa es no aplicar ningún fungicida, la tolerancia del sorgo a las enfermedades debe ser genética. Por cual razón aunque los híbridos produzcan mucho, debe considerarse el factor hongo de la panoja antes de decidir si se sembrará un híbrido o una variedad.

Cuadro 100. Resumen del manejo agronómico de la prueba de diez híbridos de sorgo de DEKALB en la localidad Raúl Ruíz, en el semestre 1989A.

Siembra:	Mayo 17 de 1989.
Aplicación de herbicida:	Mayo 22 de 1989. Se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 22 de 1989.
Raleo:	Junio 1 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Junio 1 de 1989. 60 kg/ha de P_2O_5 , 60 kg/ha de K_2O , y 20 kg/ha de N. 38 g/surco de 10-30-10, y 23 g/surco desulfatode potasio.
Aplicación del Insecticida:	Junio 20 de 1989. Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha.
Fertilización:	Junio 21 de 1989. 40 kg/ha de N, equivalentes a 16.3 g/surco de urea.

Paquete agronómico

Los resultados de la investigación no son iguales en el primero y en el segundo semestres; por consiguiente, la mayoría de la investigación sobre agronomía se ha realizado en el segundo semestre.

Algunas prácticas de manejo se han incluido en el paquete. Por ejemplo los surcos para el segundo semestre, que son también adecuados en el primer semestre.

Densidades de siembra

Se hizo un estudio de sistemas y densidades de siembra del sorgo, en suelos que tenían tres niveles de saturación de aluminio, en Arauca.

El sorgo granífero se siembra generalmente en surcos espaciados 50 y 60 cm, y en densidades muy altas, entre 250 y 450 mil plantas por hectárea. La tasa de siembra de 15 kg/ha es la más común. El sorgo se cultiva, casi siempre, sin riego; sin embargo, la irrigación se usa cuando está disponible y el nivel de tecnificación lo permite. Las altas tasas de siembra tienen un factor de riesgo más alto debido a los períodos de sequía. Se prefieren los híbridos y variedades más altos que los sembrados en Estados Unidos porque así disminuyen el crecimiento de las malezas.

Este ensayo estuvo a cargo de Julio Vigoya, estudiante de la Universidad Tecnológica de los Llanos.

Cuadro 101. **Resumen de manejo agronómico de la prueba de híbridos de sorgo de DEKALB en la localidad El Alcavarán Nueva Sede, en el semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 12 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 13 de 1989. Se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 18 de 1989.
Raleo:	Mayo 27 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Mayo 27 de 1989. 60 kg/ha de P ₂ O ₅ , 60 kg/ha de K ₂ O. 26g/surco de SPT y 23 g/surco de sulfato de potasio.
Fertilización:	Junio 16 de 1989. 60 kg/ha de N equivalentes a

Cuadro 102. **Diez híbridos DEKALB en la localidad de Raúl Ruiz, en el semestre 1989A.**

Híbrido	Rendimiento (kg/ha)			
	I	II	III	Promedio
DEKALB 003	5980.3	3691.1	1210.2	3627.2
DK 38 (002)	3278.6	4572.2	2505.8	3452.2
DEKALB 008	768.6	3980.6	4486.8	3078.7
DEKALB 006	3020.3	5009.6	402.0	2877.3
ICAIMA (103)	4324.3	491.6	1778.9	2198.3
DEKALB 004	3495.3	958.2	2135.1	2197.2
DEKALB 007	2635.0	3041.2	537.4	2071.2
DEKALB 001	1472.7	524.9	4078.5	2025.4
D 61 (001)	3276.6	570.7	991.5	1612.9
DEKALB 013	606.2	2322.5	1391.4	1440.0

Selección y Evaluación de Líneas Segregantes con Tolerancia al Aluminio en Arauca

Para superar las limitantes de la producción de sorgo en Arauca, y como una manera de fortalecer la investigación de sorgo en Colombia, se ha implementado un programa de mejoramiento genético de ese cereal en Arauca. Todas las fuentes de las cuales se han seleccionado, o han segregado, materiales han sido enviadas a Arauca y a La Libertad por el proyecto INTSORMIL MS 104 dirigido por el Dr. L. Gourley, y por el proyecto MS 111, dirigido por el Dr. Guillermo Muñoz.

Metodología

La historia de la metodología aplicada en el mejoramiento de las líneas segregantes tolerantes al aluminio, de 1988 a 1989, es el siguiente:

F3, 1987B. Siembra en el CIAT. Se seleccionaron cuatro panojas por surco. Dos grupos de semillas se enviaron a ICA La Libertad, y dos grupos de semillas a la granja El Alcaraván.

F4, 1988A. Se sembraron en La Antioqueña 1000 surcos de 500 líneas segregantes. Se seleccionaron 108 panojas. Durante el primer semestre de 1988 se establecieron 1000 líneas F4 procedentes de cruces en los que IS 8577, IS 7173, IS 8931, IS 3071, IS 6944, IS 9084 y MN 4508 fueron usados como padres. MS SUD2, TX-623, TX-430 y NB-9040 se usaron como madres.

Los padres fueron seleccionados por su alta tolerancia al aluminio. Las madres se seleccionaron por sus excelentes características agronómicas y por su gran habilidad combinatoria general.

F5, 1988B. Se sembró el grano de las 108 panojas, y se formaron tres viveros según número de días a floración en La Antioqueña. Vivero 1: 112 panojas; Vivero 2: 211 panojas; Vivero 3: 16 panojas.

F6, 1989A. Usando las selecciones de cada vivero, se separó la semilla en cuatro partes iguales; 1/4 se envió a La Libertad, 1/4 se sembró en La Antioqueña, 1/4 se sembró en suelo de vega, y el resto quedó como reserva.

En 1989 se decidió sembrar las selecciones tanto en la vega como en la sabana con dos objetivos:

- Permitir la máxima expresión del genotipo de rendimiento de las líneas seleccionadas.

- Observar la máxima altura que podrían alcanzar estos genotipos, con el fin de seleccionar en contra de este carácter.

El factor altura, en respuesta a los gustos de los agricultores, se considera un carácter fundamental a la hora de liberar un material. El principal defecto que presentó la primera generación fue la excesiva altura de sus plantas, sobre todo en el primer semestre. Para mejorar esta característica agronómica, se buscaron las condiciones en que se presentaba un máximo de la interacción genotipo x ambiente respecto a este carácter, con el fin de que las futuras selecciones tengan plantas de altura inferior a los 180 cm.

Nuestro genotipo ideal es una planta con los siguientes caracteres:

- Rendimiento de 3.5 t/ha en el nivel 3, clase B.
- Altura inferior a los 180 cm.
- Tolerante a enfermedades de la panoja.
- Panoja semiabierta.
- Días a floración: menos de 65.
- Buena excursión (mayor de 5 cm).
- La mayoría de las hojas brotan en la parte baja de la planta y están bien distribuidas.
- Sistema radical bien desarrollado.
- No sufre volcamiento.

Ensayos en la sabana

Ensayo F7, 1989B

Las líneas de La Antioqueña no fructificaron porque una piara de cerdos destruyó el campo. Sin embargo, se hicieron algunas selecciones en un lote nuevo situado en sabana virgen, denominado Chicho Pérez; este lote tiene una saturación de aluminio superior al 50%. En él no se observó ningún material sobresaliente.

Ensayos en la vega

Todas las selecciones que se sembraron en la sabana se sembraron también en la vega (como repeticiones), lo que permitió evaluar y comparar las plantas según los estrictos criterios de selección con que se hace este trabajo, sobre todo el de altura de planta. Se busca, en efecto, un genotipo similar, en el porte de la planta, al de los híbridos. Por ejemplo, las plantas del híbrido NK 266 son de excelente porte. Sobre estas selecciones se escogieron 50 genotipos tempranos y de porte bajo, los cuales se sembraron en 1989 en El Alcaraván Nueva Sede (vega) y en Chicho Pérez (sabana), y en un ensayo de rendimiento. El resto de las selecciones F7 continúan en evaluación en el lote de la Nueva Sede.

Poblaciones segregantes F2

En el semestre 1987B, semilla F1 de sorgo fue enviada de Estados Unidos a Colombia por el proyecto MS 104, y fue remitida a ICA La Libertad.

F2, 1988A. Doce poblaciones F2, con repeticiones, se enviaron de nuevo a ICA La Libertad y a El Alcaraván (Arauca).

F2, 1988B. Todas las poblaciones se sembraron en La Antioqueña, Arauca, que tiene 60% de saturación de Al. Se dividieron en cuatro partes: un cuarto se envió a La Libertad. Cada población fue cosechada masalmente (bulk), y se formaron dos viveros: vivero 1, temprano; vivero 2, tardío.

F3, 1989A. Las poblaciones segregantes fueron sembradas en suelo de vega, en San Lorenzo, Arauca. En esta localidad se seleccionó en contra de la altura de la planta, con la intención de disminuir este carácter en las futuras generaciones. Se cosechó de nuevo en forma masal (bulk), y se procuró mantener los viveros 1 y 2. Lamentablemente, los materiales más tempranos se quemaron en un fuego accidental que ocurrió en el laboratorio.

F4, 1989B. La selección masal cosechada en la vega (San Lorenzo) se dividió en dos partes iguales: la mitad se sembró en suelo de vega en El Alcaraván Nueva Sede, y la otra mitad se sembró en suelo de sabana de nivel 2 en Chicho Pérez.

Evaluación de la primera generación

Partiendo de los resultados obtenidos en Arauca, se incorporaron seis testigos comerciales (cuatro híbridos y dos variedades) con el fin de comparar, dentro del mismo diseño estadístico, las líneas de la primera generación con híbridos y variedades comerciales (ICA-Nataima e Icaima); el objetivo era cotejar su producción en forma simultánea. Aunque los genotipos de INTSORMIL no fueron desarrollados para suelos de vega, produjeron allí más que los materiales comerciales en 1988.

En una región nueva, como es Arauca para el sorgo, los estereotipos tradicionales pueden estar sujetos a cambios; éste ha sido uno de los principios de la investigación que se ha hecho en este proyecto.

Selecciones F4 y F5

Estas selecciones fueron sembradas en El Alcaraván Nueva Sede, habiendo utilizado el sistema de mejoramiento de selección por pedigrí en Grimonero y Chicho Pérez. Se les dio el manejo indicado en el Cuadro 103.

Cuadro 103. Resumen del manejo agronómico dado a las poblaciones F4 sometidas a selección en la localidad El Alcaraván Nueva Sede, en el semestre 1989A.

Siembra:	Mayo 15 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 15 de 1989. Se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 19 de 1989.
Raleo:	Mayo 27 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Mayo 29 de 1989. 60 kg/ha de P y 60 kg/ha de K; 26g/surco de SPT y 23 g/surco de sulfato de potasio.
Fertilización:	Junio 16 de 1989. 60 kg/ha de N equivalente a 24.5 g/surco de urea.
Aplicación del Insecticida:	Junio 17 y 20 de 1989. Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha.

Criterios de selección.

Se ha querido disminuir ostensiblemente el número de selecciones con que se trabaja. El objetivo inicial fue 300 selecciones. Se busca obtener genotipos cuya altura no pase de 170 cm, con un período corto de días de floración, con alta capacidad de rendimiento, y que tengan entre 10 y 13 hojas, uniformemente distribuidas en toda la planta, de manera que disminuyan hacia la panoja. Esta debe estar bien excerta y libre de enfermedades.

En general, las líneas de sorgo blanco presentaron menor porcentaje de enfermedades en las hojas que las de sorgo café. Los blancos no fueron muy afectados por hongos en la panoja mientras el clima estuvo seco; una vez empezó a llover, la calidad del grano disminuyó ostensiblemente; por consiguiente, el sorgo blanco puede ser una alternativa para el semestre B. Aunque, en teoría, los sorgos blancos debieron ser más atacados por los pájaros por la ausencia de taninos en el grano, no se observó diferencia, en el nivel del daño encontrado, entre ellos y los sorgos con taninos.

La mayor parte del sorgo granífero producido es de las variedades o híbridos que tienen alto contenido de taninos y son resistentes a las aves.

La depredación del grano por las muchas y diferentes especies de aves del área es un factor importante del cultivo; no obstante, se prefieren los tipos de semilla de color marrón por su tolerancia a la intemperización del grano y a la germinación anticipada de la panoja. Se observan campos sembrados con híbridos no resistentes a los pájaros a medida que aumenta la demanda por estos tipos de sorgo, más eficientes en la producción de alimentos para aves. La siembra sincronizada de estos genotipos debe estudiarse de nuevo, pensando tanto en las lluvias como en la coincidencia con otros cultivos de sorgo.

Cuadro 104. **Resumen del manejo agronómico dado a las poblaciones F3 seleccionadas en la localidad de San Lorenzo, Alfonso Reyes, en el semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 15 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 15 de 1989. Se aplicó Atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 lt/ha.
Germinación:	Mayo 20 de 1989.
Raleo:	Mayo 31 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Mayo 31 de 1989. 60 kg/ha de P y 60 kg/ha de K. 26 g /surco de SPT y 23 g/surco de sulfato de potasio.
Fertilización:	Junio 19 de 1989. 60 kg/ha de N equivalentes a 24.5 g/surco de urea.
Aplicación del insecticida:	Junio 28 de 1989. Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 lt/ha.

Selecciones F3

En la localidad San Lorenzo, en 1989A, se sembraron los siguientes ensayos:

Alfonso Reyes

Se sembró una prueba de híbridos comerciales de sorgo; una prueba de variedades de arroz; y líneas segregantes provenientes de 19 poblaciones F3 de INTSORMIL MS 104, en 59 surcos, que originalmente habían sido sembradas en La Antioqueña, en la F2.

Esta localidad tiene suelos de vega. Se decidió segregar aquí 1/4 de la semilla de las poblaciones F3 que originalmente se habían segregado en La Antioqueña. Se sembraron estos materiales en suelos neutros para observar cómo aumentaba la altura de la planta, para evaluar el potencial genético de producción de grano en un suelo sin estrés. Se hicieron tres selecciones en este germoplasma. La primera, en los tipos más tempranos y de menor altura; desafortunadamente, se perdió en el incendio. La segunda, también en materiales bajos y de buena capacidad de rendimiento; lamentablemente, se hizo en materiales más tardíos y con menor tolerancia a las enfermedades. La tercera selección se hizo sobre el resto del material. El manejo dado a estas poblaciones se resume en el Cuadro 104.

Si se encontraran en el segundo semestre las mismas selecciones hechas en este primer semestre, habrá excelentes materiales F3 para este tipo de suelos. Puede suponerse que los progenitores usados les han dado un sistema radical muy fuerte, lo que implicaría una gran adaptabilidad de esos materiales.

El Alcaraván (Nueva Sede)

En el semestre 1989B, los materiales originalmente seleccionados en San Lorenzo fueron trillados y mezclados masalmente (bulk) por población. Se decidió sembrar en la nueva sede un tercio de la semilla cosechada por población, en surcos separados entre sí 60 cm y de 5 m de largo. Se fertilizaron con la dosis estándar de 60-60-60 (N-P-K) y no se raleó (Cuadro 105). En enero de 1990, se seleccionaron los mejores materiales según la altura de las plantas, que no fue superior a 170 cm (no se seleccionaron plantas enanas), según la densidad de la panoja semiabierta y libre de hongos, y según una adecuada distribución de hojas a lo largo de un tallo grueso. A partir de esta generación se seguirá el método de pedigrí. Se seleccionaron sorgos blancos que podrán ser de utilidad en zonas donde la humedad relativa es baja. Los sorgos blancos seleccionados presentan menos enfermedades en las hojas que los demás genotipos, pero los hongos en la panoja persisten, presumiblemente por la falta de compuestos fenólicos del grano.

En general, los genotipos exhibieron buena capacidad de producción. Se hicieron, en total, 1200 selecciones, las cuales se sembrarán de nuevo en los suelos de vega.

El objetivo final de este proyecto es desarrollar un genotipo que satisfaga las necesidades de los agricultores de Arauca, y que supere a los testigos comerciales que el ICA ha liberado en Nataima.

Formación de Poblaciones

Con los materiales segregantes se formaron 15 poblaciones; se dio en ellas especial énfasis a la uniformidad en la altura de planta, a la tolerancia a las enfermedades de la panoja, y a los días de floración con el mismo color de grano. Aunque este método no es muy usado, puede obtenerse alguna ventaja de la variabilidad genética, buscando encontrar especialmente tolerancia a las enfermedades y a un rango

Cuadro 105. Resumen del manejo agronómico dado a las pruebas de selección F4 y F5 en la localidad el Alcaraván Nueva Sede, en el semestre 1989A.

Siembra:	Mayo 13 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 13 de 1989 se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 l/ha.
Germinación:	Mayo 19 de 1989
Fertilización:	Mayo 29 de 1989.
Fertilización:	Junio 16 60 kg/ha de N, equivalentes a 245 g/surco de urea.
Aplicación del insecticida:	Junio 17 y 20 Se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1.75 l/ha.

mayor de adaptación, dada la inestabilidad del clima de Arauca.

Estas poblaciones han sido nombradas como indica el siguiente cuadro:

Nombre		Cantidad de semilla existente (g)
El Alcaraván	1	889
El Alcaraván	2	442
El Alcaraván	3	391
El Alcaraván	4	736
El Alcaraván	5	400
El Alcaraván	6	760
El Alcaraván	7	—
El Alcaraván	8	685
El Alcaraván	9	469
El Alcaraván	10	380
El Alcaraván	11	806
El Alcaraván	12	262
El Alcaraván	13	262
El Alcaraván	14	372
El Alcaraván	15	—

Otros Ensayos

Vivero de tolerancia a enfermedades

Uno de los mayores problemas de la producción de sorgo en condiciones de alta humedad relativa, como en Arauca o en los Llanos Orientales, son los hongos de la panoja. Todos los híbridos comerciales e Icaima tienen este problema, que se convierte en una limitación si estos materiales se usan para la producción de sorgo en el primer semestre, especialmente, bajo condiciones de alta humedad relativa.

Así mismo, cuando se ha seleccionado para reducir altura de la planta, muchos de los genotipos escogidos han resultado susceptibles a este grupo de patógenos.

Se decidió por tanto seleccionar un vivero especial, cuyo principal objetivo sea mantener el germoplasma tolerante a los hongos de la panoja. Este vivero tiene 200 entradas.

Prueba de fertilización con N-P-K en la vega

En 1989A se sembró, por primera vez, una prueba de fertilización con N-P-K en la vega, empleando seis genotipos

de INTSORMIL. Se buscaba comparar la respuesta de estos materiales a los niveles altos de fertilización. (Cuadros 106 a 109). Como era de esperarse, los genotipos que recibieron tratamientos altos de nitrógeno superaron los 2 m de altura, pero ninguna planta sufrió volcamiento. La prueba estaba localizada en la parte baja del lote; debe esperarse por ello que el exceso de agua haya influido en los tratamientos.

Cuadro 106. **Mejores tratamientos de fertilización para las variedades de sorgo en los suelos de vega, en Arauca, en 1989B.**

VARIEDAD	TRATAMIENTO (N-P-K, kg/ha)	RENDIMIENTO (kg/ha)
PPQ-2	30-90-50	3982
Serere	60-0-50	4487
3071	90-90-50	4887
4508	60-0-50	5577
6944	90-90-50	4215
8577	90-90-50	4787

Cuadro 107. **Peores tratamientos de fertilización para las variedades de sorgo en los suelos de vega, en Arauca, 1989B.**

VARIEDAD	TRATAMIENTO (N-P-K, kg/ha)	RENDIMIENTO (kg/ha)
PPQ-2	0-60-50	2570
Serere	0-60-50	2135
3071	0-30-50	2259
4508	0-90-50	3279
6944	60-00-50	2597
8577	0-60-50	2669

Cuadro 108. Efecto del tratamiento con fósforo en algunas variedades de sorgo sembradas en suelos de vega, en Arauca, 1989B.

VARIEDAD	FOSFORO (kg/ha)	RENDIMIENTO (kg/ha)
PPQ-2	90	3649
	60	3248
	30	2895
	0	2861
Serere	30	3711
	0	3655
	90	3262
	60	3186
3071	90	3638
	30	3608
	60	3403
	0	3061
4508	0	4726
	60	4380
	90	3901
	30	3679
6944	30	3802
	90	3741
	60	3397
	0	3244
8577	0	4158
	90	4139
	30	3761
	60	3601

Cuadro 109. Efecto del tratamiento con nitrógeno en algunas variedades de sorgo sembradas en suelos de vega, en Arauca, 1989B.

VARIEDAD	NITROGENO (kg/ha)	RENDIMIENTO (kg/ha)
PPQ-2	30	3471
	90	3282
	60	3255
	0	2644
Serere	30	3780
	90	3651
	60	3600
	0	2782
3071	90	4122
	30	3686
	60	3274
	0	2627
4508	60	4502
	90	4397
	0	3972
	30	3815
6944	90	4016
	30	3561
	60	3322
	0	3285
8577	90	4335
	30	4195
	60	3837
	0	3293

Cuadro 110. Efecto de 16 tratamientos de fertilización con N-P-K en seis variedades de sorgo sembradas en suelos de vega, en Arauca, 1989B.

	Rendimiento (kg/ha) con tratamiento:															
	0-0-50	0-60-50	30-0-50	30-60-50	60-0-50	60-60-50	90-0-50	90-60-50	0-30-50	0-90-50	30-30-50	30-90-50	60-30-50	60-90-50	90-30-50	90-90-50
PPQ-2	2636	2605	2570	2765	3004	2923	3977	3982	3065	2923	3050	3981	2741	3128	3394	3867
Serere	2793	3694	2135	2507	3959	3646	4282	3234	4487	3685	2896	3333	3381	3817	2333	3974
IS 3071	2482	2259	3066	2701	3219	3837	3950	3739	3498	3810	2562	3226	3044	4525	4032	4887
MN 4508	4019	3357	5239	3274	4611	3379	3675	3596	5577	4365	4675	3391	4696	3616	3932	5342
IS 6944	3279	3932	2808	3123	3020	3676	3672	3875	2597	3632	3312	3748	4081	3970	3796	4215
IS 8577	4089	3397	2669	3018	4527	3185	4566	4501	3693	3714	3691	4251	4322	4750	3480	4787

Tres genotipos IS 3071, IS 6944, e IS 8577, arrojaron la máxima producción con el nivel más alto de fertilización aplicado, es decir, 90-90-50 (Cuadro 110). Dos genotipos, Serere-1 y MN 4508, presentaron su máximo rendimiento en 60-0-50. PPQ-2 fue el único genotipo evaluado que dio su mayor producción con niveles altos de fósforo y niveles bajos de nitrógeno; el mejor tratamiento fue 30-90-50. Considerando que este experimento se realizó en un suelo de vega, puede decirse que PPQ-2 necesita altos niveles de fertilización fosfórica. El promedio de la prueba aparece en el Cuadro 111.

Cuadro 111. **Promedio de rendimiento de todos los niveles de fertilización en la prueba de vega en Arauca, 1989B.**

Variedad	Rendimiento promedio (kg/ha)
MN 4508	4172.0
8577	3915.4
6944	3546.7
Serere 1	3454.0
3071	3427.8
PPQ-2	3163.7

Rotación de cultivos

La rotación del sorgo y la soya es muy popular en algunas regiones de América Latina. El beneficio que da al sorgo el nitrógeno acumulado por la soya es solamente una de las razones por las cuales se aprecia esta rotación. El aceite de cocina obtenido del grano de soya tiene una demanda alta, y la torta de soya, de alto contenido de proteína, se usa para equilibrar el sorgo granífero en las raciones para aves. El mismo equipo agrícola se usa para sembrar, cultivar y cosechar ambos cultivos lo que reduce aún más los costos de producción. Además, la soya puede mejorar las condiciones del suelo.

Una rotación muy inusual, si se puede llamar así, es la de sorgo granífero después de 4 ó 5 cosechas de caña de azúcar. Las cooperativas productoras de caña de azúcar poseen la

mayoría de las tierras fértiles en la América tropical, donde la caña se corta y procesa todo el año. Entre el último corte de caña y el restablecimiento de la nueva plantación, se siembra frecuentemente el sorgo para reducir los residuos de fertilizantes aplicados al suelo por los ingenios. El rendimiento de grano es bajo porque se aplican pocos insumos. Este cultivo de sorgo de rotación beneficia probablemente el futuro cultivo de caña de azúcar porque reduce las malezas, los insectos y los patógenos.

Otra rotación de cultivos muy popular en las regiones donde hay un abastecimiento adecuado del agua es la del sorgo granífero con el arroz en fangueo o en secano. El sorgo hace un buen trabajo en estas rotaciones, ya que los productores de arroz han encontrado que el cultivo en seco del sorgo reduce las malezas en el cultivo del arroz. La mayor dificultad de esta rotación es que el arroz crece muy bien en suelos ácidos mientras que las variedades de sorgo disponibles comercialmente requieren la aplicación adicional de cal para reducir la toxicidad del aluminio. La inundación que acompaña el fangueo neutraliza temporalmente el efecto de la toxicidad de aluminio, y permite así el cultivo del arroz. Algunos proyectos de mejoramiento de arroz del CIAT, dirigidos por el Dr. Surapong Sarkarung, han desarrollado líneas, como la línea 6, cuya producción promedio en los suelos de la sabana virgen es de 3 t/ha.

Otra asociación novedosa es la de arroz, pastos y una leguminosa que se siembran simultáneamente en suelos ácidos. El objetivo es establecer pastos en las sabanas aprovechando el valor de la cosecha del arroz y los beneficios de la fertilización de este cultivo.

Líneas enanas en la vega

Esta prueba se realizó en El Alcaraván vieja sede, con el fin de evaluar la capacidad de rendimiento de algunas selecciones; se usaron como testigos Serere 1 (Shorghica Real 40) y PPQ-2. De los 50 genotipos evaluados sólo dos superaron a los testigos, a saber: la selección 6, que produjo 2653 kg/ha, y la selección 30, que dio 2627 kg/ha. Los testigos mencionados produjeron 2561 y 1685 kg/ha, respectivamente (Cuadro 112). El mayor valor de los genotipos probados radica en que se ha pretendido disminuir la altura de los genotipos de la primera generación de INTSORMIL. Muchos de estos genotipos presentaron poblaciones muy bajas, razón por la cual el ensayo deberá repetirse.

Cuadro 112. **Prueba de 50 líneas enanas en El Alcaraván, vieja sede. Semestre 1989B.**

LINEA	RENDIMIENTO (kg/ha)	LINEA	RENDIMIENTO (kg/ha)
1	884	26	1803
2	934	27	1381
3	1469	28	799
4	1176	29	1388
5	1142	30	2627
6	2653	31	963
7	1964	32	1299
8	1605	33	803
9	1825	34	1427
10	1505	35	1682
11	1527	36	855
12	365	37	1314
13	2006	38	1571
14	1077	39	298
15	1869	40	821
16	1246	41	1410
17	2089	42	1689
18	1941	43	1025
19	1582	44	899
20	1482	45	1890
21	1841	46	858
22	1885	47	621
23	2230	48	1886
24	1989	Serere 1	2561
25	2184	PPQ - 2	1685

Variedad Icaima

Icaima demostró ser una excelente variedad bajo las condiciones de Arauca y siempre superó a ICA Nataima en todas las pruebas en que se evaluaron simultáneamente. Sin embargo, un altísimo porcentaje de su área foliar estaba afectado, presumiblemente por causa de antracnosis y de Cercospora. En suelos de vega presentó daño a nivel de la panoja.

Es una variedad con buen porte agronómico. Cuando se sembró en suelos ácidos su producción fue cero. Esta variedad debe ser más evaluada en un futuro y debe desarrollarse su paquete agronómico para la zona. En muchos casos fue superada en producción por los híbridos comerciales, como era de esperarse. Cuando el suelo presentó inundación, la variedad se vio altamente afectada.

Agricultura de Sostenimiento

Se puede definir la agricultura de sostenimiento como el sistema en que se obtiene una producción agrícola económicamente rentable sin menoscabo de las condiciones

agroecológicas donde se desarrollan los cultivos, o mejorando las condiciones ambientales a través del tiempo. La agricultura de sostenimiento es un concepto de manejo integral, en el cual la protección del ecosistema, incluyendo también al hombre, es el punto de partida de las decisiones de producción.

La aproximación más sencilla a este concepto es el mejoramiento genético, que incorpora en la semilla el máximo número de genes positivos que facilitarán la producción de un cultivo en un ambiente hostil. En otras palabras, se trata de adaptar la planta a las características del ambiente y no al contrario. INTSORMIL se ha unido a este trabajo de mejoramiento en América Latina evaluando el germoplasma de sorgo de la colección mundial que esté adaptado a altos niveles de saturación de aluminio.

Una vez desarrollada en la planta la tolerancia genética, según las necesidades de cada zona, el siguiente paso consiste en encontrar una tecnología que permita obtener la producción económica sin menoscabo del ambiente o aun mejorándolo. El problema es complejo, porque debe evaluarse no sólo el efecto directo del manejo en el cultivo, sino también el contorno ecológico. Este incluye un factor social: las comunidades a las que afectará la adopción de la nueva tecnología.

El fitomejorador, a la hora de liberar un genotipo, no debe pensar en la variedad que produzca más grano en un ambiente bueno, sino en la variedad que menos cambie a través del tiempo, sobre todo si ella debe enfrentarse a factores de producción limitantes. Los cambios tecnológicos orientados hacia la agricultura de sostenimiento implican, en muchos casos, una reducción en los costos de producción actuales. Esos cambios no deben crear un desequilibrio ecológico entre las especies que forman un ecosistema.

En ciertos casos, lo que habrá que cambiar es la mentalidad de producción. Por ejemplo, cuando se cultiva sorgo para grano, se aprovechan 4 t/ha de grano, pero se desperdician 80 t/ha de materia verde, que podrían ser más rentables que el mismo grano.

La adopción de nuevas técnicas de manejo, por ejemplo, los métodos nuevos de preparación del suelo o la incorporación de leguminosas al suelo como una forma de mejorar las condiciones físicas de éste, serán opciones que se probarán dentro del nuevo concepto de producción sostenible. El control biológico, una forma más eficiente de dar protección sanitaria a los cultivos, deberá evaluarse cada vez con mayor detenimiento.

La calidad nutritiva y el uso eficiente de los cultivos anuales son factores que debemos evaluar más cuidadosamente. Es mejor, generalmente producir un poco menos de grano, pero

de mayor digestibilidad, que grandes cantidades que beneficien poco la dieta de los animales.

Los servicios de extensión agrícola deberán reenfocar sus objetivos. Por ejemplo, el problema del frijol no es obtener altas producciones, sino satisfacer los requisitos muy específicos de calidad del grano que exige el ama de casa. Los comedores escolares serían, por su parte, una forma de reeducar los gustos de la futura población, si se conocen allí de antemano las características que el fitomejorador podrá manejar para elevar la producción ampliamente.

La agricultura de sostenimiento se considera uno de los objetivos fundamentales del programa MS-111 de INTSORMIL. El programa de suelos ácidos pretende desarrollar variedades de sorgo tolerantes al aluminio, y un paquete tecnológico que mejore la calidad física y química del suelo a largo plazo. Los experimentos que, a corto y largo plazo, están en ejecución, son los siguientes:

1. Siembra de leguminosas como alternativa para el control de malezas y como fuente de nitrógeno.
2. Estudio de densidades de siembra.
3. Manejo de la fertilización con N-P-K.
4. Manejo de los elementos menores aplicados al suelo o al follaje.
5. Control biológico para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (cogollero).

En 1989, en cooperación con el Dr. Surapong Sarkerung y con el Dr. Ignacio Sáenz, se utilizará el sorgo en el proyecto de establecimiento de praderas como cultivo comercial, en el área de Villavicencio.

INTSORMIL trabaja adecuadamente en todas las actividades relacionadas con la agricultura de sostenimiento que el CIAT considere pertinentes. Se reconoce y aprecia la cooperación que se desarrolla entre las dos instituciones. En la actualidad, ambas planean trabajar en Carimagua en el establecimiento de pasturas y sorgo.

El programa ha trabajado en agricultura sostenible haciendo mejoramiento genético. Ha desarrollado, en efecto, variedades e híbridos tolerantes a diferentes niveles de saturación de aluminio (0-30%, 31-60%, y 61-90% de saturación de aluminio). Se pretende incorporar la sabana ácida en los sistemas productivos de los diferentes países productores de sorgo de América Latina. El sorgo, en este ecosistema, se considera un cultivo de rotación. Las variedades desarrolladas son tolerantes a los hongos de la panoja, por lo que pueden sembrarse con éxito tanto en el primer semestre como en el segundo. Por su rusticidad, los genotipos son más tolerantes a la sequía que el arroz o la soya; algunos de ellos soportan altos niveles de saturación de Al, por lo cual son apropiados para la siembra en el segundo semestre.

Es usual sembrar el sorgo con una distancia entre surcos de 60 cm. Esta práctica permitiría el establecimiento exitoso de praderas si se usan para ello los entre surcos, y facilitaría las prácticas de manejo integrado para racionalizar el uso de herbicidas y fertilizantes. También mejoraría las condiciones físicoquímicas del suelo, por la incorporación de residuos de cosecha.

La agricultura de sostenimiento implica no sólo producir más, sino mejorar integralmente el nivel de vida de las comunidades donde se adopte esa nueva tecnología. Por eso, el proyecto INTSORMIL ha integrado a su plan de investigación la utilización y el consumo del sorgo, pensando especialmente en los pequeños campesinos. El cerdo es un recurso de alcancía entre esos agricultores, y para ellos se evalúan las variedades tolerantes al respecto a su calidad nutritiva para los monogástricos; con este fin se estudia también la utilización de los residuos de cosecha.

Como parte del manejo integrado del cultivo, con FENALCE se evalúan diferentes sistemas de preparación del suelo, tanto desde el punto de vista del incremento en la producción como por la conservación o mejoramiento de las características físicas del suelo.

Por sus criterios de selección, el mejoramiento genético de INTSORMIL, proyecto MS-111, está orientado hacia la agricultura de sostenimiento. En los campos de mejoramiento se aplican niveles bajos de fertilización, o sea, 60 kg/ha de N, P y K. Una vez seleccionado el germoplasma y definidos algunos materiales promisorios, se desarrolla el paquete agronómico en el cual se sustituyen al máximo los herbicidas y fertilizantes; además, se mejoran las características físicas del suelo porque se incorporan en él los residuos de la cosecha y se reduce el aluminio en los suelos en que se está trabajando. El paquete ha permitido también orientar, en forma más precisa, a los agricultores en el uso final del producto desarrollado.

El ICA liberará dos genotipos de INTSORMIL, a saber, Serere 1 (Real 40) y MN-4508 (Real 60), en el mes de enero de 1990 en La Libertad. El primero se recomienda para niveles de 20-40% de saturación de Al y el segundo, más tolerante, para suelo de 40-60%.

Ensayos Demostrativos

Lote El Puente

Descripción de la localidad

Este es un lote demostrativo y como tal se ha tratado. Se pretende con él por su ubicación, que la gente de OXY,

(Occidental Petroleum Co.) y, en general, el agricultor araucano aprecie el trabajo que se hace con sorgo. En efecto, el lote está situado dentro de las instalaciones de la OXY, y quien pase por encima del puente podrá verlo, por lo que se convierte en un excelente lote de extensión agrícola.

En el primer semestre se sembraron 8 surcos de 50 m de largo separados 60 cm entre sí. Se sembraron cuatro genotipos: IS 3522, Serere, IS 6944, e IS 7151.

Manejo agronómico

El lote presenta 11.2% de saturación de aluminio en los primeros 20 cm. Más que el aluminio, el manganeso (97.1 ppm) parece ser un problema (Cuadro 113 y 114).

Por una característica particular —su localización a lo largo del río— este lote está en una zona infestada de pasto chiguiro, maleza que se ha controlado con distintos herbicidas. Por ser un lote más bien demostrativo que de experimentación, se ha mantenido siempre libre de malezas; además se han laborado las áreas entre los cultivos de arroz y sorgo, con el fin de evitar al máximo la presencia de plantas voluntarias (Cuadro 115).

Cuadro 113. Resultados del análisis de suelo practicado en El Puente, en el semestre 1989B, a una profundidad de 0 a 20 cm. Número de muestras, n = 20

Elementos del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	11.2	%
Materia orgánica		
Fósforo	34.20	ppm
pH	4.9	
Aluminio	0.6	meq/100 g
Calcio	3.4	meq/100 g
Magnesio	1.5	meq/100 g
Potasio	0.2	
Nitrógeno		
Boro		
Azufre	6.7	ppm
Manganeso	97.1	ppm
Cobre		
Hierro	233	
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Cuadro 114. **Resultados del análisis de suelo practicado en El Puente, en el semestre 1989B, a una profundidad de 20 a 40 cm. Número de muestras, n = 20**

Elementos del suelo	Valor	Unidad
Saturación de aluminio	7.8	%
Materia orgánica		
Fósforo	41.70	ppm
pH	4.8	
Aluminio	0.4	meq/100 g
Calcio	2.9	meq/100 g
Magnesio	1.4	meq/100 g
Potasio	0.4	
Nitrógeno		
Boro		
Azufre	6.1	ppm
Manganeso	93.7	ppm
Cobre		
Hierro		
Arena (%)		
Limo (%)		
Arcilla (%)		
Textura		

Cuadro 115. **Resumen del manejo agronómico dado a la prueba de rendimiento de cuatro líneas de sorgo en la localidad El Puente, en el semestre 1989A.**

Siembra:	Mayo 17 de 1989.
Germinación:	Mayo 20 de 1989.
Aplicación del herbicida:	Mayo 17 de 1989. Se aplicó atrazina (Gesaprim) en dosis de 2 lt/ha.
Raleo:	Junio 2 de 1989. Una planta cada 5 a 10 cm.
Fertilización:	Junio 2 de 1989. 60 kg/ha de P, 60 kg/ha de K y 20 Kg/ha de N; 38 g de 10-30-10 por surco, 16g de sulfato de potasio por surco.
Fertilización:	Julio 22 de 1989. 40 kg de N/ha, equivalentes a 16.3 g de urea por surco.
Aplicación del herbicida:	Julio 9 de 1989. Se aplicó paraquat (Gramoxone), 300cc/bomba, en las calles de las parcelas y en los contornos del lote.

Resultados sobresalientes

En el primer semestre, la variedad que más produjo fue IS 6944; a nivel semicomercial dio casi 4 t/ha de grano, rendimiento excelente si se considera que, bajo las mismas condiciones, Serere produjo 2700 kg/ha (Cuadro 116). Este lote tiene muy buen drenaje, pero cuando llueve se satura y a veces el río pasa por encima del cultivo. Es ésta la segunda vez en que se observa que algunos genotipos de INTSORMIL, como IS 6944 e IS 3071, soportan bien —en los estados tardíos de desarrollo— altos niveles de saturación de agua en el suelo.

Cuadro 116. **Prueba de rendimiento de cuatro variedades de sorgo en el lote El Puente, en el semestre 1989B.**

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)
IS 6944	3.914
Serere 1	2.673
IS 3522	2.774
IS 7151	1.817

En el segundo semestre se sembraron en este lote las líneas Serere 1 y PPQ-2. Serere superó a PPQ-2 en rendimiento en estos lotes semicomerciales

El genotipo que más produjo fue IS 6944, con 4 t/ha aproximadamente. Serere 1 e IS 3522 produjeron casi una tonelada menos que IS 6944, e IS 7151 produjo dos toneladas menos que éste.

En el segundo semestre sólo se sembraron Serere 1 y PPQ 2 por su excelente porte agronómico. Serere 1 superó a PPQ 2 por 1 t/ha. Con porcentajes de humedad del grano de 20-22%, el peso de 100 del primero fue 2.8 g y el del segundo 2.2 g.

Almacenamiento de semilla en El Alcaraván

Es muy importante la norma de llevar la semilla al cuarto frío lo más pronto posible después de que ésta haya sido trillada y debidamente identificada.

El cuarto frío ha estado funcionando desde hace aproximadamente un año. Sin embargo, la mayoría de la semilla que se guarda allí, incluyendo los incrementos del

millo, Pearl Millet, que se hicieron en El Alcaraván, fue destruida por las ratas. Aparentemente, este problema ya ha sido solucionado empleando cedazos.

La semilla debe permanecer a la temperatura y humedad del ambiente el menor tiempo posible. En condiciones ambientales, no sólo sufre deterioro natural, sino también la infestación permanente de los gorgojos. Esta plaga no sólo destruye la semilla en que sobrevive, sino todo el germoplasma si no se toman las precauciones necesarias.

Cuando se lleven materiales al cuarto frío, y se sospeche que están infestados con gorgojos, se debe tratar el cuarto frío con Fostoxín (fosfuro de aluminio); luego se apaga el aire acondicionado del cuarto frío, y se sellan las posibles fugas de aire. Después de tres días de tratamiento puede activarse de nuevo el aire acondicionado.

El sorgo para grano, dados los volúmenes que se manejan, debe almacenarse en un sistema de silos bien acondicionado que permita guardar la semilla durante períodos largos de tiempo. Los gorgojos (*Citophylus oryzae* o *Citophylus zeamays*) son el problema más grave de almacenamiento del sorgo en la actualidad.

Otro problema surge entre el primero y el segundo semestre: el secamiento del grano. Conforme los volúmenes del grano aumenten, los problemas de secamiento se multiplicarán. Se necesita, por tanto, un modelo de secadora para pequeños agricultores.

Pruebas semicomerciales en La Pica

En el primer semestre de 1989, en el lote La Pica, se sembraron los siguientes genotipos para evaluación semicomercial en parcelas de media hectárea: IS 8577, IS 9042, Serere 1, MN 4508, IS 3071, IS 6944, e IS 3522. Como testigo se sembró Icaima.

La variedad que más produjo fue MN 4508, seguida por Serere 1; la que menos produjo fue PPQ 2 (Cuadro 117).

Los materiales fueron muy altos, aun en el segundo semestre. Se cosechó a mano y se trilló en trilladoras experimentales. Aunque la fertilización fue muy baja (30-60-60 kg/ha de N, P₂O₅, y K₂O), se obtuvieron excelentes producciones. Sin embargo, hay que tener cuidado con la altura de las plantas. Todos los genotipos, excepto IS 8577, superaron al testigo Icaima.

Cuadro 117. **Pruebas semicomerciales de sorgo en La Pica, en el semestre 1989A.**

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)
MN-4508	509
Serere-1	431
IS-9042	414
IS-3522	383
IS-6944	381
IS-8577	346
PPQ-2	230

Abastecimiento Garantizado de Sorgo

Según la publicación "El cerealista", de FENALCE, Colombia no tendrá necesidad de importar sorgo. La producción será suficiente para garantizar el abastecimiento requerido por los industriales que fabrican concentrados para animales.

Así lo confirman las estadísticas sobre producción que presenta la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales (FENALCE). Estas señalan un aumento en la cosecha actual de 50 mil toneladas, es decir, un 13% más frente a la registrada en igual período del año anterior.

El pronóstico inicial de FENALCE, que incluye los tipos de sorgo de Sereno de la Mojana, muestra una producción cercana a las 415 mil toneladas, que comenzarán a recogerse a partir de diciembre de 1989. Este análisis de la Federación indica que el consumo mensual de sorgo por parte de los industriales es de 65 mil toneladas, en promedio; se toman en él las cifras sobre variación de existencias entre noviembre 25 de 1988 y octubre 15 de 1989.

Se espera que la existencia de sorgo en enero de 1990 llegue a las 270 mil toneladas, cantidad que daría una disponibilidad promedio, para los próximos tres meses, de 90 mil toneladas mensuales.

Según el gremio cerealista, si continúan las condiciones de clima favorables el país puede estar seguro del abastecimiento de sorgo en el semestre A de 1990. Para la próxima cosecha, FENALCE informó también que ya se han realizado siembras en un 91% del total del área esperada, que es de 149,500 ha.

A su turno, el Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA), fijó un precio de sustentación de \$Col 89.600 para la tonelada de sorgo, a partir del 1 de diciembre de 1989. Ese precio equivale a US\$167.47, tomando el dólar a \$Col 535.00.

Ensayos de INTSORMIL: hibridación, producción, y tolerancia a suelos ácidos.



Ensayos en El Alcaraván: prueba de líneas, variedades y rendimiento alto en suelos ácidos.



SEGUNDA PARTE

**Tesis de Grado de Estudiantes Colaboradores
Resúmenes**

Contenido

	pág.
A. Semillas	
Caracteres varietales de la semilla propuestos para identificar cultivares de <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. Jairo Banguero Molina	121
B. Mejoramiento Varietal	
Comportamiento de 12 genotipos de sorgo bajo condiciones de sequía en El Espinal, Tolima. Angela Mendoza y Soraya Díaz	130
C. Utilización	
Determinación del valor nutritivo de diferentes genotipos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) y de millo (<i>Pennisetum spp.</i>) empleados como forraje. María Alejandra Calderón Z.	132
D. Nutrición	
Caracterización química y determinación de la digestibilidad en vivo de diferentes genotipos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench). Luisa del Socorro Sánchez	138
E. Utilización	
Evaluación del kudzú (<i>Pueraria montana</i>) suplementado con dos fuentes energéticas, sorgo y harina de yuca, en la alimentación de conejos durante la fase de engorde. Liliana Silva S.	146
F. Agronomía	
Estudio de sistemas y densidades de siembra en suelos con tres niveles de saturación de aluminio en Arauca. (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench). Julio Vigoya	148
G. Patología	
Identificación y evaluación de las enfermedades fungosas de 19 genotipos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) en dos localidades del departamento del Meta. Luis Alfonso González y Lilia Lucía Buitrago	152
H. Agroecología	
Estudio agroecológico de la zona apta para el cultivo del sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) en Arauca. Edgar Riascos	160
I. Agronomía	
Manejo integrado de la asociación leguminosas/sorgo en la sabana. Ayda S. Tello B.	163
J. Mejoramiento	
Evaluación de la estabilidad fenotípica de 10 características agronómicas en 25 genotipos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench). Javier F. Osorio S.	167
K. Agronomía	
Adaptabilidad de materiales de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) a la toxicidad del aluminio en un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia. Walter Rendón	172
L. Fertilización	
La Fertilización nitrogenada y fosfórica y su efecto en el rendimiento de cuatro genotipos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.) promisorios para suelos de Sabana.	182

A. SEMILLAS

Caracteres varietales de la semilla propuestos para identificar cultivares de *Sorghum bicolor* (L.) Moench.*

Jairo Banguero Molina
Guillermo Muñoz **

Introducción

Dentro de la dinámica del desarrollo agrícola de un país, el incremento de la productividad es uno de los aspectos más importantes. La semilla certificada de buena calidad constituye uno de los factores imprescindibles para lograr ese objetivo.

Los programas de semilla comprenden diversas actividades, que deben estar coordinadas para alcanzar su objetivo específico, o sea, la producción y distribución de la semilla de híbridos o variedades mejoradas de buena calidad. Uno de los atributos de la buena calidad de la semilla es la pureza varietal, la cual puede evaluarse usando caracteres morfológicos, fisiológicos, y químicos, entre otros, de las semillas. Para garantizar un adecuado control de calidad interno, tanto en el campo como en el laboratorio, es de vital importancia conocer los genotipos. Ahora bien, una herramienta de gran utilidad en el mantenimiento de la pureza genética, o identidad varietal, es sin duda la descripción varietal.

El objetivo de este trabajo es proponer algunos descriptores que se evaluarán al momento de la cosecha, y que tienen en cuenta la variada estructura de la semilla de sorgo. Las observaciones se hicieron con un estereoscopio a un aumento de 10X.

Antes de hablar de los descriptores, hay que reconocer las estructuras a las cuales ellos se refieren. Alineadas en el raquis de la panoja se hallan las espiguillas, las cuales pueden ser sésiles y fértiles, o pediceladas y estériles, lo que depende de que haya en ellas una semilla formada o ninguna. La Figura 1 ilustra una espiguilla sésil o fértil, en la cual hicieron las observaciones; la Figura 2 muestra con más detalle las estructuras que conforman esa semilla, y la Figura 3 muestra la semilla o cariósido.

Descripción de caracteres varietales del grano a la cosecha.

1. Glumas

Las semillas de sorgo, alineadas en las espiguillas del racimo, están rodeadas por dos glumas: una inferior, que en su ápice deja ver sus nervios, especialmente los dos primeros de cada lado, y que envuelve parcialmente a la gluma superior; en el ápice hay usualmente una quilla. Las observaciones se hacen en las glumas sobre su cara exterior.

1.1. Color predominante de la gluma inferior.

Para evaluar este descriptor, se compara el color de la gluma con los de la tabla de 100 colores de la Unidad de Semillas del CIAT.

1.2. Patrón de coloración de la gluma inferior.

En ocasiones, la gluma inferior no presenta la misma coloración a lo largo de toda su superficie externa, variando más en el ápice. Esta situación se califica como sigue:

1. Uniforme: toda la gluma presenta la misma coloración.
2. Desuniforme: una porción del ápice es de color diferente.

1.3. Porcentaje de coloración desuniforme de la gluma inferior.

Cuando la gluma inferior presenta coloración desuniforme, es posible estimar el porcentaje de su área con diferente coloración, dentro de los siguientes rangos:

1. 0% - 10%
2. 11% - 20%
3. 21% - 30%
5. 31% - 40%
6. 41% - 50%

1.4. Pubescencia de la gluma inferior.

Indica la ausencia o presencia de vellos sobre la gluma inferior. Se califica como sigue:

1. Glabra o lisa.
2. Pubescente.

* Trabajo especial, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali. (Resumen).
** Fitomejorador, Ph. D., INTSORMIL/CIAT; director de Tesis

1.5. Abundancia y distribución de la pubescencia de la gluma inferior.

La pubescencia puede estar distribuida en forma diferente cuando se comparan los cultivares. Se debe evaluar cuidadosamente este descriptor, ya que una fuerte manipulación del material evaluado puede desprender las vellosidades. La pubescencia de la gluma puede estar distribuida en las siguientes formas:

1. Poco pubescente: sólo en los bordes, Figura 4.A.
3. Pubescente: en los bordes, estando parcialmente cubierta la región central de la gluma, Figura 4.B.
5. Muy pubescente: en los bordes, estando cubierta la región central de la gluma, Figura 4.C.

1.6 Longitud de las vellosidades de la gluma inferior.

Se estima en milímetros, y la evaluación se hace sobre los vellos laterales más largos, calificando así:

1. Menor o igual a 1 mm.
2. Mayor que 1 mm.

1.7. Nervaduras de la gluma inferior.

Los nervios de la gluma inferior pueden ser visibles o invisibles en la mayor parte de su longitud. En el segundo de los casos, los nervios solo se aprecian en el ápice de la estructura, Figura 2.B. Este descriptor se califica como sigue:

- 1.No se ven a lo largo de la gluma.
- 2.Visibles a lo largo de la gluma.

1.8. Nervadura apical de la gluma inferior.

Cuando es posible ver los nervios de la gluma inferior, pueden presentarse diferencias varietales cuando esos nervios se notan en la zona apical de la estructura o cuando no se notan. Por tanto, la nervadura apical se califica de la siguiente forma (sin tener en cuenta los nervios laterales, primeros de cada lado, que a menudo se ven a lo largo de toda la gluma):

1. Invisibles
2. Visibles

1.9. Número de nervios de la gluma inferior.

El número de nervios de la gluma inferior varía usualmente de seis a ocho. Este descriptor se califica como sigue:

1. Menor o igual a seis.
5. Igual a siete.
9. Mayor o igual a ocho.

1.10. Color predominante de la gluma superior.

Para evaluar este descriptor, se compara el color de la gluma con los de la tabla de 100 colores de la Unidad de Semillas del CIAT.

1.11. Patrón de coloración de la gluma superior.

En ocasiones, la gluma superior no está uniformemente coloreada en toda su superficie externa, especialmente en el ápice. Esta situación se califica como sigue:

1. Uniforme: toda la gluma presenta la misma coloración.
2. Desuniforme: alguna porción del ápice es de color diferente.

1.12. Porcentaje de coloración desuniforme de la gluma superior.

Cuando la gluma superior presenta coloración desuniforme, se puede estimar el área en que el color varía como el porcentaje del área total de la estructura, dentro de los siguientes rangos:

- | | |
|----|-----------|
| 1. | 0% - 10% |
| 3. | 11% - 20% |
| 5. | 21% - 30% |
| 7. | 31% - 40% |
| 9. | 41% - 50% |

1.13. Pubescencia de la gluma superior.

Indica la ausencia o presencia de vellos sobre la gluma superior. Se califica como sigue:

1. Glabra o lisa.
2. Pubescente.

1.14. Abundancia y distribución de la pubescencia de la gluma superior.

La pubescencia puede estar distribuida en forma diferente cuando se comparan los cultivares. Se debe ser especialmente cuidadoso con el material en que se evalúa este descriptor, ya que el exceso de manipulación o la manipulación fuerte pueden desprender las vellosidades. Según su distribución, la pubescencia sobre la gluma se califica como sigue:

1. Poco pubescente: Solo en la región apical, Figura 5.A.
3. Pubescente: en la región apical, y escasamente cubierta la región central de la gluma, Figura 5.B.

5. Muy Pubescente: en el ápice, y casi cubierta o cubierta la región central de la gluma, Figura 5.C.

Nótese los diferentes calificativos de este mismo descriptor cuando se evalúa la gluma inferior.

1.15. Longitud de las vellosidades de la gluma superior.

Se estima en milímetros, y la evaluación se hace sobre los vellos laterales más largos. Se califica como sigue:

1. Menor o igual a 1 mm.
2. Mayor que 1 mm.

2. Lemas.

Internas con respecto a las glumas y tocando directamente la semilla están las lemas, de consistencia membranosa e inervadas. (Figura 2, C y D).

2.1. Arista

La arista es una estructura filiforme que, de estar presente, forma parte de la lema superior (Figura 2.C). Este descriptor indica su ausencia o presencia:

1. Ausente
2. Presente

2.2. Forma de la arista

La arista asume formas muy características, que van desde lineal (como un estilete) hasta enroscada sobre sí misma a manera de un sacacorchos. Según esas formas, la arista se califica como:

1. Lineal
3. Espiral simple (1 vuelta)
5. Espiral doble (2 vueltas)
7. Espiral triple (3 vueltas)
9. Espiral múltiple (4 o más vueltas)

2.3. Longitud de la arista.

Se estima en milímetros, para los siguientes rangos:

1. Menor de 3.0 mm.
3. Entre 3.1. y 4.0 mm.
5. Entre 4.1. y 5.0 mm.
7. Entre 5.1. y 10 mm.
9. Mayor de 10 mm.

3. Pálea

La pálea es una estructura membranosa, generalmente más pequeña que las lemas, y delgada (Figura 2.E). Cuando está presente, se ubica internamente con respecto a la lema inferior, haciendo contacto con la semilla (Figura 1.B).

3.1. Pálea.

Este descriptor nos indica su ausencia o presencia:

1. Ausente
2. Presente

3.2. Forma de la pálea.

La pálea puede adoptar formas geométricas que se califican como sigue:

1. Ovalada
2. Circular

3.3. Longitud de la pálea.

Se estima en milímetros, para los siguientes rangos:

1. Menor o igual a 3 mm
2. Mayor de 3 mm

3.4. Patrón de coloración de la pálea.

El color de la pálea puede ser blanco, o parte de ella puede presentar alguna coloración oscura. El descriptor se califica como sigue:

1. Blanca
2. Con alguna pigmentación oscura

4. Semilla

Las semillas, granos o carióspsides (Figura 3) son más o menos esféricas. Su color varía dentro de una extensa gama (rojo, café, blanco, amarillo), y pueden ser lustrosos u opacos. Es posible reconocer en ellas dos caras: una ventral, sobre la cual se ve la marca del embrión (escutelo) y otra dorsal, sobre la cual se aprecia el hilum en la parte basal. Con cierta frecuencia, la semilla muestra un par de líneas continuas que van desde el ápice hasta la base del grano, sobre la cara ventral.

4.1. Forma de la semilla.

Algunas variedades presentan semillas dobles o gemelas con cierta frecuencia (Figura 6). La ausencia o presencia de este fenómeno se califica como sigue:

1. Semilla sencilla
2. Semilla gemela o doble

4.2. Forma de los estigmas.

La flor del sorgo está compuesta por tres estambres y un ovario; éste tiene dos estilos largos que terminan en estigmas plumosos. Estos mismos estigmas permanecen después de la fecundación y, en algunos casos, son los que aparecen en el ápice de la semilla al momento de la cosecha. Estas estructuras son especialmente delicadas; por ello, el material al que se le va a evaluar este descriptor debe ser manipulado cuidadosamente. Dependiendo de la forma que presenten, los estigmas se califican como sigue:

1. Lineales o rectos
2. Encorvados en la punta

4.3. Aplanamiento del ápice de la semilla.

El ápice de la semilla puede presentar un aplanamiento, que forma una especie de depresión en él con respecto al resto del endosperma. Este descriptor nos indica su ausencia o presencia y se califica como sigue:

1. Ausente (Figura 7.A)
2. Presente (Figuras 7.B y 7.C)

4.4. Forma del aplanamiento en el ápice de la semilla.

Cuando el aplanamiento apical de la semilla está presente, puede tener diferentes formas, que se califican como sigue:

1. Triangular (Figura 7.B)
2. Extendido hacia los lados del grano (Figura 7.C)

4.5. Aspecto dorsal de la semilla.

Al observar la semilla de perfil, es posible notar una curva en su cara dorsal. Esa curvatura semeja el arco de una circunferencia o el arco de la curva mayor de un elipse (Figura 8), y la semilla se califica por tanto así:

1. Semicircular
2. Oblonga

4.6. Aspecto de las depresiones laterales respecto al hilum.

El hilum está en la base del grano, sobre la cara dorsal (lado opuesto al del embrión). Puede estar rodeado por dos depresiones que pueden ser evidentes o difíciles de percibir. Puede carecer también de ellas. Este descriptor se califica como sigue:

1. Claramente observables (Figura 9.A)
2. Observables (Figura 9.B)
3. No observables (Figura 9.C)

4.7. Dibujo sobre la superficie de la semilla.

La semilla puede exhibir, sobre su superficie, algún tipo de dibujo o figura, posiblemente de carácter geométrico (Figura 10). Este carácter se califica como sigue:

1. Ausente
2. Presente

4.8. Posición del dibujo sobre la semilla.

Si se presenta el dibujo, éste puede estar ubicado dorsal o ventralmente, o sobre ambas caras de la semilla. Estas situaciones se califican como sigue:

1. Ventral (Figura 10.A, D y E)
2. Dorsal (Figura 10.B y C)
3. Ventral y dorsal

4.9. Dibujo sobre la cara ventral de la semilla.

Este descriptor define el dibujo situado sobre la superficie de la semilla que muestra el embrión. Se califica como sigue:

1. Línea continua que forma un ángulo cuyo vértice apunta al ápice de la semilla (Figura 10.A).
3. Rayas longitudinales respecto a la semilla (Figura 10.C)
5. Vetas (Figura 10.D)
7. Vetas más línea continua que forma un ángulo cuyo vértice apunta al ápice del grano (Figura 10.E).

4.10. Dibujo sobre la cara dorsal de la semilla.

Este descriptor define el dibujo situado sobre la superficie que muestra el hilum. Se califica como sigue:

1. Área clara discontinua que forma un ángulo cuyo vértice apunta al ápice de la semilla (Figura 10.B)
3. Rayas longitudinales respecto a la semilla (Figura 10.C)
5. Vetas (Figura 10.D)

4.11. Relieve de la marca del embrión.

El embrión puede sobresalir, como una estructura independiente, sobre el endosperma del grano. La marca que lo delimita puede evidenciarlo como tal, o puede ser imperceptible. Esa marca se califica así:

1. En relieve como en corona. Cuando la marca es un pliegue que sobresale en la superficie de la semilla.
2. Visible. Cuando no sobresale de la superficie de la semilla, pero es posible ver hasta dónde se extiende el embrión.
3. No visible. Cuando es difícil o imposible ver hasta dónde se extiende el embrión.

4.12. Forma geométrica de la marca del embrión.

El perímetro de la marca del embrión puede dibujar formas geométricas definidas. Este descriptor se califica como sigue:

1. Oviforme (Figura 11.A)
3. Ovalada (Figura 11.B)
5. Elíptica (Figura 11.C)
7. Circular (Figura 11.D)

4.13. Superficie del embrión.

Al observar el embrión desde el lado ventral de la semilla, es posible notar si su superficie es plana, o si presenta algún tipo de protuberancia o arrugas, que lo puedan caracterizar. Tales accidentes se califican como sigue:

1. Plana o lisa (Figura 12.A)
3. Con una protuberancia longitudinal en el centro (Figura 12.B)
5. Con arrugas transversales (Figura 12.C)
7. Con radícula notoria (Figura 12.D).

4.14. Capa de almidón dorsal respecto a la semilla.

Teniendo en cuenta la simetría bilateral de la semilla, al cortarla en dos partes iguales se puede constatar en ella la presencia o ausencia de una capa de almidón dorsal con respecto a la semilla, y completamente separada del endosperma. Este descriptor se califica como sigue:

1. Ausente (Figura 13.A)
2. Presente (Figura 13.B y C)

4.15. Extensión de la capa de almidón dorsal respecto a la semilla.

Cuando la capa almidonosa está presente, sale de la base de la semilla y puede alcanzar el ápice de ésta. Estas situaciones se califican como sigue:

1. No alcanza el ápice del grano (Figura 13.B).
2. Alcanza el ápice del grano (Figura 13.C).

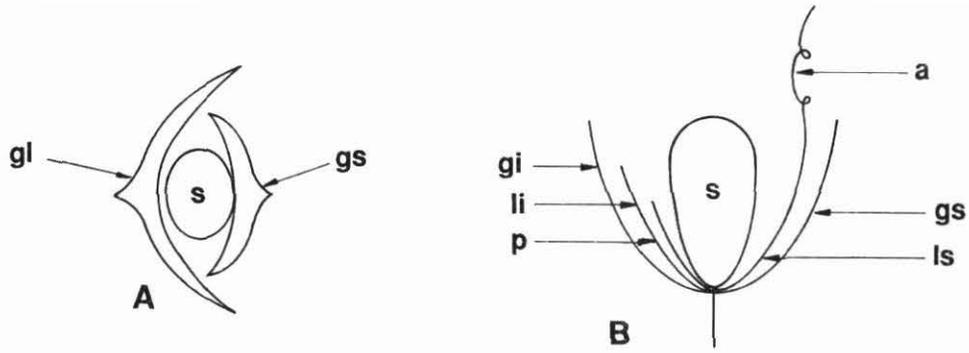


Figura 1. Vista superior de una espiguilla fértil. B) Vista lateral esquematizada de una espiguilla fértil: gi = gluma inferior, gs = gluma superior, s = semilla, li = lema inferior, ls = lema superior, p = pálea, a = arista.

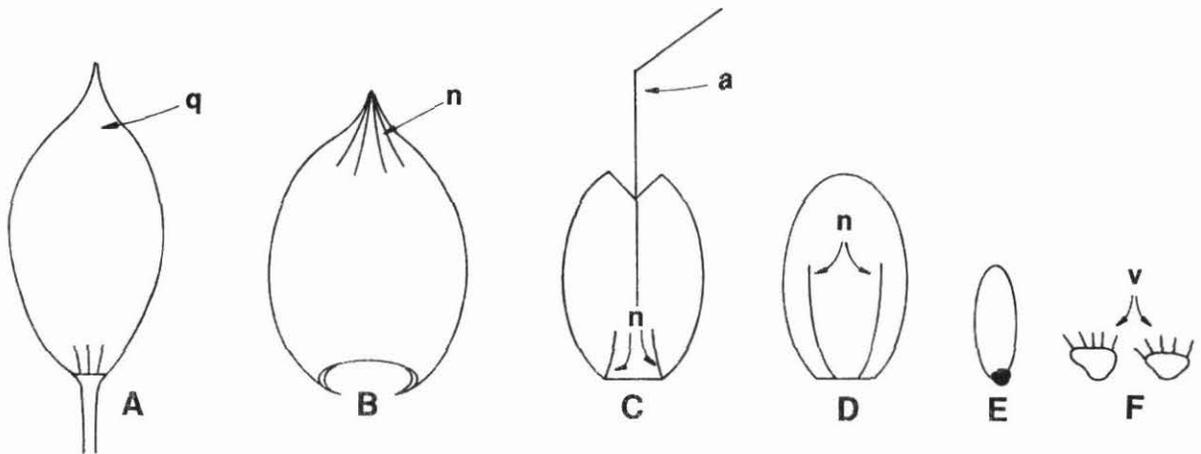


Figura 2. Estructuras de una espiguilla fértil: q = quilla, n = nervios, a = arista, v = vellos. A) gluma superior; B) gluma inferior; C) lema superior; D) lema inferior; E) pálea; F) lodículos.

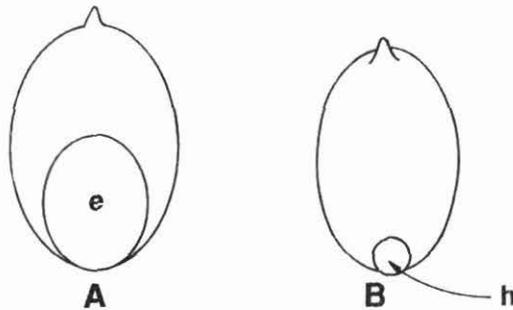


Figura 3. Vista ventral de una semilla. B) Vista dorsal de una semilla. e = embrión, h = hilum.

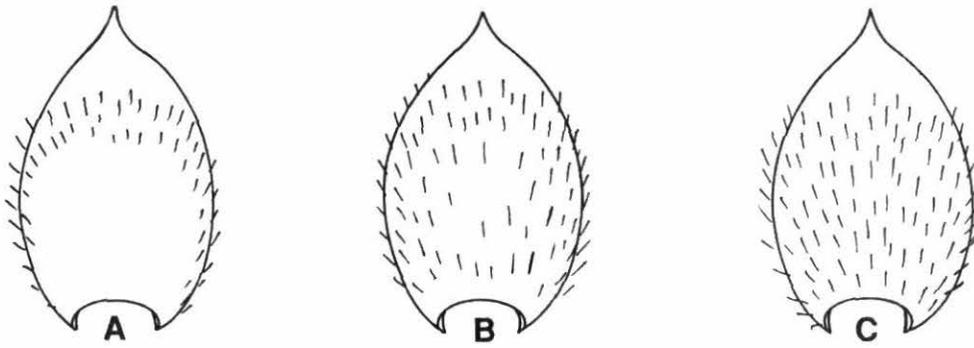


Figura 4. Distribución de la pubescencia en la gluma inferior: A) poco pubescente; B) pubescente; C) muy pubescente.

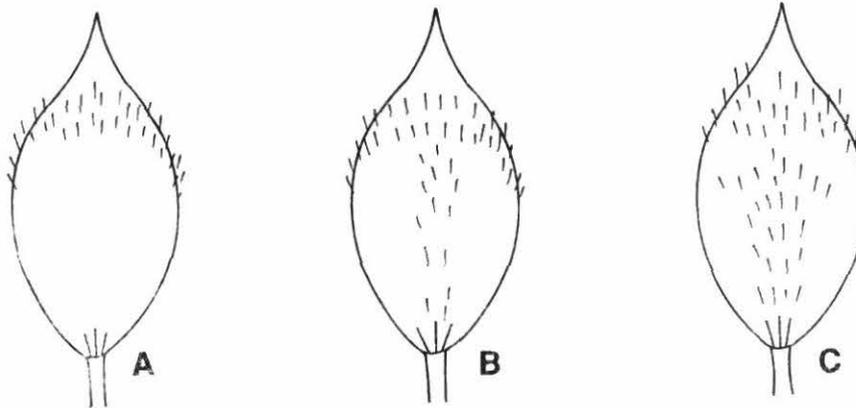


Figura 5. Distribución de la pubescencia en la gluma inferior; A) poco pubescente; B) pubescente; C) muy pubescente.

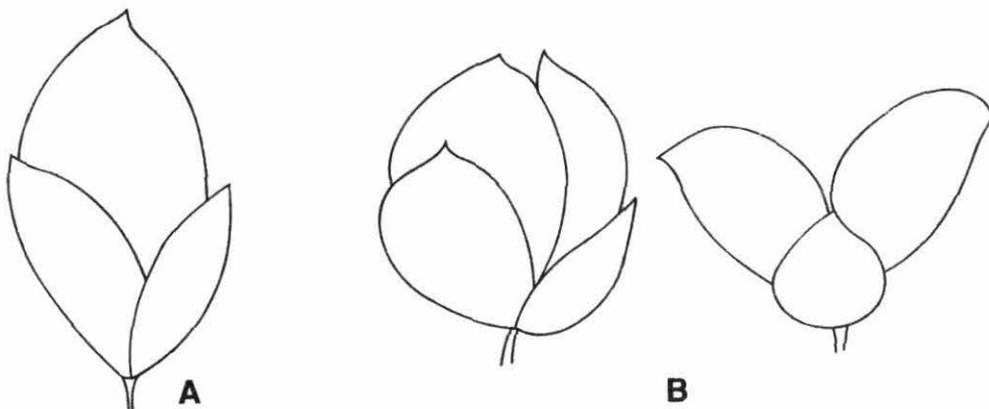


Figura 6. Forma de la semilla: A) semilla sencilla; B) semillas dobles o gemelas.

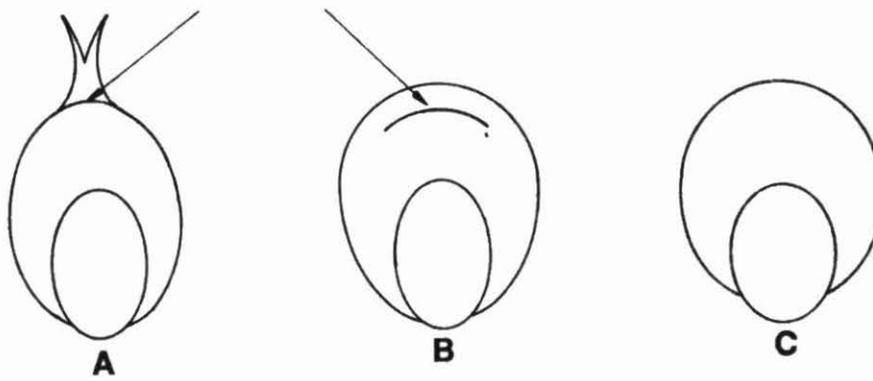


Figura 7. **Aplanamiento en el ápice de la semilla; A) presente y triangular; B) presente y extendido hacia los lados del grano; C) ausente.**

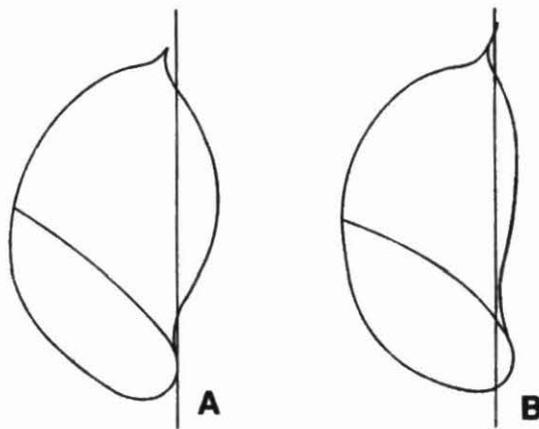


Figura 8. **Aspecto dorsal de la semilla: A) semicircular; B) oblongo.**



Figura 9. **Depresiones alaterales respecto al hilum: A) no observables; B) claramente observables.**

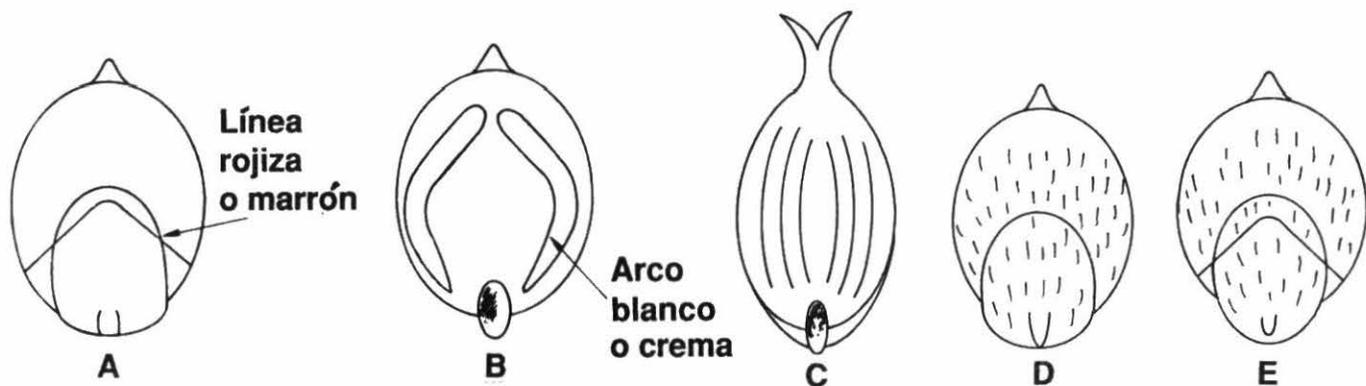


Figura 10. Dibujos que suelen presentarse sobre una cara de la semilla, o sobre ambas caras: A) línea continua que forma un ángulo cuyo vértice apunta al ápice del grano; B) área clara y discontinua que forma un ángulo cuyo vértice apunta al ápice del grano; C) rayas longitudinales a lo largo de la semilla; D) vetas; E) combinación de A y D.

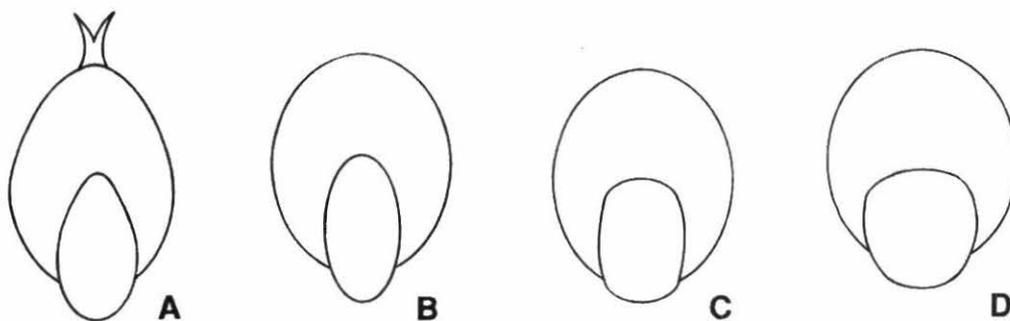


Figura 11. Forma geométrica de la marca del embrión: A) oviforme; B) ovalada; C) elíptica; D) circular.

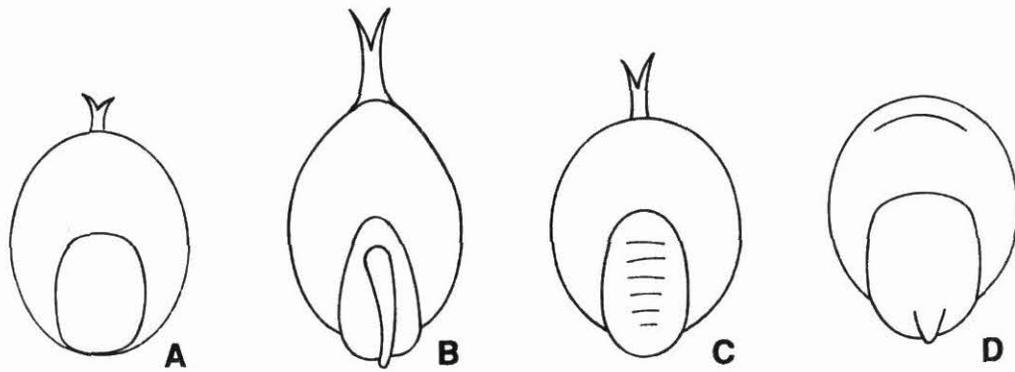


Figura 12. Superficie del embrión: A) lisa o plana; B) con protuberancia longitudinal en el centro del embrión, la cual corresponde al eje embrionario; C) con arrugas transversales; D) con radícula notoria.

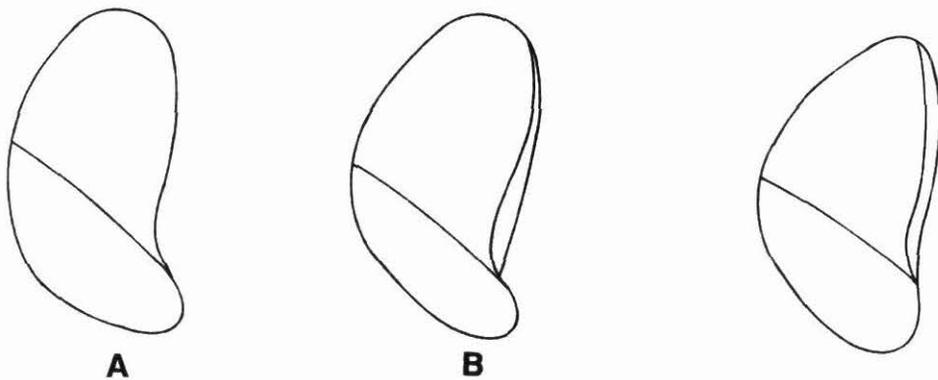


Figura 13. Capa de almidón situada bajo la cara dorsal de la semilla: A) ausente; B) presente sin alcanzar el ápice del grano; C) presente y alcanza el ápice del grano.

B. MEJORAMIENTO VARIETAL

Comportamiento de 12 genotipos de sorgo bajo condiciones de sequía en El Espinal, Tolima.*

Angela Mendoza
Soraya Díaz
Guillermo Muñoz **

Introducción y objetivos

El agua es uno de los factores más importantes de la producción agrícola, y el más limitante. En efecto, un déficit hídrico en el suelo causa trastornos en los procesos metabólicos o fisiológicos de la etapa fenológica en que se halla la planta.

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) el 12.7% de las tierras arables de Colombia están bajo riego y drenaje, lo que implica que el 87.3% depende básicamente del régimen de lluvias. Por otro lado, unido a la inexactitud de los pronósticos climáticos, impide hacer una adecuada programación de los cultivos. En consecuencia, es necesario desarrollar cultivares de sorgo tolerantes a los problemas causados por la sequía. Con esos cultivares se incorporarían a la producción agrícola zonas aptas para el cultivo que carecen de riego. Los beneficios económicos y sociales que estos resultados traerían al país son evidentes.

Los principales objetivos de esta investigación fueron, por tanto, los siguientes:

- Establecer diferencias en el comportamiento frente a la sequía de los 12 genotipos de sorgo escogidos, en el laboratorio y en el campo.
- Encontrar correlaciones estadísticas entre los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y en los ensayos de campo, sobre el efecto de la sequía en el sorgo.
- Seleccionar los genotipos que presenten mejor comportamiento frente a los problemas ocasionados por la sequía, con miras al desarrollo de futuros trabajos de fitomejoramiento.
- Establecer si el rendimiento de los genotipos es afectado por un déficit hídrico.

Localización

El trabajo se realizó en el CNI-Nataima del ICA, ubicado en el municipio de El Espinal. Esta región se caracteriza por la alta temperatura y la alta humedad relativa, y por un suelo francoarenoso.

Materiales

Se ensayaron ocho genotipos (DLT) considerados como de buen comportamiento agronómico y con alguna tolerancia a la sequía. Son los siguientes:

R 6078, 84E9408, 87BN904546, 85X7719, BTX625, 87EON-419, B2-2B, y tres más 85V-1888, DR38 y HG522, moderadamente resistentes. Como testigos se usaron Icaima, variedad reconocida como resistente a la sequía, e Icayauma, susceptible a la sequía.

En las pruebas de laboratorio se usó polietilenglicol Carb Wax 400.

Métodos

El trabajo se desarrolló en cuatro etapas:

1. Germinación a diferentes concentraciones de polietilenglicol (Carb Wax 400).

En cajas petri recubiertas con papel filtro se hace la prueba de germinación con diferentes concentraciones de polietilenglicol (PEG); el testigo germinó en agua destilada. Se observó el porcentaje de germinación entre el cuarto y el octavo día de iniciado el experimento.

2. Comportamiento frente a la sequía, en el campo, de cada uno de los materiales. Se sembraron 4 repeticiones, con dos surcos por repetición; cada surco tenía 3 m de largo y estaban distanciados 0.60 m uno de otro. La preparación del suelo, la fertilización, el control de malezas, plagas y enfermedades se hacen como en un cultivo regular de sorgo. Con el fin de obtener germinación uniforme, se suministraron a las parcelas 30 mm (riego de germinación) cada dos días; 30 días después de germinado el sorgo se le habían suministrado, en total, 75 mm de agua. A partir del día 30, las parcelas quedan sometidas a estrés de agua por el déficit de agua que tiene el suelo. En previsión de alguna lluvia durante la fase en que las parcelas se sometieron a estrés, se registró cualquier precipitación ocurrida para considerarla en la discusión de los resultados obtenidos.

* Tesis, Ingeniero Agrónomo, Universidad del Tolima, 1990. (Resumen).
** Fitomejorador, Ph. D., INTSORMIL/CIAT; Director de Tesis.

En esta prueba se midieron los siguientes parámetros:

- Altura de la planta durante todas las etapas de desarrollo ésta área.
 - Area foliar al iniciarse la antesis.
 - Porcentaje de humedad del suelo cada ocho días, después de someter el cultivo a estrés por sequía.
 - Análisis de las raíces, en el que se midieron la longitud y el volumen de la raíz.
 - Biomasa: se determinó la materia seca en los tallos, en las hojas, y en la raíz de la planta al finalizar la cosecha.
 - Rendimiento
3. Resistencia al calor. De dos materiales por repetición se sacaron discos foliares de 1 cm de diámetro en la segunda hoja contando desde el ápice de la planta. Estos discos se agruparon en testigos y tratamientos. Los testigos se dejaron a la temperatura ambiente, y los tratamientos se sometieron a 48 oC durante una hora; al día siguiente se determinó la conductividad eléctrica del líquido, tanto en los testigos como en los tratamientos. Posteriormente, testigos y tratamientos se sometieron a 85 oC durante 20 minutos, para matar las células y tomar una segunda lectura de conductividad eléctrica.

Con las cuatro lecturas anteriores se determinó el porcentaje de tejido dañado, aplicando la siguiente fórmula:

Tejido dañado, % = $100 (Tr1.T1 - Tr.T1) / (Tr1.T1 - Tr1.T)$
en donde:

T = Conductividad eléctrica del testigo.

T1 = Conductividad eléctrica del testigo con células muertas.

Tr = Conductividad eléctrica del tratamiento.

Tr1 = Conductividad eléctrica del tratamiento con células muertas

4. Resistencia a la desecación. Como en el anterior procedimiento se tomaron las muestras, y se separaron los tratamientos y los testigos. A los testigos se les agregó agua destilada y a los tratamientos una solución de Carbowax 400 al 27%. Al día siguiente se tomaron lecturas de conductividad eléctrica y Luego se sometieron testigos y tratamientos a 85 oC para matar células y medir la conductividad eléctrica de los líquidos.

Con estas lecturas se determinó el porcentaje de tejido dañado aplicando la fórmula explicada en el punto 3.

La toma de las muestras para los dos pruebas anteriores se hizo cuando los materiales estaban en las etapas de prefloración y posfloración, que son las de mayores requerimientos hídricos.

Diseño experimental

- Para la prueba de germinación se utilizó el diseño de parcela dividida con cuatro repeticiones. Las parcelas principales correspondieron a los doce genotipos y las subparcelas a las diferentes concentraciones de Carbowax.
- Para la prueba de resistencia al calor, o de desecación y comportamiento frente a la sequía, se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada bloque correspondía a una repetición, y los tratamientos a cada uno de los doce genotipos.

C. UTILIZACION

Determinación del valor nutritivo de diferentes genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y millo (*Pennisetum* spp.) empleados como forraje. *

María Alejandra Calderón Z.
Guillermo Muñoz **

Introducción y objetivos

El proceso de producción de cereales, se ha basado en el mejoramiento de los genotipos para alto rendimiento y calidad del grano producido. Ha aumentado la relación grano-paja pero a su vez no se ha tenido en cuenta el valor nutricional que potencialmente tienen como alimento básico de la dieta animal en países del trópico. Los mejoradores de cereales deberían considerar también la calidad y la cantidad del forraje como tal y no solamente del grano. Hasta ahora no ha habido ningún aumento en la eficiencia con la cual los nuevos cultivos de cereales capturan la energía solar. Los rendimientos de grano han aumentado primariamente a causa de los cambios en la partición de energía dentro de la planta, y no por un aumento en la productividad total de la planta (Sundstol et al, 1984).

El desarrollo de sistemas de producción más eficientes es necesario si se pretende satisfacer la creciente demanda de alimentos de la población humana. Estos sistemas deben basarse en un uso más racional de los recursos existentes en una región o de los que se puedan generar.

La integración de cultivos ofrece ventajas económicas, técnicas y ecológicas, que la convierten en una alternativa deseable y factible para desarrollar sistemas más estables de producción de rumiantes. Pues bien, entre cultivos considerados como integrables a un sistema de producción animal están el sorgo y el millo. (Escobar, 1989).

No resulta económico emplear el grano en la alimentación del ganado vacuno. Sin embargo, el sorgo y el millo, cosechados como forraje, permiten diseñar un esquema productivo que integre la producción de forraje y la producción de grano partiendo de una ambivalencia operacional: si se justifica en determinado momento producir grano, se deja desarrollar la planta hasta la maduración del grano; si las condiciones no son ideales, la planta se suministraría como forraje. Este esquema resulta factible para los pequeños productores y es bastante rentable.

Así pues, en este trabajo se pretende buscar un uso alternativo del *Sorghum bicolor* y del millo (*P. americanum*) con sistemas intensivos de producción de rumiantes.

- Evaluar su valor nutritivo y su digestibilidad en 4 diferentes estados de desarrollo.
- Determinar las correlaciones fenotípicas entre las características agronómicas y nutricionales en los quince genotipos estudiados.
- Contribuir a los programas de selección y mejoramiento sentando las bases para que éstos sean más efectivos.

Materiales y métodos.

Materiales

Fueron evaluados 15 materiales (13 de sorgos y 2 millo) así:

- Siete variedades de INTSORMIL: Serere (Real 40), MN 4508 (Real 60), IS 3071, IS 6944, IS 8577, IS 3522, IS 9084)
- Cinco híbridos comerciales de sorgo, entre los cuales 4 son productores de grano como: P 8187 (Pioneer), CL 603 (Cargill), D 61 (Dekalb), Sorghica NH 301 (ICA) y un híbrido forrajero: Sudax (Dekalb).
- Dos variedades de millo de INTSORMIL. SSC1 y NEW ELPN)

En cuatro estados de crecimiento (edades fisiológicas): prefloración, leche, madurez fisiológica y residuo post cosecha del grano.

Métodos

Las parcelas están localizadas en los campos experimentales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Palmira, Valle; el Centro está situado a 1001 m sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 1000 mm, temperatura promedio de 23 oC y humedad relativa de 85%. La duración fue de 12 meses en dos siembras: una fue en 1989 (Junio-Diciembre), la segunda siembra fue en 1990 (Enero-Julio).

La metodología se condensa en los siguientes puntos:
- Del banco de germoplasma, por medio de INTSORMIL, se obtuvo la semilla identificada como Serere, MN 4508, IS 3071, IS 6944, IS 8577, IS 3522, IS 9084; Millo SSC1 y

* Tesis, Zootecnista, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. (Resumen.)

** Fitomejorador, Ph. D., INTSORMIL/CIAT; Director de tesis.

NEW ELPN. De las casas comerciales Proacol y Cargill se obtuvo: P 8187, CL 603, D-61, Sorghica NH 301, y Sudax.

Fueron sembrados en parcelas de 3 x 4.8 m (Figura 1) y cultivados con prácticas de manejo inherentes al cultivo de sorgo.

A medida que los materiales alcanzaban los estados de crecimiento establecidos, se tomaron 3 plantas al azar en cada parcela, se cortaron a ras del suelo, e inmediatamente se midió la altura desde el punto de corte hasta la punta de la panoja; luego se pesaron y se picaron homogeneizando las 3 muestras de cada parcela. De aquí se tomó una muestra para determinar el contenido de materia seca y ácido cianhídrico; otra muestra se liofilizó y se analizó el contenido de taninos; el resto de las muestras se secó a 60 oC por 24 horas para luego llevarlo a un molino de martillo con un tamiz 100 mm y se determinaron proteína, extracto etéreo, nitratos, FDN, FDA, lignina, sílice, fósforo, calcio y la digestibilidad "in vitro" de la materia seca.

La siembra se efectuó el 31 de Enero de 1990. El primer corte (pre floración) fue entre el 15 y el 20 de marzo; el segundo corte (leche) entre el 29 de marzo y 18 de abril y el tercer corte (madurez fisiológica) se hizo entre el 14 y 18 de mayo del mismo año.

La cosecha del grano se efectuó al mismo tiempo que se efectuaba el último corte tomando también el residuo post cosecha para los análisis respectivos.

Análisis químico

Los análisis efectuados en los laboratorios del CIAT fueron:

- Proteína: mediante el método Kjeldahl
- Extracto Etéreo: análisis de Weende que estima el equivalente graso de la muestra.
- Materia seca: mediante secamiento de la muestra a 60- 65 °C en 48 horas, hasta peso constante.
- Taninos: con el método de vanilina, detecta flavonoles en general.
- Acido cianhídrico: Por el método de R.P. Cooke (1979), análisis enzimático utilizando linamarasa para determinar contenido de cianuro total y libre. El límite de detección de cianuro es menor a 0.01 mg/100 g de peso del forraje fresco.
- Digestibilidad: "in vitro" de la materia seca, por el método de Tilley y Terry (1963) modificado por Moore (1970).

- FDA-FDN-Lignina y sílice: por el método de Van Soast y Robertson.
- Minerales: por digestión ácida; el fósforo colorimétricamente y el potasio por fotometría.

Diseño experimental

Se aplicó el diseño de parcelas divididas con 15 genotipos en cuatro estados de crecimiento y tres repeticiones, donde la parcela grande corresponde al genotipo y la subparcela al estado de crecimiento.

Para la determinación de la composición química de la planta en los diferentes estados de desarrollo, se hicieron 4 mediciones seleccionando cada vez tres plantas por parcela.

Para la estimación del rendimiento en la cuarta evaluación, se tomaron los dos surcos centrales de cada parcela (equivalentes a un área útil de 3.60 m²) y se registró el número de tallos. El rendimiento estimado por hectárea se obtiene a partir de la expresión:

$$\text{Kg/ha} = \frac{(\text{No. tallos} \times \text{Peso prom. Tallo} \times 1000) \times 10}{3.6 \text{ m}^2}$$

El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + R_i + G_j + (GR)_{ij} + C_k + (G \times C)_{ik} + (RC)_{jk} + (GRC)_{ijk}$$

Y_{ijk} = Corresponde a DIVMS, Proteína cruda, Extracto etéreo y Nitrato en base seca, y rendimiento en kg/m².

u = Media de la población

K_i = Efecto de la i -ésima replicación ($i = 1, 2, 3$)

G_j = Efecto del j -ésimo genotipo ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15$).

$(GR)_{ij}$ = Componente aleatorio del error asociado con el j -ésimo tratamiento de la parcela grande en la i -ésima repetición (error a).

C_k = Efecto del K -ésimo estado de crecimiento ($j = 1, 2, 3, 4$).

$(G \times C)_{ik}$ = Interacción del i -ésimo genotipo con el j -ésimo estado de crecimiento.

$(GRC)_{ijk}$ = Componente aleatorio del error, asociado a la

ijk-ésima parcela con la i-ésima replicación (error b).

El esquema del análisis de varianza es:

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	B-1
Genotipos	G-1
Error (a)	(B-1) (G-1)
Cortes	C-1
Cortes y Genotipos	(C-1) (G-1)
Error (b)	Por diferencia
total (C)	(G x C x B) - 1

- Para la determinación de las diferencias entre los promedios de los tratamientos se usó la prueba de Duncan (Steel and Torrie, 1960).
- Se determinaron las correlaciones fenotípicas entre los atributos agronómicos (altura, rendimiento de materia seca y verde) y entre los atributos nutricionales (digestibilidad in vitro de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina, sílice y minerales).

Resultados

Hasta el momento, los análisis hechos sobre las variables estudiadas han arrojado los siguientes resultados:

Atributos agronómicos

Altura

Se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre genotipos y edad al corte (Cuadro 1).

Rendimiento de materia seca

Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre genotipos en el segundo corte (prefloración); sin embargo, en el segundo corte la significancia fue poca y en el primero no la hubo. Las diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) se dieron al comparar el rendimiento del sorgo vs. el de millo ya que los dos cultivos tienen diferentes características (Cuadro 2).

Concentración de materia seca (%)

La materia seca mostró una variación significativa entre cortes. Esto debido a que aumentó el porcentaje de materia seca a medida que avanzaba el proceso de madurez de la misma.

Características nutricionales

Digestibilidad "in vitro" de la materia seca

Al comparar los tipos de cultivo (sorgo y millo) se encontró una diferencia significativa ($P < 0.01$); se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) al hacer comparaciones entre las edades de corte (Cuadro 3).

Contenido de Nitrógeno

Proteína cruda

Se presentó una diferencia altamente significativa ($P < 0.001$) al comparar las repeticiones, los cultivos (sorgo vs. millo) y las diferentes edades de corte (prefloración, leche, y madurez fisiológica). Al comparar tipo (comercial vs. no comercial) y propósito (grano, doble propósito, forrajeras) la diferencia fue significativa. (Cuadro 3).

Nitratos

Se presentaron algunas diferencias significativas pero en general no son importantes, pues los niveles no fueron tan altos como para crear problemas de toxicidad.

Comparación por el sistema de detergentes

Fibra detergente neutra (FDN)

Se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) al hacer comparaciones entre edades de corte (prefloración, leche, madurez fisiológica) (Cuadro 3).

Fibra detergente ácida (FDA)

Igual a la anterior.

Lignina

No hubo diferencia significativa, sólo se presentaron diferencias con poca significancia entre cultivos (sorgo vs. millo), entre variedades comerciales, no comerciales y entre edades de corte (Cuadro 3).

Sílice

Hubo diferencias altamente significativas entre cultivos y entre edades de corte y diferencia significativa entre variedades no comerciales (Cuadro 3).

Contenido de minerales

Fósforo

Se encontraron diferencias altamente significativas entre cultivos (sorgo vs. millo), tipo (comercial vs. no comercial), propósito (grano, doble propósito, forrajeras) y entre edades de corte (prefloración, leche, madurez fisiológica).

Potasio

Se encontraron diferencias altamente significativas en casi todas las comparaciones efectuadas (Cuadro 3).

Observaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y observando los promedios resultantes, los híbridos comerciales para grano tuvieron un comportamiento muy aceptable, destacándose en

cuanto a rendimiento el Sudax y el CL 603; de las variedades de INTSORMIL tuvo un resultado muy sobresaliente IS 8577.

En cuanto a DIVMS se destacaron, como era de esperarse, los millos evaluados, la variedad IS 8577 y los híbridos comerciales D-61, CL 603 y VP-25.

En cuanto a proteína, los millos presentan nuevamente un buen resultado; también se destacaron los híbridos D-61, CL 603 y Sudax.

En estas tres características tomadas en cuenta, el rendimiento presenta una tendencia bastante marcada a aumentar en el segundo corte para todos los casos.

En el caso de la DIVMS, la tendencia fue disminuir al aumentar la edad de las plantas, sucediendo el mismo fenómeno con la proteína.

En cuanto a los factores antinutricionales (ácido cianhídrico, taninos, nitratos), no fueron muy tomados en cuenta pues los niveles encontrados no son significativos y, por lo tanto no afectan a los animales que consuman estos materiales, sentido a los animales.

Cuadro 1. Significancia de los efectos de repeticiones, genotipos, edad de corte y sus interacciones sobre las variables altura, DIVMS, PC, FDN, FDA, lignina, sílice, fósforo, nitratos, extracto etéreo y concentraciones de potasio en tejidos vegetales en base seca.

Factor	Altura	DIVMS	Proteína cruda	FON	FOA	Lignina	Sílice	P	Nitratos	E.C.	N
Repeticiones (3)	NS	NS	***	*	NS	NS	NS	*	***	NS	**
Variedades (15)	***	**	***	+	+	**	***	***	***	NS	***
V x R											
Edad de corte (4)	***	***	***	***	***	*	***	***	***	+	***
C x V	***	NS	NS	**	NS	NS	*	**	NS	NS	**

NS $P > 0.10$; + $P < 0.10$; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

Cuadro 2. **Significancia de los efectos de las repeticiones (3) y de los genotipos de sorgo y millo (15), agrupados de acuerdo con la especie, propósito, variedades comerciales, no comerciales, sobre el rendimiento en base seca (kg/ha) en tres estados de crecimiento (prefloración (A); leche (B); madurez fisiológica (C).**

	Prefloración leche fisiológica	Estado	Madurez
Entre repeticiones	NS	NS	NS
Entre genotipos	NS	**	+
Millo vs. sorgo	***	***	NS
<i>Sorgo comercial vs. no comercial</i>			
comercial	***	***	NS
Forraje y grano vs. forraje vs. grano	NS	NS	o
Millo 1 vs. millo 2	NS	NS	NS
Entre genotipos de sorgo comercial	NS	NS	o
Entre genotipos de sorgo no comercial	NS	*	NS

Cuadro 3. **Efecto de los genotipos agrupados en seis formas diferentes y de la edad de corte y sus interacciones sobre las doce variables evaluadas en el sorgo.**

	Altura	P.M.S.	DIVMS	Proteína cruda	FON	FOA	Lignina	Silice	Fosforo	Nitratos	E.C.	Potasio
Repeticiones	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	***
Cultivo	NS	*	**	***	NS	*	+	***	***	***	NS	***
Tipo	***	NS	*	**	NS	+	NS	NS	***	NS	NS	***
Proposito	***	*	*	**	NS	*	NS	*	***	NS	NS	***
V. Millo	+	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS	**
V. Comerciales	*	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	NS	***
V. no comerciales	+	NS	NS	NS	NS	+	*	**	NS	NS	NS	***
V x VC x VNC x R												
Corte (edad)	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	+	***
Cultivo x corte	NS	*	NS	NS	***	+	NS	***	NS	NS	NS	NS
Tipo x corte	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS
Proposito x corte	***	NS	NS	*	+	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
V. millo x corte	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	**
V.C. x corte	NS	NS	NS	+	+	+	NS	NS	**	NS	NS	+
V.NC x corte	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*

Conclusiones

Los genotipos más promisorios son Millo 1 y Millo 2, que presentaron los mayores valores de proteína cruda, DIVMS y extracto etéreo.

Los genotipos que presentaron la mayor digestibilidad fueron Millo 1, Millo 2, CL 603 y D 61.

La mejor absorción de minerales (fósforo y potasio) se registró en D-61, Millo 1, Millo 2, y CL 603.

Los genotipos MN 4508, IS 6944, IS 8577 presentaron una buena DIVMS y buen contenido de extracto etéreo; la proteína fue su limitante.

Partiendo de las observaciones tomadas sobre un solo tallo, los genotipos de más alto rendimiento son IS 8577 y Sudax (57.8 y 58.6 t/ha, respectivamente). Otros materiales como CL 603, VP 25 e IS 3522 presentaron también buen rendimiento: 51.5, 48.8 y 47.5 t/ha, respectivamente.

De las cuatro edades de corte, las más tempranas (prefloración y estado lechoso) presentaron los mejores contenidos de nutrientes (proteína, de extracto etéreo) mejor DIVMS, y buen rendimiento.

Se recomienda cortar el sorgo para forraje después de la etapa de crecimiento (etapa 7 o de grano lechoso) debido a que en ello tienen aún las plantas buenos contenidos de nutrientes, y el efecto de posibles sustancias antinutricionales queda anulado.

Ninguno de los materiales estudiados presentó problemas por contenido alto de sustancias antinutricionales (ácido cianhídrico y taninos) en ninguno de los cuatro cortes.

Se encontró una correlación negativa entre digestibilidad de un lado, y lignina y sílice, del otro. Por esta razón, se puede esperar una baja proporción de sílice y lignina en un forraje

de mayor digestibilidad. La digestibilidad es una de los atributos de calidad más importantes, la sílice tiene una correlación positiva altamente significativa con el FDA, la cual presenta correlación negativa con la digestibilidad.

En este estudio, a medida que aumentaba el porcentaje de proteína aumentó la DIVMS. Lo anterior pudo comprobarse por la correlación positiva y altamente significativa entre proteína y DIVMS. De igual manera, la proteína presentó una asociación positiva y altamente significativa con otros atributos de calidad, como el extracto etéreo, el contenido celular, el fósforo y potasio. Por consiguiente, los genotipos que sean seleccionados por proteína están siendo seleccionados a su vez por cada uno de estos atributos. Así mismo, se descartarían atributos indeseables como lignina y sílice con los cuales la correlación fue negativa y altamente significativa.

Los genotipos de sorgo que se consideren de alto valor por sus excelentes calidades nutricionales y agronómicas, las cuales los convierten en buenas alternativas tanto para grano como para forraje, son los siguientes: CL 603, D-61, MN 4508 (Real 60), e IS 8577.

El millo es un excelente material por su calidad nutricional. Debe ser tenido en cuenta en los programas de desarrollo y mejoramiento de los materiales que se introduzcan, para conocerlo más a fondo y mejorar sus características agronómicas; el volcamiento es su principal limitante. En el presente ensayo, los genotipos que macollan fueron perjudicados, principalmente los de millo, por el método de cosecha expuesto anteriormente. Es de mucha importancia, por tanto, iniciar ensayos que evalúen los diferentes genotipos de millo de los bancos de germoplasma, y considerar, en un futuro próximo, la posibilidad de introducirlos en el país. Este cultivo puede contribuir mucho a mejorar la producción agropecuaria. La prueba final y concluyente la proporciona el animal, cuyo rendimiento óptimo es nuestro objetivo. Este trabajo quiere marcar una pauta para ensayos similares que se hagan en el sector agrícola y pecuario de Colombia.

D. NUTRICION

Caracterización química y determinación de la digestibilidad *in vivo* de diferentes genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor*).*

Luisa del Socorro Sánchez
Héctor Anzola **

Introducción

El sorgo es una de las principales fuentes de energía empleadas en la alimentación animal (aves, cerdos, bovinos). Sin embargo, existen diferencias entre variedades en la calidad nutricional del grano, porque varía el contenido de nutrimentos o de otros componentes (especialmente taninos y fibra) de éste. Esas variaciones pueden afectar la absorción de los nutrimentos del sorgo y, por consiguiente, el *rendimiento animal*.

En la zona de Arauca, la fundación El Alcaraván está evaluando, desde el punto de vista agronómico, variedades de sorgo de las que seleccionará los genotipos que ofrezcan las mejores perspectivas.

Una caracterización química comprende análisis proximal, fibra por detergente neutro, taninos, calcio, fósforo, y complementarios como carbohidratos solubles y solubilidad proteica. Se hace para determinar el contenido de nutrimentos y de factores que puedan modificar la disponibilidad biológica de los primeros. Cuando se complementa esta información con los análisis de rendimiento agronómico, se puede hacer una selección de los materiales que tengan más posibilidad de cumplir el objetivo fundamental de la producción de sorgo, es decir, convertirse en la materia prima de los concentrados que suplirán los requerimientos nutricionales de energía de los animales.

Objetivos

1. Caracterización química (análisis proximal, fibra por detergente neutro, taninos, calcio, fósforo, carbohidratos solubles, solubilidad proteica) de diferentes genotipos de sorgo.
2. Establecer para el cerdo los coeficientes de digestibilidad verdadera de la materia seca y de todos los principios nutritivos de tres variedades de sorgo, empleando la técnica de la bolsa de dacrón móvil.

3. Determinar el valor de la energía digestible y metabolizable de tres variedades de sorgo.

Materiales y métodos

Localización. La caracterización química de los diferentes genotipos de sorgo fue realizada en el Laboratorio de Nutrición Animal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Tibaitatá.

La evaluación de la digestibilidad (fraccionada *in vivo*) se realizó en la sección de porcinos del ICA.

El Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias ICA-Tibaitatá se encuentra ubicado en el municipio de Mosquera, a una altura de 2630 m, con una temperatura media de 13 oC, humedad relativa de 72%, y una precipitación anual de 625 mm.

Genotipos de sorgo. Los materiales fueron producidos y cosechados en suelos de sabana (nivel 2, clase B) y de vega (nivel 1, clase A) de la Intendencia de Arauca.

Se emplearon 29 genotipos de sorgo del banco de germoplasma del proyecto INTSORMIL-M.S.U/CIAT. Se utilizaron como testigos en la caracterización dos materiales de sorgo pertenecientes al ICA: ICA-Nataima e Icaima.

Digestibilidad *in vivo*. Se utilizó una cerda de la raza Landrace de aproximadamente 65 kilos, equipada con una cánula duodenal; las bolsas de nylon fueron las unidades experimentales.

Durante el ensayo, la cerda recibió diariamente 2.5 kg de alimento. La dieta fue formulada con 3259 kcal EM/kg y 15.3% de proteína bruta, donde el sorgo representó el 75.5% de la ración.

Métodos

El trabajo se realizó en tres etapas:

- a. Producción y evaluación en el campo.
- b. Caracterización química.
- c. Evaluación de digestibilidad.

La caracterización se dividió en dos fases preliminares de selección: I y II; la selección final se hizo partiendo de los resultados de la evaluación de digestibilidad.

* Tesis, Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. (Resumen.)

** Zootecnista, Ph. D., ICA, Bogotá; Director de tesis.

Selección preliminar I. En esta fase se realizó el análisis proximal (taninos y digestibilidad, *in vitro*) a 29 genotipos del programa de sorgo de INTSORMIL, y se seleccionaron 14 genotipos. Los parámetros tenidos en cuenta para la selección fueron, en orden de importancia, el rendimiento agronómico, el alto porcentaje de proteína, y el bajo contenido de taninos.

Selección preliminar II. A los 14 genotipos seleccionados en la fase I se les practicó, además de los antes mencionados, análisis de minerales (calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, azufre, hierro, zinc y cobre), de fibra por detergente neutro, de energía bruta, de carbohidratos solubles y de solubilidad proteica. La selección en esta fase se hizo por rendimiento, por alto porcentaje de proteína y de energía, y por bajo contenido de taninos. Así se seleccionaron tres genotipos que posteriormente fueron evaluados en el ensayo biológico.

Evaluación de digestibilidad. En este ensayo biológico se determinaron los coeficientes de digestibilidad de los diferentes parámetros evaluados, además de la digestión fraccionada, en los tres genotipos ya seleccionados.

Los análisis fueron realizados de acuerdo con las técnicas establecidas en el Laboratorio de Nutrición Animal ICA-Tibaitatá. Para determinar los taninos se aplicó la técnica de Folin-Denis (1965); el fósforo se determinó por el método de Fiskey Subbarow (1925); los demás minerales se determinaron por absorción atómica.

Resultados y Discusión

La composición química de los diferentes genotipos de sorgo muestra ligeras variaciones.

Materia seca.

Según los datos comunicados en la literatura, el sorgo contiene un porcentaje de materia seca alrededor del 86% (Bresanni y Rios, 1962; Owen, 1980; Ibar, 1987).

El promedio general de materia seca encontrado fue de 85.97%, que se ajusta al valor sugerido para el sorgo.

Proteína

Yañez (1973) da valores de proteína para el sorgo de 9% a 11%, Owen da 10% (1980), Banino y otros 9.74% (1984) Ibar 7.6% a 12.5% (1987), y Sullivan 9% (1989). Estos valores muestran la variabilidad de este principio nutricional entre un genotipo y otro.

El promedio de proteína obtenido en los sorgos evaluados fue de 10.58%; este valor indica que éstos pueden ubicarse en el rango de los llamados sorgos de alto valor proteico.

Grasa

El promedio encontrado para grasa fue de 4.45%, que es un valor ligeramente superior al del maíz (3.8%) según Sullivan (1989); según la literatura hay sorgos con niveles de 3.1% a 4.5% (Bresanni, 1962), de 3% (Owen, 1980); y de 3.7% (Ibar, 1984).

Ceniza

Los sorgos evaluados se ajustan a los informes dados por Wall (1975) quien cita a Geller (1946); este autor establece rangos entre 1.66% y 2.2% de ceniza. El promedio general de este ensayo estuvo en 2.14%, que se ajusta a la revisión hecha.

Fibra

Según lo encontrado en la literatura, EL porcentaje de fibra Del sorgo es de 2.57% (Bresanni y Ríos, 1962, citado por Wall, 1975); Owen da 3.5% (1980). El promedio para los sorgos evaluados fue de 3.99%, que es un valor relativamente superior a lo esperado.

Extracto no nitrogenado

El promedio obtenido para extracto no nitrogenado fue de 79.19%. La literatura trae 78.2% (Wall, 1975); Owen (1980) da valores de 70%, e Ibar (1987) 78.6%.

Taninos

Los niveles indicados por la literatura según método de Folin-Denis (1965) establecen un rango de 0.14 a 1.65% (Rooney, 1972). Teniendo en cuenta que el promedio obtenido para taninos fue de 0.93%, y que el 62.5% del total se sitúa en el rango inferior de 0.65% a 1.52%, se puede decir que los niveles no son exageradamente altos. Los niveles mínimos en los que se observan efectos tóxicos es de 0.5% a 0.8% del alimento total.

Laredo (1989) indica que niveles de taninos de 2% no son preocupantes, ya que el método utilizado para determinar los taninos no garantiza que ese porcentaje sea únicamente de taninos (puede contener otros compuestos fenólicos); aunque hubiese 2% de taninos, no llega a ser un contenido significativo al conformar la ración.

Fibra detergente neutra

Se obtuvo un promedio para fibra por detergente neutro de 41.17%. Este análisis no se recomienda para alimentos como granos de sorgo. No obstante, es un indicativo de aquella parte nutritiva del material que no es totalmente aprovechable, o que depende para serlo de la fermentación microbiana.

Solubilidad proteica

El promedio de este parámetro fue de 45.62%; el 50% de los genotipos se ubicaron en la parte del rango mayor.

Generalmente, la calidad de la proteína de los cereales es pobre; por tanto, el sorgo se encuentra en este nivel. Sin embargo, una solubilidad proteica de 50% es un valor muy bueno teniendo en cuenta lo anteriormente dicho.

Carbohidratos solubles

En el sorgo se busca su valor energético, principalmente. El porcentaje de carbohidratos solubles da una visión de la disponibilidad inmediata de esta energía que será aprovechada por los animales.

El porcentaje de carbohidratos solubles obtenido fue de 1.5%, y quiere decir que un 2% del total de los carbohidratos del sorgo son altamente energéticos y de rápida acción.

Minerales

Según lo comunicado en la literatura, el sorgo tiene un porcentaje de calcio de 0.35% (Owen, 1980), de 0.02% (Hubbell, 1984) y de 0.03% (Ibar 1987). El promedio encontrado para este mineral fue de 0.02%. Para el fósforo, Owen (1980) da 0.28%; Hubbell (1984) da 0.27%; Ibar (1987) da 0.45%. El promedio estuvo en 0.41%.

Comparando los resultados obtenidos con lo informado en la literatura, se hallaron buenos niveles de estos dos importantes minerales.

Cuadro 1. **Contenidos de sodio, potasio, magnesio, azufre, hierro, zinc, manganeso y cobre del sorgo en tres fuentes distintas. ^a**

Minerales	PB	Ib	Hb	Promedio de Genotipos
Sodio (%)	0.20	0.02	0.01	0.02
Potasio (%)	0.40	0.40	0.35	0.45
Magnesio (%)	0.18	0.25	0.13	0.14
Hierro (ppm)	67	40	54.75	
Zinc (ppm)	37	10	35.25	
Manganeso (ppm)	10	28.8		
Cobre (ppm)	5.4	19	6.0	

a.

PB. = Pinta y Busson (1963) citado por Wall (1975);

Ib. = Ibar (1987); Hb. = Hubbell (1984) citado por Sullivan (1989).

El Cuadro 1 muestra que, según los diferentes informes, los sorgos evaluados presentan niveles ligeramente superiores a los esperados; son un poco deficientes en magnesio. Con respecto al azufre, que no aparece en el Cuadro 1, no hay referencias bibliográficas sobre el nivel de este elemento en el sorgo. El porcentaje de azufre sólo fue detectado en una muestra; los demás genotipos, seguramente, presentaban niveles inferiores al determinado por la técnica, que fue de 0.2%.

Selección de genotipos

La selección preliminar se realizó según dos criterios:

- Rendimiento agronómico.
- Caracterización química (principalmente, contenido de proteínas y taninos).

Rendimiento agronómico:

Para la selección, los parámetros tenidos en cuenta fueron principalmente proteínas y taninos, y se recurrió a la información agronómica que posee el programa de sorgo de INTSORMIL (1988). Para obtener la media de producción de cada genotipo, se consideraron las producciones en los semestres A y B de 1988 en cada una de las localidades sembradas. Se obtuvo el promedio por localidad, y el índice ambiental (promedio local—promedio general).

La selección se hizo estadísticamente, por regresión lineal, para el rendimiento; éste se tomó como función del índice ambiental, donde el coeficiente de regresión es un indicativo del grado de adaptación de los genotipos de sorgo a la región de Arauca. Cuando $b = 1$ se considera que el genotipo es adaptable (Russell et al, 1966).

Por medio de una gráfica se asociaron los datos de proteína y de taninos. La abscisa era la proteína y la ordenada los taninos. De esta forma se seleccionaron los genotipos con alto contenido de proteína y alto rendimiento, y bajos en taninos.

También en forma secundaria se tuvieron en cuenta los otros principios evaluados como grasa, ceniza y especialmente materia seca. En los agronómicos se tuvieron en cuenta los genotipos más bajos, porque son más fáciles de cosechar en forma mecanizada.

Con base en los criterios mencionados se seleccionaron 14 genotipos a los cuales se les realizará nuevamente análisis de minerales, fibra por detergente neutro, fibra bruta, energía, grasa, taninos, con el fin de seleccionar los genotipos que serán sometidos a evaluación biológica (digestibilidad en cerdos).

Como testigo se evaluaron 2 variedades pertenecientes al ICA, Icaima e Ica Nataima.

Selección final

Los parámetros tenidos en cuenta para la selección fueron: rendimiento, porcentaje de proteína, porcentaje de taninos y energía. Se hizo un análisis de varianza para proteína y energía, y se hallaron diferencias entre los tratamientos; los correspondientes a proteína se clasificaron en tres niveles, a saber:

Bajo: porcentaje de proteína menor de 9.20% en el que se ubicaron los siguientes genotipos:

GENOTIPO (%)	VALOR
IS 3522	9.14
PPQ-2	9.08
IS 8996	9.02
ICAIMA	8.76
IS 2765	8.42

Medio: porcentaje de proteína entre 9.20% y 10.84%, en el que clasificaron los siguientes:

GENOTIPO (%)	VALOR
IS 9945	10.84
IS 9938	10.56
MN 4508	10.44
IS 8931	10.40
IS 7151	10.18
IS 9084	9.93
IS 6944	9.64

Alto: porcentaje de proteína superior a 10.84%, en el que clasificaron los siguientes genotipos:

GENOTIPO (%)	VALOR
Serere 1	11.44
IS 8577	11.35
IS 12152	11.06
ICA Nataima	11.00

Los tratamientos correspondientes al valor energético del grano se dividieron en dos niveles:

Bajo: tratamientos menores de 4437 cal/g. Se clasificó aquí un solo genotipo:

ICA-Nataima: 4.436 cal/g.

Medio: para valores entre 4.437 y 4.634 cal/g. El mayor número de genotipos clasificaron en esta categoría:

GENOTIPO (cal/g)	VALOR
IS 7151	4634
IS 12152	4627
IS 3522	4610
IS 9084	4609
IS 8996	4588
IS 6944	4570
IS 9316	4558
Serere 1	4558
IS 8577	4558
IS 8577	4547
IS 2765	4538
MN 4508	4528
PPQ 2	4516
IS 9945	4506
Icaima	4477

Alto: valores mayores de 4634 cal/g. Se clasificó aquí un solo genotipo.

IS 9938: 4654 cal/g

Aparte el análisis de varianza, se calculó la correlación entre proteína y taninos; también se calculó entre energía disponible y taninos. Donde la correlación era positiva, estos resultados parecían contradictorios, lo que es explicable porque éstas son características gobernadas por muchos genes. Posiblemente el mejoramiento ha aumentado el contenido de energía junto con el porcentaje de taninos.

Hubo genotipos con características químicas similares, pero con características agronómicas indeseables, como una altura de planta superior a 1.80 m. Por esto fue necesario prescindir de ellos.

Los genotipos seleccionados fueron los siguientes:

IS 8577
Serere 1
MN 4508

cuyos valores de selección aparecen en el cuadro 2.

El genotipo MN 4508 presenta un nivel de taninos alto. Se empleará para observar el efecto alto de los taninos en la digestibilidad, comparando ésta con la de otros genotipos seleccionados.

Cuadro 2. **Genotipos seleccionados.**

Genotipo	Rendimiento (t/ha)	Proteína (%)	Energía Bruta (cal/g)	Taninos (%)
IS 8577	2.42	11.35	4.547	0.82
MN 4508	2.60	10.44	4.528	1.27
Serere 1	2.22	11.44	4.588	0.65

Ensayo Biológico

Los coeficientes de digestibilidad de los diferentes principios nutritivos de un genotipo presentan ligeras diferencias frente a los de otros genotipos, y es difícil considerar un genotipo mejor que otro. Los coeficientes de digestibilidad de cada parámetro, para cada genotipo, aparecen en los cuadros 3 y 4.

Materia seca

La digestibilidad de la materia seca es alta; el promedio para los tres genotipos estuvo en 88.71% encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos.

Proteína

El promedio de digestibilidad para la proteína fue de 82.03%; no se presentaron diferencias entre los tratamientos.

Este porcentaje de proteína es un nivel muy alto, y favorece la nutrición de los monogástricos. La proteína, uno de los principios nutritivos más importantes, es también uno de los más costosos en una ración. Estas variedades de sorgo, por tanto, son una fuente de proteína de buena calidad de fácil aprovechamiento.

Energía digestible verdadera

La literatura trae valores de energía verdadera (digestible) de los cereales de 2700 y 3700 kcal/kg, en general Buitrago (1981) sugiere valores de 3465 kcal/kg de energía digestible para el sorgo. Para energía metabolizable, Sullivan (1989) da un valor de 3432 kcal/kg.

Las tres variedades presentaron valores muy similares; su promedio de energía digestible fue de 4004 kcal/kg, y el de energía metabolizable de 3753 kcal/kg. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Partiendo de lo comunicado por la literatura, se puede decir que estas variedades poseen un valor energético muy bueno. Pueden utilizarse con seguridad para elaborar raciones equilibradas, porque cumplen la función principal del sorgo, que es ser fuente energética buena.

Grasa

La digestibilidad de la grasa en el sorgo es un factor medianamente importante. Debe aclararse que el sorgo no es fuente de grasa, pero tiene, en promedio, 90.74% de digestibilidad; por consiguiente, aunque el contenido de grasa de estos sorgos no sea muy alto, la cantidad que poseen se está aprovechando al máximo. Como en los otros parámetros, en este se encontraron diferencias significativas.

Fibra

Comúnmente se dice que el animal no aprovecha la fibra, sobre todo el monogástrico; no obstante, una digestibilidad del 47.74% es un valor muy satisfactorio. Quiere decir que el animal aprovecha casi un 50% de esa fibra, que se halla quizás en forma de carbohidratos estructurados.

Ceniza

La ceniza representa una porción de una materia prima constituida por minerales, algunos completamente insolubles como la sílice; aunque el animal no está en capacidad de aprovechar este mineral, hay otros minerales que son aprovechables como el calcio y el fósforo.

La digestibilidad de la ceniza da una idea del modo como utiliza un animal un conjunto de minerales cuya composición desconocemos. El promedio para los sorgos evaluados fue de 85.64%, y también hubo diferencias entre los tratamientos.

Taninos

Al hablar de la digestibilidad de los taninos, no se puede decir que el valor 89.03%, que fue el promedio presentado por las variedades evaluadas, sea conveniente. Al contrario de los valores de los otros parámetros, éste no fue benéfico; en efecto, la digestibilidad tan alta de los taninos puede conducir a que la proteína o la energía no se estén aprovechando en un 100%.

Calcio y fósforo

Los coeficientes de digestibilidad para estos dos minerales están muy ligados con el coeficiente de digestibilidad de la ceniza, lo que se comprueba con los promedios encontrados para los materiales estudiados.

El promedio para el calcio fue de 97.35% y para el fósforo de 88.83%, que son valores muy altos e importantes si se considera lo necesarios que son estos minerales en la dieta. En ambos principios se encontró diferencia entre tratamientos.

Digestibilidad in vitro

El promedio de digestibilidad de los genotipos evaluados fue de 88%, que es un excelente valor si consideramos la significancia que éste tiene en la dieta. Esta técnica de determinar la digestibilidad no es muy recomendada para monogástricos porque se basa en líquido ruminal; sirve de referencia, sin embargo, para comparar estas líneas de sorgo con otros cereales.

Conclusiones

Criterios de selección

La primera evaluación incluyó 29 genotipos, los cuales fueron seleccionados según tres parámetros: Rendimiento, proteína, y taninos. De los resultados obtenidos, el número original se redujo a 16 genotipos.

La segunda evaluación incluyó 16 genotipos, los cuales se seleccionaron según los siguientes parámetros: rendimiento, proteína, taninos, y energía bruta.

Aunque había genotipos con excelente composición química, no fueron seleccionados por poseer características agronómicas negativas, por ejemplo, alturas de planta superior a 1.80 m.

Algunos de los materiales no seleccionados pueden ser liberados como sorgos forrajeros.

Se seleccionaron finalmente tres genotipos: IS 8577, MN 4508, Serere 1. Variedades que siempre produjeron por encima de 2.5 toneladas en todas las localidades en suelos de vega.

Discusión de los principios nutritivos considerados

El contenido de materia seca de los genotipos seleccionados es inferior al de los testigos locales en 1%, y en 2% a los valores sugeridos en la literatura. La materia seca hallada fue de 86.23% para IS 8577, 86.63% para MN 4508, y 84.87% para Serere 1.

El contenido de proteína de los tres genotipos seleccionados supera en promedio, en 1.29% a la variedad local Icaima.

La energía de los genotipos evaluados supera ligeramente (4540 vs 4470) al mejor testigo local; la literatura reporta para este parámetro 4000 cal/g. El genotipo con mayor valor de energía fue Serere (4558) seguido por IS 8577 (4547) y por MN 4508 (4528).

El contenido promedio de grasa de los genotipos evaluados supera ampliamente a Icaima (2.69%) y a ICA-Nataima (3.38%); los valores encontrados fueron: para IS 8577, 4.69%; para MN 4508, 3.42%, y para Serere 1, 3.90%.

El promedio de cenizas de los genotipos seleccionados es el siguiente: IS 8577 con 1.71%; MN 4508 con 2.40%; Serere 1 con 1.67%. Estos promedios son inferiores a los indicados en la literatura (2.3% y 2.0%); pero superan los de las variedades locales ICA-Nataima (1.55%) e Icaima con (1.84%).

El contenido de fibra de los tres genotipos supera ampliamente los valores comunicados en la literatura (2.28% y 3.5%) y los de los testigos locales ICA-Nataima (3.04%) e Icaima (3.45%). Esos valores fueron 3.83% para IS 8577, 4.08% para MN 4508 y 4.81% para Serere 1.

Comentario final

Se puede afirmar que estos materiales de sorgo, desde el punto de vista químico, no presentan grandes diferencias en cuanto a su composición.

Comparados con otros sorgos comerciales, no presentan desventajas en cuanto a su valor nutritivo, y pueden ser utilizados con seguridad como componentes de una dieta tanto para monogástricos como para ruminantes.

Los tres genotipos son una buena alternativa para los pequeños productores de Arauca, a quienes va dirigido específicamente este trabajo. Efectivamente, estos materiales ya han sido evaluados en esa región, y son los que finalmente presentaron mejor comportamiento agronómico y poseen un buen valor nutritivo.

El genotipo que presentó los mayores valores de digestibilidad fue MN 4508 excepto para grasa, fibra y

fósforo, ocupando el segundo puesto en proteína. También lo fue para energía digestible con 4035 cal/g y metabolizable con 3786 cal/g.

Los genotipos IS 8577 y Serere-1 también presentaron excelentes valores para todos los principios, haciendo difícil la escogencia de un segundo lugar de ubicación.

La determinación de la digestibilidad verdadera por medio de la técnica de la bolsa de dacrón móvil de los diferentes principios nutritivos determinados mostró diferencias entre tratamientos excepto para proteína. Estas diferencias no fueron explicadas satisfactoriamente por las covariables ambientales; tampoco se observó efecto por el tiempo de pesaje.

Los coeficientes de digestibilidad son valores altos y no presentan desventajas. Los valores de energía digestible y metabolizable de los tres genotipos son excelentes, ya que cumplen con lo requerido para cerdos en iniciación.

Cuadro 3. Comparación de principios nutritivos entre los genotipos seleccionados e Icaima. *

Material	M.S.	Prot.	Energ.	E.E.	Ceniza	Fibra	ELN	P	ELN
Icaima	87.07	8.78	4.477	2.69	1.84	3.45	.02	.37	83.24
IS 8577	86.23	11.35	4.547	4.69	1.71	3.83	.02	.35	78.42
MN 4508	86.63	10.44	4.528	3.42	2.40	4.08	.02	.40	79.66
Serere-1	82.87	11.44	4.558	3.90	1.67	4.81	.01	.34	78.18

a. M.S. = materia seca; Prot. = proteína; Energ. = contenido energético.

Cuadro 4. **Coefficientes de digestibilidad de los tres genotipos seleccionados. ***

Genotipo	M.S.	Prot.	Grasa	Fibra	Ceniza	Tanino	Ca	P
IS 8577	88.40	81.65	92.78	40.05	84.11	87.16	96.68	72.68
MN 4508	89.70	81.78	89.84	49.75	90.05	92.78	97.58	99.18
Serere 1	88.04	82.67	89.61	53.43	82.77	87.16	97.38	95.47

a. M.S. = Materia seca; Prot. = proteína.

Cuadro 5. **Energía digestible (E.D.) y metabolizable (E.M.) de los genotipos analizados.**

Genotipo	Coefficiente de E.M. (cal/kg)	Coefficiente de E.D. (cal/kg)
IS-8577	3748	4000
MN-4508	3786	4035
Serere-1	3726	3977

E. UTILIZACION

Evaluación del kudzú (*Pueraria montana*) suplementado con dos fuentes de energía, sorgo y harina de yuca y premezcla vitamínico mineral en alimentación de conejos en la fase de engorde. *

Liliana Silva S.

Victoria Q. de Vallejo **

Introducción

En Colombia, Departamentos como Cundinamarca, Antioquia y Valle, han alcanzado, en el último lustro, un notable auge en la explotación del conejo resultado de un mayor conocimiento de la reproducción, alimentación y patología de las razas explotadas con diferentes propósitos. Sin embargo, la principal limitación que presenta la cría del conejo es el alto costo de los alimentos concentrados comerciales; de éstos depende la mayoría de las explotaciones medianas y grandes, por lo que esta especie se ha vuelto un producto limitado a las clases de mayor poder adquisitivo.

Con el presente trabajo se busca fomentar la explotación de esta especie animal. En realidad, el conejo puede alimentarse con raciones a base de residuos de cultivos, como el sorgo y la yuca, y de plantas nativas como el Kudzú; una de estas especies no compiten con la dieta del hombre y permiten aprovechar las características fisiológicas y productivas del conejo, como son su prolificidad y fertilidad, su facilidad de manejo, y su eficiencia para utilizar la proteína de los forrajes.

La disminución de los costos de producción del conejo mejorará las condiciones de vida del pequeño agricultor y de su familia; en efecto, el consumo del conejo elevará la calidad de su dieta y le permitirá utilizar mejor los excedentes de producción del animal (la piel y el pelo) utilizados a nivel industrial, y el estiércol que se usa en la actividad agrícola como abono.

Localización y duración

El ensayo se lleva a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en Palmira (Valle). El trabajo de campo se hará en el bioterio adscrito al Departamento de Producción Animal, en un cubículo de 4 x 6 m, construido en madera (con muros de cemento), y malla.

Los datos climáticos del sitio son los siguientes:

- Altura: 1006 m.s.n.m.
- Precipitación anual: 1020 mm
- Temperatura media: 24 °C

Materiales y métodos

Materiales

- Se ensayan 63 conejos blancos recién destetados (de 30 a 35 días de edad) de la raza Nueva Zelanda.
- Para engorde de los conejos, 6 jaulas convencionales cuyas medidas son: 1,5 m de frente, 50 cm de altura, y 50 cm de profundidad. Cada una tiene capacidad para el engorde de 12 conejos y tienen su respectivo comedero, bebedero y 'pastera'.
- Concentrado comercial.
- Vermífugos.
- Aditivos (vitaminas y minerales).
- Sorgo, grano molido.
- Harina de yuca.
- Follaje de kudzú.

Métodos

- Se emplean 7 tratamientos, 3 repeticiones, y 3 animales por unidad experimental. En total 63 animales. El diseño es completamente al azar.
- Los animales son vermifugados e identificados antes del ensayo (1-2 días).
- Se desinfectan las jaulas y el equipo.
- Se realizan análisis de laboratorio de materias primas, análisis estadístico, y análisis económico.

a. Tratamientos

- T7 = Testigo; concentrado comercial (a voluntad) por día
- T4 = Sorgo + vitaminas-minerales a voluntad + kudzú seco a voluntad.

* Tesis, Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. (Resumen.)

** Zootecnista M. Sc., Universidad Nacional, Palmira; Directora de tesis.

- T5 = Sorgo + vit-min (30 g/animal/día) + kudzú seco a voluntad.
- T6 = Sorgo + vit-min (60 g/animal/día) + kudzú seco a voluntad
- T1 = Harina de yuca + vit-min a voluntad + kudzú seco a voluntad.
- T2 = Harina de yuca + vit-min (30 g/animal/día) + kudzú seco a voluntad
- T3 = Harina de Yuca + vit-min (60 g/animal/día) + kudzú seco a voluntad

b. Variables para medir

- Consumo de alimento, peso del alimento suministrado, y peso del sobrante diario.
- Peso corporal: peso inicial, peso semanal.

- Edad a la cual alcanza el peso de sacrificio. (Edad a la cual alcanza 2000 g de peso).
- Conversión alimenticia: calculada mediante la fórmula (consumo de alimento/aumento de peso) en el período experimental.
- Rendimiento en canal: se determina mediante el sacrificio de los animales; la canal incluye el corazón, el hígado y los pulmones, pero elimina la cabeza y las patas.
- Se utiliza la fórmula: $(\text{peso canal}/\text{peso animal vivo}) \times 100$.
- Mortalidad: se calcula por el número de animales al iniciar los tratamientos y el número al finalizarlos.
- Aspectos económicos del ensayo: evaluar económicamente las dietas para determinar los tratamientos económicamente viables.

F. AGRONOMIA

Estudio de sistemas y densidades de siembra en suelos con tres niveles de saturación de aluminio Arauca. (*Sorghum bicolor* (L) Moench).*

Julio Vigoya **

Guillermo Muñoz ***

Introducción

La necesidad de incrementar la producción de sorgo para suplir la demanda interna del país hace pensar en la incorporación de nuevas zonas potencialmente aptas para la producción nacional. Una de ellas es la Intendencia de Arauca que, aunque tiene condiciones ecológicas aptas para el cultivo del sorgo, presenta problemas de alta saturación de aluminio y de baja fertilidad en la mayoría de sus suelos. Estos suelos corresponden a las sabanas nativas calificadas en el nivel 3 de saturación de aluminio, con porcentaje superiores al 60%. Hay también, aunque en menor proporción, suelos con niveles más bajos de saturación de aluminio, a saber: vegón (nivel 2) con porcentajes de saturación entre 30% y 60%, y vega (nivel 1) con saturación de aluminio entre 0% y 30%. Por esta razón, es necesario llevar a cabo estudios con genotipos de sorgo adaptados a las condiciones de la zona particular con el fin de obtener variedades propias para ésta. Estos materiales deben ser liberados con un paquete agronómico que incluya, entre otras cosas, los sistemas y densidades de siembra, con el fin de que el agricultor maneje eficientemente los materiales que reciba y obtenga el rendimiento y la rentabilidad máximos.

Objetivos

- Evaluar genotipos de sorgo para los tres niveles de saturación de aluminio existentes en los suelos de la Intendencia de Arauca, empleando sistemas y densidades de siembra específicos.
- Determinar el mejor sistema de siembra para los genotipos de sorgo evaluados en su nivel de saturación de aluminio correspondiente.
- Determinar la mejor densidad de siembra en los sistemas de siembra ensayados, para los genotipos de sorgo evaluados en el nivel de saturación de aluminio que les corresponde.

- Establecer el comportamiento de cada genotipo de sorgo en su nivel correspondiente de saturación de Al, según el rendimiento y los componentes de éste. Correlacionar los resultados obtenidos en los otros niveles en que también se evaluaron esos genotipos.

Localización

El ensayo se llevó a cabo en tres localidades de la Intendencia de Arauca, cuyos suelos presentan diferentes niveles de saturación de aluminio, así:

Localidad 1: Vereda San Lorenzo, del municipio de Arauquita. Esta localidad se encuentra clasificada en el nivel 1, clase A, de saturación de aluminio.

Localidad 2: Finca El Rancho, vereda Palestina, del municipio de Tame. Esta localidad se encuentra clasificada en el nivel 2 de saturación de aluminio.

Localidad 3: Vereda Grimonero, del municipio de Arauca. Esta localidad se encuentra clasificada en el nivel 3, clase B, de saturación de aluminio.

Diseño experimental

Se aplica en todas las localidades un diseño de bloques al azar, con arreglo en parcelas sub-subdivididas; para la localidad 1 (San Lorenzo) se emplearon cinco repeticiones, y para las otras localidades cuatro repeticiones.

Tratamientos

- a. En San Lorenzo: En esta localidad se ensayaron cuatro genotipos de sorgo (PPQ-2, Serere 1, IS-3071, IS-6944), dos sistemas de siembra (30 y 60 cm entre surcos) y dos densidades de siembra (10 y 20 plantas/m). En total 16 tratamientos combinados.
- b. En El Rancho: En esta localidad se ensayaron tres genotipos de sorgo (PPQ-2, Serere 1, IS-8577), seis sistemas de siembra (60, 45, 30, 15 cm entre surcos con 20 ó 15 kg/ha de semillas), y dos densidades de siembra para los sistemas de surco (10 y 20 plantas/m). En total, 30 tratamientos combinados.

* Tesis, Ing. Agrónomo, Universidad Tecnológica de los Llanos, Villavicencio. (Resumen.)

** La Esperanza, Etapa 7a., sector 2, casa 5, Villavicencio

*** Fitomejorador, Ph. D., INTSORMIL/CIAT; Director de tesis.

c. En Grimonero: En esta localidad se evaluaron cuatro genotipos de sorgo (PPQ-2, Serere 1, IS-3071, IS-8577), tres sistemas de siembra (60, 30, 15 cm entre surcos), y una densidad de siembra (15 plantas/m). En total 12 tratamientos combinados.

La variedad que dio los mayores rendimientos fue IS 3071 (4497.2 kg/ha) seguida por IS 6944 con 4119.9 kg/ha y por Serere 1 con 4091.2 kg/ha; el rendimiento más bajo lo dio la variedad PPQ 2, cuyo promedio es de sólo 3816.9 kg/ha (Cuadro 2).

Resultados sobresalientes

a. En San Lorenzo

El mayor rendimiento se obtuvo sembrando la variedad IS 3071, con densidad 30-10 (combinación de sistema y densidad de siembra: 30 cm entre surcos y 10 planta/m). Esta variedad produjo en el ensayo, en promedio, 5228.9 kg/ha, seguida por la variedad PPQ-2, densidad (30-20), que produjo en promedio 5164.1 kg/ha. La variedad Serere 1, densidad (30-20), produjo 5147.7 kg/ha (Cuadro 1).

La densidad con que se obtuvieron los mayores rendimientos, en promedio, fue (30-20) con 4846.0 kg/ha, seguida de (30-10) con 4586.5 kg/ha. Las combinaciones con distancias amplias entre surcos fueron inferiores a las dos anteriores; (60-20) produjo 3579.6 kg/ha y (60-10), 3505.0 kg/ha (Cuadro 3). Esto permite afirmar que hay diferencias significativas en estas variedades cuando disminuyen las distancias entre los surcos; no hay, sin embargo, diferencias entre 10 y 20 plantas/m para ninguna de las dos distancias entre surcos empleados en el ensayo (Cuadro 3).

Cuadro 1. Rendimiento promedio de 16 genotipos de sorgo cultivados en diversas densidades de siembra, en San Lorenzo.

Material y tratamiento	Promedio (kg/ha)
IS 3071 (30-10)	5228.9
PPQ-2 (30-20)	5164.1
Serere (30-20)	5147.7
Serere (30-10)	4788.8
IS 3071 (30-20)	4924.4
IS 6944 (30-10)	4585.3
IS 6944 (30-20)	4148.4
IS 3071 (60-20)	4014.7
IS 6944 (60-20)	3874.1
IS 6944 (60-10)	3839.6
IS 3071 (60-10)	3820.9
PPQ-2 (30-10)	3742.9
PPQ-2 (60-20)	3358.8
Serere (60-10)	3357.6
Serere (60-20)	3070.6
PPQ-2 (60-10)	3001.9

Cuadro 2. **Prueba de densidades de siembra en San Lorenzo: promedio de rendimiento por variedad, corregido por humedad (14%).**

Variedad	30-10	30-20	60-10	60-20	Promedio
IS 3071	5228.9	4924.4	3820.9	4014.7	4497.2
Serere 1	4788.8	5147.7	3357.6	3070.6	4111.9
IS 6944	4585.3	4148.4	3839.6	3874.1	4091.2
PPQ-2	3742.9	5164.1	3001.9	3358.8	3816.9

Cuadro 3. **Prueba de densidades en San Lorenzo: promedio de rendimiento por densidad, corregido por humedad (14%).**

Densidad	PPQ-2	Serere 1	3071	6944	Promedio
30-20	5164.1	5147.0	4924.4	4148.4	4846.0
30-10	3742.9	4788.8	5228.9	4585.3	4586.5
60-20	3358.8	3070.6	4014.7	3874.1	3579.6
60-10	3001.9	3357.6	3820.9	3839.6	3505.0

b. En Grimonero

Los mayores rendimientos se obtuvieron aquí al sembrar la variedad IS-8577 con la densidad (30-15), o sea, 1428 kg/ha; enseguida están la misma variedad con la densidad (60-15) y Serere 1 con la densidad (60-15), que dieron rendimientos de 1216 y 1207 kg/ha, respectivamente (Cuadro 4).

En cuanto a las variedades, la que obtuvo el mayor rendimiento promedio fue IS-8577, con 1274 kg/ha; la sigue Serere 1 con 1038 kg/ha. PPQ-2 e IS-3071 presentaron los menores rendimientos, a saber, 865 y 859 kg/ha, respectivamente (Cuadro 5).

Respecto a densidades de siembra, el mayor rendimiento promedio se alcanzó con la densidad (60-15), o sea 1058 kg/ha; la siguen (30-15) y (15-15) con producciones promedio de 985 y 984 kg/ha, respectivamente (Cuadro 6).

c. A pesar de que ya se encuentra terminada la parte de campo del ensayo realizado en la finca El Rancho, los resultados del análisis estadístico aún no se han concluido.

Cuadro 4. **Prueba de densidades de siembra en Grimonero: rendimiento de las parcelas.**

Variedad y densidad	Producción (kg/ha)
IS-8577 (30-15)	1428
IS-8577 (60-15)	1216
Serere 1 (60-15)	1207
IS-8577 (15-15)	1128
Serere 1 (15-15)	1112
IS-3071 (60-15)	1086
PPQ-2 (15-15)	1045
IS-3071 (30-15)	841
PPQ-2 (30-15)	828
Serere 1 (30-15)	794
PPQ-2 (60-15)	722
IS-3071 (15-15)	650

Cuadro 5. **Prueba de densidades de siembra en Grimonero: promedio de rendimiento por variedad:**

Variedad	15-15	30-15	60-15	Promedio
IS-8577	1128	1478	1216	1274
Serere-1	1112	794	1207	1038
PPQ-2	1045	828	722	865
IS-3071	650	841	1086	859

Cuadro 6. **Prueba de densidades de siembra en Grimonero**

Densidad	IS-8577	Serere 1	PPQ-2	IS 3071	Promedio
60-15	1216	1207	722	1086	1058
30-15	1478	794	828	841	985
15-15	1128	1112	1945	650	984

G. PATOLOGIA

Identificación y evaluación de las enfermedades fúngicas de 19 genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en dos localidades del Departamento de Meta *

Luis Alfonso González R.
María del Rosario Silva **

Justificación y objetivos

Las condiciones climáticas de las regiones sorgueras del Meta son muy variables y favorecen el desarrollo de los organismos fitopatógenos. La carencia de materiales de sorgo tolerantes a las enfermedades fúngicas, el desconocimiento del agente causal de algunas enfermedades, la severidad de su ataque en cada etapa vegetativa del cultivo en y los genotipos utilizados, y la incidencia de esos fitopatógenos en el rendimiento justifican la presente investigación. Las epifitias causadas por hongos han ocasionado, además, pérdidas hasta del 100% en varias oportunidades.

Se hizo un estudio fitopatológico en 19 genotipos de sorgo comerciales y experimentales en Granada y Puerto López en el Meta, en 1988 B, con el fin de determinar la etiología de los hongos causantes de las principales enfermedades en cada región, la intensidad de la infección foliar en diferentes etapas de desarrollo del cultivo, y el daño causado en el tallo, en el raquis y en la panoja de cada genotipo.

Metodología

El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se hicieron evaluaciones de punto fijo (cuatro plantas por parcela). La infección foliar se evaluó cada 10 días después de la emergencia, hasta la etapa de grano lechoso. Las enfermedades en el tallo, en el raquis, y en la panoja se evaluaron al momento de la cosecha. Se utilizaron las escalas de los Anexos 1 a 3 para calificar el grado de infección en las estructuras mencionadas de los 19 genotipos.

Realizada la toma de datos en el campo, se tomaron muestras de las partes afectadas y se llevaron al laboratorio, donde se sembraron en cámara húmeda. Más tarde se hicieron aislamientos en medios de cultivo puros para identificar el hongo fitopatógeno mediante el empleo de claves, estereoscopio y microscopio.

Resultados

Las enfermedades fúngicas encontradas en las hojas, en las dos localidades, fueron las siguientes:

- Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*)
- Mancha anillada o lunar de anillo (*Gloeocercospora sorghi*).
- Mancha púrpura (*Helminthosporium turcicum*)
- Mancha gris (*Cercospora sorghi*)

La antracnosis fue la enfermedad de mayor incidencia, a nivel foliar, tanto en Granada como en Puerto López, ya que afectó todos los genotipos con excepción del Canguro YS-60; en Granada, éste no presentó síntomas causados por *Colletotrichum*. La mancha anillada (*G. sorghi*) fue la segunda en orden de importancia. Según los resultados obtenidos, la presión del inóculo de este patógeno es más fuerte en Puerto López, donde la totalidad de los genotipos fueron afectados; en Granada, en cambio, el daño fue leve y algunos materiales se encontraron libres de la enfermedad (Cuadro 1).

La mancha púrpura (*Helminthosporium turcicum*) y la mancha gris (*C. sorghi*) fueron las enfermedades fúngicas de menor incidencia en las hojas. Sin embargo, la mancha púrpura ocasionó mayor daño en Granada donde algunos genotipos como P 8187, Estrada 2 e Icaima, presentaron infección superior al 13% (Cuadro 1). Los resultados obtenidos parecen demostrar que posiblemente la presión del inóculo de *Cercospora sorghi* no es alta en las dos localidades, o que, en general, la mayoría de los materiales evaluados son resistentes al ataque de este patógeno.

El genotipo más afectado en las hojas por *C. graminicola*, tanto en Granada como en Puerto López, fue NK-2888 con un promedio de 44.5% de A.F.A., y el más tolerante fue Canguro YS-60 con promedio de 3.5% A.F.A. por antracnosis. Icaima fue el segundo material más afectado por este patógeno en las dos localidades ($X = 30\%$ A.F.A.) (Cuadro 2). Sin embargo, NK-266 y Canguro YS-60 (el más tolerante a la antracnosis) presentaron la mayor A.F.A. por *Gloeocercospora sorghi* en las dos localidades ($X = 18\%$ y 15% , respectivamente). El híbrido P-8416-A resultó ser el más tolerante a este hongo con una infección del 5%, aunque las variedades de INTSORMIL presentaron un A.F.A. inferior a 8% (Cuadro 2).

La variedad Icaima presentó el mayor grado de infección por *Helminthosporium turcicum* en las dos localidades ($X = 14\%$

* Tesis, Ing. Agrónomo, Universidad Tecnológica de los Llanos, Villavicencio.

** Bióloga, M. Sc., Universidad Tecnológica de los Llanos, Villavicencio.

A.F.A), mientras que el híbrido NK-2888 y las variedades de INTSORMIL (Serere 1, MN-4508, IS-7151 e IS- 8577) no presentaron sintomatología alguna de la mancha púrpura en la hoja (Cuadro 2).

La infección foliar por *Cercospora sorghi* fue muy baja en las dos localidades. El híbrido P-8239 fue el más afectado ($X = 7.3\%$ A.F.A.). NK-2888, Icaima, Estrada 1, Estrada 2, D-61, P-8416 A, P-8187, Savanna 5, Sorghica NH- 301 y Canguro YS-60 no presentaron daño por este patógeno en las dos regiones en que se evaluaron (Cuadro 2).

Los genotipos que presentaron la mayor área foliar total afectada en las dos localidades, fueron Icaima y NK-2888, con promedios de 75.5% y 51%, respectivamente (Cuadro 3). Serere 1 fue el más tolerante de todos los genotipos ($X = 16.2\%$ A.F.A. total).

Los hongos fitopatógenos aislados de tallos y raquis fueron *Fusarium moniliforme* y *Colletotrichum graminicola*. Ambos patógenos se encontraron en las dos localidades de estudio, pero no hicieron daño individualmente sino en forma de complejos fungosos. En general, el daño en el tallo no fue muy severo, aunque en Granada el genotipo Alfa 2 fue el más afectado en esta estructura (27.5%), y el híbrido D-61 resultó ser el más tolerante (13.5% de infección). En Puerto López el híbrido Savanna 5 presentó 25% de infección en el tallo; IS-8577 e IS-7151 fueron los más sanos (10% infección cada uno) (Cuadro 4).

Comparando el daño fungoso a nivel del raquis en las dos localidades, el 70% de los genotipos fue más afectado en Granada (Cuadro 4); Estrada 1 presentó allí mayor susceptibilidad (42.5% de infección) y Serere 1 más tolerancia (8.75%). En Puerto López, en cambio, el Alfa 2 fue el de mayor infección fungosa (33.75%) y a diferencia de Granada, el Estrada 1 fue el menos afectado en esta localidad (6.24%).

En general, Sorghica NH-301 fue el más afectado en el raquis ($X = 33.3\%$) y las variedades de INTSORMIL resultaron ser las más tolerantes ($X < 14.4\%$ de Infección) (Cuadro 5).

A nivel de la panoja, se encontraron los hongos *F. moniliforme* y *Curvularia lunata*, reconocidos como causantes de la enfermedad "grain molds" (mohos del grano). En Granada se encontró el mayor porcentaje de infección de estos hongos en casi todos los genotipos. Allí Estrada 1 fue el más afectado en la panoja (42.5%) y MN-4508 el más sano (8.75% de infección). En Puerto López, Sorghica NH-301 y Alfa 2 presentaron el mayor daño fungoso (32.5%), mientras que Estrada 1 resultó más tolerante (7.5%) (Cuadro 4).

Al promediar los resultados obtenidos en las dos localidades, se halló que Sorghica NH-301 era el más afectado en la panoja y MN-4508 el más sano (35.6% y 10.6%, respectivamente) (Cuadro 5).

Cuadro 1. **Porcentaje de afección foliar (AFA) de cada enfermedad fungosa en 19 genotipos de sorgo, en Granada y Puerto López, Meta, 1988 B.**

Genotipo	A F A (%) para:									
	Amtracnosis		Mancha anillada		Mancha púrpura		Mancha gris		Total	
	G.	P.L.	G.	P.L.	G.	P.L.	G.	P.L.	G.	P.L.
NK-266	15.0	17.0	16.0	20.0	2.8	5	2.5	4	36.3	46.0
NK-2888	54.0	35.0	—	13.0	—	—	—	—	54.0	48.0
Pionner										
8239	8.5	8.0	7.0	5.0	3.0	9	3.6	11	22.1	33.0
Pionner										
8416-A	10.0	12.0	—	10.0	8.0	7	—	—	18.0	29.0
Pionner										
8225	10.0	7.5	7.0	9.0	4.0	4	—	2	21.0	22.5
Pionner										
8187	10.0	11.0	—	18.0	23.0	1	—	—	33.0	30.0
Canguro										
YS-60	—	7.0	20.0	10.0	4.0	5	—	—	24.0	22.0
D-16	14.0	12.0	5.0	13.0	11.0	7	—	2 30.0	34.0	
Icaima	37.0	25.0	13.0	12.0	13.0	15	—	—	63.0	52.0
Sorghica	10.0	8.5	8.3	9.0	6.4	7	—	—	24.7	24.5
Savanna 5	11.0	7.8	9.0	11.0	—	1	—	—	20.0	18.8
Estrada 1	17.0	11.0	3.0	12.0	—	—	—	—	20.0	23.0
Estrada 2	13.0	15.0	17.0	13.0	15.0	2	—	—	45.0	30.0
Alfa 2	20.0	10.0	—	12.5	8.0	6	5.0	—	33.0	28.5
Serere 1	8.0	6.5	7.8	7.2	—	—	3.0	—	18.8	13.7
MN-4508	7.5	7.8	8.2	7.5	—	—	5.0	4	20.7	18.3
IS-7151	9.0	5.5	7.6	8.0	—	—	6.0	4	22.6	17.5
IS-8577	7.0	7.5	6.5	8.3	—	—	5.0	6	18.5	21.8
Rendidor										
87	11.0	13.0	4.0	15.0	3.0	6	—	5	18.0	39.0

Cuadro 2. **Area foliar afectada (AFA) por varias enfermedades fungosas en 19 genotipos de sorgo, en Meta, 1988B.**
Promedio de dos localidades.

Genotipo	A F A (%) para:			
	Mancha Antracnosis	Mancha anillada	Mancha púrpura	Gris
NK-2888	44.50	6.50	—	—
Icaima	31.00	12.50	14.00	—
NK-266	16.00	18.00	3.90	3.25
Alfa 2	15.00	6.25	7.00	2.50
Estrada 1	14.00	7.50	—	—
D-61	13.00	9.00	9.00	1.0
Rendidor 87	12.00	9.50	4.50	2.5
P-8416-A	11.00	5.00	7.50	—
P-8187	10.50	9.00	12.00	—
Savanna 5	9.40	10.00	0.50	—
S. NH-301	9.25	8.65	6.70	—
P-8225	8.75	8.00	4.00	1.0
P-8239	8.25	6.00	6.00	7.3
MN-4508	7.65	7.85	—	4.5
IS-7151	7.25	7.80	—	5.0
Serere 1	7.25	7.50	—	1.5
IS-8577	7.25	7.45	—	5.5
Canguro YS-60	3.50	15.00	4.50	—
Estrada 2	14.00	15.00	8.50	—

Cuadro 3. **Area foliar afectada (AFA) por hongos en 19 genotipos de sorgo, en Granada y Puerto López, Meta, en 1988**
B. Porcentajes totales.

Genotipo	AFA (% total) en:		
	Granada	Puerto López	Promedio
Icaima	6.3	52.0	57.5
NK-2888	54.0	48.0	51.0
Estrada 2	45.0	30.0	37.5
NK-266	36.3	46.0	41.1
P-8187	33.0	30.0	31.5
Alfa-2	33.0	28.5	30.8
D-61	30.0	34.0	32.0
Canguro YS-60	24.0	22.0	23.0
IS-7151	22.6	17.5	20.0
Sorghica NH-301	24.7	24.5	23.3
MN-4508	20.7	18.3	19.5
P-8225	21.0	22.5	21.75
P-8239	22.1	33.0	27.5
Estrada 1	20.0	23.0	21.5
Savanna 5	20.0	18.8	19.4
IS-8577	18.5	21.8	20.1
Serere 1	18.8	13.7	16.2
Rendidor 87	18.0	39.0	28.5
P-8416-A	18.0	29.0	23.5

Cuadro 4. **Porcentaje de infección en la panoja, en el raquis, y en el tallo, en 19 genotipos de sorgo evaluados en dos localidades del Departamento de Meta, en 1988 B.**

Genotipo	% Infec. panoja		% Infec. raquis		% Infec. Tallo	
	Granada	P.López	Granada	P.López	Granada	P.López
NK-266	26.25	12.50	22.50	12.50	23.75	18.75
NK-2888	25.00	31.25	26.25	16.25	23.75	20.00
P-8239	21.25	20.00	22.50	10.00	17.50	15.00
P-8416-A	28.75	23.75	27.50	7.50	16.25	18.75
P-3187	26.25	22.50	30.00	21.25	23.75	21.25
P-8225	26.25	8.75	27.50	8.75	22.50	18.75
C. YS-60	30.00	12.50	32.50	8.75	16.25	13.75
D-61	35.25	20.00	38.75	18.75	13.75	13.75
S. NH-301	38.75	32.50	36.25	26.25	25.00	22.50
Savanna 5	41.25	8.75	38.75	11.25	23.75	25.00
Estrada 1	42.50	7.50	42.50	6.25	23.75	21.25
Estrada 2	26.25	13.75	28.75	8.75	21.25	21.25
Alfa 2	18.75	32.50	18.75	33.75	27.50	21.25
Rend. 87	22.50	17.50	21.25	16.25	25.00	13.75
Icaima	27.50	21.25	28.75	15.00	18.75	16.25
Serere 1	10.00	16.25	8.75	12.50	25.00	18.75
MN-4508	8.75	12.50	10.00	11.25	22.50	16.25
IS-7151	10.00	12.50	11.25	16.25	17.50	10.00
IS-8577	11.25	16.25	11.25	17.50	17.50	10.00

Cuadro 5. **Porcentaje de infección fungosa en el tallo, en el raquis, y en la panoja, en 19 genotipos de sorgo. Promedio de dos localidades en Meta, 1988 B.**

Genotipo	% Inf.Panoja	% Inf.Raquis	% Inf.Panoja
NK-266	19.37	17.50	21.25
NK-2888	28.12	21.30	21.90
P-8239	20.62	16.30	16.30
P-8416-A	26.25	17.50	17.50
P-8187	24.38	25.60	22.50
P-8225	17.50	18.10	20.60
C. YS-60	21.25	20.60	15.00
D-61	28.12	28.75	13.75
S. NH-301	35.60	31.30	23.80
Savanna 5	25.00	25.00	24.40
Estrada 1	25.00	24.40	22.50
Estrada 2	20.00	18.0	21.30
ALFA 2	25.60	26.25	24.80
Rendidor 87	20.00	18.80	21.30
Icaima	24.37	21.90	17.50
Serere 1	13.12	10.60	21.90
MN-4508	10.60	10.60	19.80
IS-7151	11.25	13.80	13.80
IS-8577	13.75	14.40	13.80

Anexo 1. **Tabla de calificación para enfermedades foliares.**

CALIFICACION	OBSERVACION
0	No es posible la evaluación
1	Resistente; la enfermedad es incospicua o se presenta en una planta ocasionalmente.
2	La enfermedad está presente con prevalencia de 50% y poca severidad, causando, aparentemente, poco daño económico.
3	Enfermedad severa; prevalencia de 100%; destrucción del área de la hoja hasta un 25%. La enfermedad se presenta como de importancia económica.
4	Como en 3, pero con más de 25% la hoja destruida.
5	Muerte de las hojas o de las plantas por enfermedad

Fuente: Wall, G. 1983. Development of a technique to screen for resistance to *Cercospora sorghi*. 1983. Texas A&M University.

Anexo 2. **Tabla de evaluación para enfermedades fungosas en el tallo y en el raquis.**

Grado	Detalle	Porcentaje
0	Realizando corte longitudinal del tallo del raquis, no existen síntomas o no son visibles.	0
1	El avance del síntoma se presenta en un 20% de la longitud del tallo o del raquis.	15
2	El avance del síntoma prevalece en un 60% de la longitud total del tallo o del raquis con severidad baja.	30
3	El síntoma se encuentra en más de la mitad de la longitud del tallo o del raquis.	50
4	Casi la totalidad del tallo o del raquis se encuentra afectada. La enfermedades de importancia económica.	75
5	La infección cubre el 100% de la longitud del tallo o del raquis.	100

Anexo 3. **Tabla de evaluación para enfermedades de la panoja**

Grado	Observación	Porcentaje
0	No es posible la evaluación: los síntomas no son visibles.	0
1	La enfermedad aparece en unas pocas zonas no muy desarrolladas.	15
2	La enfermedad prevalece en un 60%; granos manchados con poca severidad. El daño económico no es grave.	30
3	Mayor severidad de la afección, y destrucción de más de la mitad de la panoja. El daño es de importancia económica; hay vaneamiento de granos.	50
4	Prevalencia del 100% de la enfermedad. Daño muy severo; casi la totalidad de la panoja está afectada.	75
5	Afección total de la panoja. Severidad del 100%; vaneamiento general de los granos.	100

H. AGROECOLOGIA

Estudio agroecológico de la zona apta para el cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor*) en Arauca. *

Edgar Riascos **

Guillermo Muñoz ***

Introducción

La planeación del desarrollo agropecuario, para que sea efectiva, debe fundamentarse en un marco de referencia biofísico que considere la relación agroecológica clima-suelo-cultivo. Son numerosos los factores ecológicos que contribuyen conjuntamente a la capacidad productiva de las tierras. Así, las características del clima y del suelo determinan la elección del sitio en que se establecerán los cultivos, y el éxito de éstos.

La planeación del desarrollo regional se basará, por tanto, en estudios técnicos de los suelos ligados al uso agrícola, del clima, de la vocación de los moradores, y de la infraestructura social y económica. El conocimiento de estos parámetros permitirá impulsar la potencialidad y la aptitud de las tierras de una región. En la Orinoquia colombiana, los estudios realizados sobre planeación regional son pocos; entre ellos se destacan los siguientes: "LAS TIERRAS DE LA ORINOQUIA; CAPACIDAD DE USO ACTUAL Y FUTURO". Cortés (1986). "ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE ARAUCA". IGAC (1986). "ESTUDIO SEMIDETALLADO DE LOS SUELOS DEL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CARIMAGUA". IGAC (1983). "RECONOCIMIENTO EDAFOLOGICO DE LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA". FAO (1965).

La región de los Llanos Orientales posee características ecológicas definidas que difieren de las que se pueden encontrar en cualquiera otra región natural del país. La extrapolación a esta zona de las tecnologías y prácticas de manejo usadas en la región andina han causado el deterioro del medio y la frustración de sus moradores. Por lo tanto, cualquier uso agropecuario dado a la Orinoquia debe armonizar con las condiciones especiales que ésta posee, tanto las socioeconómicas como las relacionadas con suelos y clima. Las interrelaciones de estas condiciones se conocen poco hasta el momento.

En consecuencia, los objetivos principales de esta tesis son:

- Elaborar un sistema de clasificación de la aptitud de las tierras para los cultivos y producir los mapas correspondientes.
- Lograr el establecimiento de funciones de producción basadas en los resultados de la experimentación; estos resultados permitirán obtener una precisión aceptable en la predicción de los rendimientos agropecuarios.
- Realizar una clasificación de los suelos por sus características físicas y químicas.
- Evaluar el potencial agronómico de producción de una zona en relación con los límites geográficos y socioeconómicos de la misma.

Localización

El presente estudio se realizará en dos tipos de suelos: el de sabana y el de vega.

Los suelos de vega se caracterizan por ser suelos profundos, de buen drenaje, y ligeramente ácidos (menos del 35% de saturación de aluminio) (Muñoz 1988). Los suelos de sabana, en cambio, están sujetos, en la intendencia de Arauca, a dos limitaciones básicas: alta saturación de aluminio y mal drenaje.

Los lotes fueron analizados física y químicamente durante los años 1988 y 1989, en los siguientes sitios:

SABANA: Lote La Antioqueña (Vereda Chaparrito, municipio de Arauca).
Lote Grimonero.

VEGA: Lote Raúl Ruiz (Vereda Las Bancas, municipio de Arauca).

Lote de la granja El Alcaraván (Vereda Campo Alegre, municipio de Arauca).

Lote San Lorenzo.
Lote El Puente.
Lote Ismael Nuñez.

Se analizarán luego sitios en los municipios de Saravena y Tame.

* Tesis, Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, Palmira. (Resumen.)

** Cra. 14, No. 9-48, El Cerrito, Valle.

*** Fitomejorador, INTSORMIL/CIAT; Director de tesis.

Clima

En la región se observa que, a medida que se efectúa un desplazamiento del oeste (Saravena) al este (Arauca), el promedio anual de precipitación disminuye y se acentúa el número de meses secos; estos varían de cuatro en el oeste a cinco en Arauca.

El área de estudio está enmarcada por las isoyetas de 2500 mm de precipitación al oeste, y de 2000 mm al este. La precipitación promedio es de 2621.2 mm al año.

La temperatura promedio anual (Arauca) es de 27.7 °C, con una máxima y una mínima de 31.2 y 22.7 °C, respectivamente. En la estación meteorológica de Arauquita se registra una humedad relativa que fluctúa entre 60% y 82%, según el régimen de precipitaciones y de vientos.

Metodología

El método que se seguirá, para la zonificación agroecológica o de cultivos de Arauca, consta de las siguientes etapas:

1. Etapa inicial de revisión de datos de la zona. Incluye censos agropecuarios, censos meteorológicos, estudios sobre agricultura, mapas de suelos. Además, un estudio ecológico de los diferentes cultivos escogidos: sorgo, maíz, arroz, plátano, yuca, y cacao; en él se consideran principalmente los parámetros climáticos y los de suelos del medio en que se desarrollen los cultivos.
2. Etapa de estudio de suelos. Se estudiarán las características físicas y químicas de los suelos, y se clasificarán según su fertilidad (IGAC, 1985) y según sus propiedades físicas.
3. Etapa de estudio climatológico. En ella se definirá el comportamiento del clima en la zona.
4. Etapa de encuesta. Se definirán aquí los tipos de cultivo de la zona, los tipos de suelos que se encuentren, y las microregiones en donde se hallan.
5. Etapa final: ecuación de producción para diferentes cultivos. Esta se fundará en las experiencias adquiridas con ellos en la región "Arauca", y combinará tres clases de factores: edáficos, climatológicos y relativos a la parcela.

$$R = f(\text{Ed, Cl, Cu})$$

Estos tres factores, que se describen enseguida, se interrelacionan para producir el rendimiento potencial del cultivo de ella:

Ed = Edáficos. Son factores inherentes al suelo y a su topografía, que logran caracterizar el suelo por sus propiedades físicas y químicas.

Cl = Climáticos. Se considera aquí el factor hídrico, uno de los más importantes para el desarrollo de un cultivo.

Cu = Relativos al cultivo o a la parcela. Son aquellas variables que se estudian a nivel de la parcela, y se relacionan principalmente con el manejo y el tratamiento experimental.

Datos que se tomarán

Edáficos

A = Arena, en %, entre 0 y 60 cm de espesor del suelo.
L = Limo, en %, entre 0 y 60 cm de espesor del suelo.
Ar = Arcilla, en %, entre 0 y 60 cm de espesor del suelo.

Climáticos

P1 = Precipitación, primer semestre.
P2 = Precipitación, segundo semestre.

Del cultivo

S = Fecha de siembra.
C = Longitud del ciclo.
N = Nitrógeno aplicado.
F = Fósforo aplicado.
K = Potasio aplicado.
D = Densidad de siembra.
R = Rendimiento obtenido.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos, hasta la relación de este informe, son las siguientes:

En Sabana

La Antioqueña. La saturación de aluminio encontrada en el semestre A de 1989, en la profundidad de 0 a 20 cm, fue de 52.2% y en el semestre B, de 49%.

El Grimonero. La saturación de aluminio es de 80.8%.

En Vega - Nivel 1, clase A

San Lorenzo. La saturación de aluminio es de 4%, en el semestre A.

Ismael Núñez. La saturación de aluminio es del 3%.

Raúl Ruiz. La saturación de aluminio es de 0.5%.

El Puente. La saturación de aluminio es de 11.2%.

El Alcaraván. La saturación de aluminio es de 1.1%.

El pH de las muestras analizadas fluctúa entre 4.3 y 5.8. Por las condiciones de los suelos por las propiedades físicas y químicas de las sabanas y vegas de la Intendencia de Arauca, se recomienda sembrar en ellos los siguientes cultivos.

En sabana

Los lotes presentan una alta saturación de aluminio (50% a 70%), tienen problemas de drenaje interno por la

presencia de una capa dura a los 15 cm de profundidad; por causa de ésta hay inundaciones periódicas en la época de invierno que limitan la utilización del lote para algunos cultivos.

Recomendación: arroz de secano; variedades de sorgo que resistan esta saturación de Al, como Sorghica Real 60.

En vega

Son lotes con mejores propiedades químicas, y físicas fertilidad media lo cual permite su uso para diferentes tipos de cultivos.

No se presentan problemas por saturaciones de Aluminio, su porcentaje fluctúa entre (1 - 10%), los elementos bajos son los Micro elementos.

Su recomendación es para cultivos como Maíz, Sorgo, Soya, Cacao, Plátano.

I. AGRONOMIA

Manejo integrado de la asociación leguminosa/sorgo en la sabana.*

Ayda Sixta Tello B.
Guillermo Muñoz **

Introducción y Objetivos

Cada vez hay más conciencia, a nivel mundial, de que la agricultura no sólo debe ser productiva sino también sostenible.

Los suelos están perdiendo su fertilidad a un ritmo preocupante, y en casi todas las regiones agrícolas los productos químicos creados para proteger los cultivos contra los insectos, las enfermedades y las malezas, están amenazando el medio ambiente.

La agricultura sostenible promueve la siembra de leguminosas forrajeras como cultivo asociado, para mejorar la productividad de los suelos agrícolas en que la acidez es un factor limitativo. Esta acidez conduce a una pérdida de la fertilidad y, por ende, a la erosión.

La alternativa de sembrar leguminosas, muy viable en nuestro medio, contribuye a preservar los recursos de agua, suelo y aire, de los cuales depende la agricultura. Hay que aprender a utilizar con menos intensidad los insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes químicos, a reemplazarlos gradualmente, y a complementarlos a la vez con las leguminosas asociadas.

Las leguminosas que se utilizan en este proyecto son las más estables para los suelos de América tropical, como los de Santander de Quilichao. Se trata de las especies *Desmodium ovalifolium* CIAT 13089, *Centrosema acutifolium* CIAT 5277, *Zornia glabra* CIAT 8279, *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, *Arachis Pintoi* CIAT 17434, y *Pueraria phaseoloides* CIAT 17290. Estas especies están adaptadas a los suelos de sabana, tienen alta capacidad de cobertura, y poseen características peculiares como profundizar en el suelo emitiendo largas raíces, con las cuales, además, reciclan los nutrientes. La leguminosa asociada conforma pasturas agresivas que compiten con las malezas, permite recuperar las pasturas deterioradas, y se integra a las pasturas en la recuperación de tierras agrícolas.

Los pastos y las leguminosas recientemente desarrolladas por el CIAT están adaptados a los suelos ácidos. La leguminosa es un importante componente de la comunidad vegetal, que contribuye a equilibrar la dieta de los animales. Se ha comprobado un incremento adicional en la ganancia de peso del ganado llanero que consume leguminosa hasta del 30%.

Se ha estimado que, en general, estas leguminosas son importantes en la fijación del nitrógeno atmosférico. A pesar de estar en contacto con la atmósfera, que contiene aproximadamente 78% de N₂, casi todas las plantas toman este elemento solamente es del suelo. Sin embargo, casi toda una familia de plantas, las leguminosas, pueden fijar el N atmosférico en sus raíces con el concurso de ciertos microorganismos que hacen con ellas vida simbiótica.

Estos seres microscópicos son bacterias del género *Rhizobium*, que se alojan en el sistema radicular de las leguminosas produciendo nódulos en él. Por medio de estos nódulos toman alimentos hidrocarbonados de la leguminosa hospedante, cediéndole en cambio compuestos proteicos formados con el N₂ del aire.

Cuando un terreno ocupado por una leguminosa es volteado y ésta enterrada, la tierra se enriquecerá con N, y obtendrá múltiples ventajas derivadas de la adición de materia orgánica.

Aun cuando se coseche la parte aérea de las plantas, como ocurre con las leguminosas forrajeras, las raíces que quedan en el suelo contienen una gran cantidad de productos derivados de la materia clorofilada.

Por ello, muchas plantas podrían usarse como abonos verdes; en realidad, sólo se usan como tales las especies suculentas y bien desarrolladas que serán rápidamente utilizadas en el suelo. Las leguminosas se prefieren para este oficio por las propiedades indicadas antes.

Objetivos generales

1. Mejorar las condiciones químicas y físicas del suelo a través de la asociación sorgo-leguminosas.
2. Determinar el sistema de producción sorgo-leguminosas más promisorio para suelos con alto porcentaje de saturación de aluminio.
3. Disminuir los costos de fertilización química en las siembras de sorgo.

* Tesis, Licenciada en Biología y Química, Universidad Santiago de Cali. (Resumen.)
** Fitomejorador, Ph. D., INTSORMIL/CIAT; Director de tesis.

Objetivos específicos

1. Evaluar seis leguminosas forrajeras para asociarlas con sorgo: *Desmodium ovalifolium*, *Centrosema acutifolium*, *Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoi*, *Zornia glabra*, y *Stylosanthes guianensis*.
2. Evaluar el efecto de las leguminosas en el suelo y en el sorgo.
3. Determinar la variedad de cada especie de leguminosa evaluada que se comporte mejor en asociación.

Localización

El ensayo se realizó en la estación experimental CIAT-Quilichao, situada a 40 km al sur de Cali, aproximadamente a 8 km al norte de la población de Santander de Quilichao, en el Departamento del Cauca, Colombia. Su localización geográfica es 3 grados 06" Norte y 76 grados 31' Oeste. La estación está ubicada en la zona alta del Valle del Cauca, en una comarca de tierras onduladas, a 990 m de altura sobre el nivel del mar.

La precipitación promedio anual es de 1800 mm con dos estaciones lluviosas generalmente bien definidas: de marzo a junio y de septiembre a diciembre. La temperatura promedio es de 23 °C.

Los suelos de la región son profundos, muy ácidos, de baja fertilidad natural, con buen contenido de materia orgánica, y excelentes propiedades físicas. Están clasificados como Ultisoles, y sus propiedades son similares a las de grandes extensiones de suelos ácidos de América Latina.

Materiales

Se ensayan tres genotipos de sorgo: MN 4508, IS 8577 - 156 P5, Serere 1, y seis variedades de leguminosas: *Desmodium ovalifolium*, *Centrosema Acutifolium*, *Zornia glabra*, *Stylosanthes guianensis*, *Arachis Pintoi*, y *Pueraria phaseoloides*. Sus características aparecen en los cuadros 2 y 3.

Desmodium ovalifolium 13089

Especie tolerante a la humedad. La colección de 84 accesiones mostró una variación notable en varias características de la planta, como el hábito de crecimiento, el crecimiento lateral, el número de días hasta la primera flor, el contenido de proteína cruda y de taninos en las hojas, y aceptabilidad relativa.

Esta variación de *Desmodium ovalifolium* suministra una base genética suficientemente amplia para trabajos futuros de selección y mejoramiento.

Centrosema acutifolium 5277

Esta especie se caracteriza, en general por su buena adaptación a las condiciones de suelo y clima de este ecosistema. El inicio de la floración ocurre con considerable variabilidad entre ecotipos, principalmente durante el período de menor precipitación, es decir, de junio a principios de septiembre.

Una característica morfológica importante de esta especie es que tiene folíolos lanceolados.

Zornia glabra 8279

Muestra buena adaptación a las condiciones del suelo y del clima. La floración es abundante, ocurre en forma periódica, y llega a un mínimo durante la época de máxima precipitación.

Stylosanthes guianensis 184

Evaluaciones agronómicas realizadas con accesiones de esta especie, en este ecosistema, han resultado en la selección y liberación de especies como CIAT 184 cv. Pucallpa, en Perú. (Ver Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA). 1985. *Stylosanthes guianensis* cv. Pucallpa. Boletín técnico no. 3. 11 p.).

Arachis pintoi 17434

Esta accesión es más vigorosa que las otras. Sus flores son de color amarillo claro. Es muy resistente a las enfermedades. En general, las accesiones de *Arachis pintoi* son más estoloníferas que las de *A. repens*. El buen rendimiento durante la época seca y el alto contenido de proteína cruda son características importantes de esta especie.

En general, el establecimiento de *A. pintoi* ha sido lento, y el vigor de las plantas y su productividad especialmente bajos en la época de mínima precipitación; en ésta se ha observado frecuentemente un enrollamiento de los folíolos.

Observaciones preliminares indican que la productividad de esta leguminosa es mayor cuando crece en asociación con una gramínea. En varias pruebas regionales, desde localidades situadas en el ecosistema de sabana isohipertérmica propiamente dicho (La Reserva, la Alegría, Las Leonas) hasta el pie de monte llanero (Villavicencio), se está evaluando, en la nueva lista de germoplasma, la leguminosa CIAT 17434 (*A. pintoi*).

Cuadro 1. Características del suelo de CIAT-Qullichao, 2 un Ultisol: Palehumultortóxico, arcilloso, caolínico, isohipertérmico. Perfil F3, en parte plana. *

HORI- ZONTE (cm)	ARC. %	ARE. %	pH (H ₂ O)	M.O. %	Cationes intercambiables (meq/100 g)					% Sat. de Al	P disp., Bray II (ppm)
					Al	Ca	Mg	K	C.I.C		
0-20	71	4.3	4.1	7.1	2.70	0.65	0.49	0.36	4.21	64	1.8
20-35	77	4.9	4.0	4.0	2.70	0.31	0.04	0.13	3.25	83	1.1
35-62	84.2	3	4.3	1.9	3.20	0.24	0.02	0.09	3.65	88	0.9
62-91	88	1.9	4.4	0.7	1.10	0.15	0.02	0.06	1.43	77	0.9
91-105	89	1.8	4.4	0.5	2.00	0.22	0.01	0.04	2.34	85	1.2

a. Arc. = arcilla, are. = arena, M.O. = materia orgánica, Sat. = saturación, C.I.C = capacidad de intercambio catiónico, disp. = disponible.

Cuadro 2. Identificación de las leguminosas ensayadas.

NUMERO CIAT	ESPECIE	I D	FUENTE	INSTITUCION COLABORADOR.	COLECTOR(ES) DONANTE	OTRO No. ORG. OTROS No. DONANTE	REGISTROS	OBSERVACIONES
13089	DESMODIUM OVALIFOLIUM		CONJ.	TISTR. I8PGR	R.SCHULTZE-KRAFT S. PATTANAVIBUL			
5277	CENTROSEMA ACUTIFOLIUM		CONJ.	ICA	R.SCHULTZE KRAFT M. SANCHEZ L.E. CHIPIAJE		CV.VICHA	
8279	ZORNIA GLABRA	*	CONJ.	EMBRAPA CEPLAC	R.SCHULTZE-KRAFT L.CORADIN C.P. DA SILVA	BRA-003590		
184	STYLOSANTHES * GUIANENSIS		CIAT		R.SCHULTZE-KRAFT		CV.PUCALLPA	
17434	ARACHIS PINTOI		DONA.	CSIRO.AUS	CSIRO.BRISBANE.AUS	PI-338314 CPI-58113		
17290	PJERARIA PHASEOLOIDES	*	CONJ.	TISTR.I8PGR	R.SCHULTZE-KRAFT S.PATTANAVIBUL	VAR.PHASEOLOIDES		

Tomado de: Schultze- kraft.R.; Arenas, j.A.; Franco.M.A.; Belalcazar.J.; Ortiz.J. (1987) Catálogo de germoplasma de especies forrajeras tropicales 4a. Edición. CIAT. Cali. Colombia. Tomos 1-III. 1436 P.

Los resultados correspondientes al período de establecimiento muestran que la cobertura de *A. Pintoi* llegó hasta un 40% de la superficie del suelo a las doce semanas de establecimiento; la cobertura aumentaba a medida que la precipitación y las características químicas del suelo mejoraban, especialmente el contenido de Ca, de Mg, y de K.

Pueraria phaseoloides

Esta especie está naturalizada en el trópico húmedo. Su utilización como planta forrajera es limitada debido a problemas de palatabilidad y a su baja capacidad de rebrote vigoroso después de la defoliación. La colección contiene diferentes variedades y por ello muestra gran variabilidad en sus características morfológicas (por ejemplo, en forma, tamaño y pubescencia de los folíolos). La variedad *P. phaseoloides* tiene los folíolos rómbicos con extremos redondeados, grandes, y normalmente muy pubescentes. Es de alta productividad. La floración es estacional y ocurre entre junio y septiembre.

Se siembra en plantaciones de palma aceitosa y de jebe en el trópico húmedo, como planta de cobertura. Aunque está bien adaptada, esta especie tiene la desventaja de crecer en forma agresiva y trepar por los árboles; esto dificulta el mantenimiento de la plantación y afecta el crecimiento de los árboles.

Diseño experimental

Se empleó en este ensayo un diseño de parcelas divididas. El cultivo se arregló en parcelas subdivididas, así:

- Sorgo: 3 variedades (MN 4508, IS 8577, y Serere 1) por 4 repeticiones, para un total de 12 parcelas principales.
- Leguminosas: 6 variedades (*Desmodium ovalifolium*, *Centrosema acutifolium*, *Zornia glabra*, *Stylosanthes guianensis*, *Arachis pintoii*, *Pueraria phaseoloides*) por 4 repeticiones, por 3 variedades de sorgo, para un total de 72 subparcelas.

Las parcelas principales tienen un área de 50.4 m² cada una (3.0 x 16.8 m).

Las subparcelas tienen un área de 7.2 m² cada una (2.4 x 3.0 m).

El área total sembrada para cada variedad de sorgo es de 86.4 m² (7.2 m² x 12 parcelas). El área total sembrada en el lote es de 604.8 m².

Cuadro 3. Identificación de las leguminosas ensayadas.

NUMERO CIAT	ORIGEN	SUB-ORIGEN	KMS	DIR	LUGAR REF.	LUGAR DE RECOLECCION				S	ECOSISTEMA/HABITAT	SUELO	F.COL/ F.REG.
						LAT.	LONG.	ALT.	PREC.				
T3089	THA	CHUMPHON	52	S	CHUMPHON	10N04.	99E04	40	1870	3	B.;MATORRAL PL.COCOS	PH5.0;-L5PPM	18/02/82 30/04/82
5277	COL	VICHADA			STA.RITA	04N53.	68W24	130	2130		ZONA URBANA		10/02/79 10/02/79
8279	BRA	BAHIA	27	S	OLIVENCA	15512.	39W03	20	1680		BOSQUE	FERT.MEDIA	15/07802 31/08/80
184	COL	VALLE DEL CAUCA			JAMUNDI	03N18.	76W32	900	1210				12/10/73 12/10/73
17434	BRA	BAHIA			BELMONTE	15554.	38W54	370	1150		BOSQUE		31/01/83
17290	THA	SURAT THANI	T06	N	THUNG SONG	08N59.	99E23	70	1750	3	8.;MAT.ARROZ/PL.CAUCHO	FERT.MEDIA	18/02/82 30/04/84

Tomado de:Schultze- Kraft.R.; Arenas, J.A.; Franco.M.A.; Belalcazar.J.; Ortiz.J. (1987) Catálogo de germoplasma de especies forrajeras tropicales 4a. Edición. CIAT. Cali. Colombia. Tomos 1-III. 1436 P.

J. MEJORAMIENTO

Evaluación de la estabilidad fenotípica de diez características agronómicas en 25 genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) *

Javier Fernando Osorio S.
Guillermo Muñoz **

Introducción

Cada cultivar de sorgo tiene un campo de adaptación específico, determinado por su potencial genético y por la adaptabilidad o plasticidad del material, y condicionado por la acción externa del ambiente. El resultado es una mayor o menor interacción (genotipo x ambiente), según las condiciones de estrés. Por lo tanto, es necesario evaluar los genotipos en diferentes ambientes, para determinar su adaptabilidad, y a través del tiempo, para estimar su estabilidad; así se observa la variación en sus características o el potencial de rendimiento.

Los genotipos de sorgo se evaluaron en tres tipos de suelo que tenían diferentes niveles de saturación de aluminio: vega baja (0-35%), vegón mediano (36-60%), y sabana alta (61-90%). El conocimiento de la adaptabilidad y estabilidad de cada uno de los genotipos es necesario para poder liberar una variedad para la Intendencia de Arauca. Esta labor se facilita aún más debido a que para los Llanos Orientales fueron liberadas dos variedades de la colección de INTSORMIL, ellas son: 156-P-5 Serere-1 (*Sorghica Real* 40), que se recomienda para suelos con niveles de saturación de aluminio entre 20% y 40%, y MN- 4508 (*Sorghica Real* 60), que puede ser cultivado en suelos con saturaciones de aluminio entre 40% y 60%.

Se realizó la evaluación de la estabilidad fenotípica del rendimiento para los genotipos en 21 ambientes (semestres A y B de 1988 y 1989), mediante el modelo de regresión conjunto modificado por Digby. Con base en este estudio se puede hacer una recomendación confiable sobre el comportamiento de los materiales en los niveles dichos de saturación de Al, y la selección de los más promisorios para la Intendencia de Arauca.

Materiales y métodos

Localización

El ensayo se realizará en 7 localidades ubicadas en la Intendencia de Arauca, a lo largo de 107 km de la vía que conduce de Arauca a Arauquita. Cuatro de ellas son de vega (El Alcaraván, San Lorenzo, Ismael Nuñez y Raúl Ruiz), dos de vegón (La Antioqueña y Chicho Pérez), y una de sabana (Grimonero. 1).

Genotipos

El Programa Internacional para el Sorgo y el Millo (INTSORMIL) seleccionó materiales tolerantes al aluminio de la colección mundial de sorgo, de los cuales se enviaron los siguientes genotipos para experimentación de la Intendencia de Arauca (Granja Experimental El Alcaraván) y los Llanos Orientales (ICA-La Libertad).

IS 2765	IS 8933	IS 9945
IS 3071	IS 8959	IS 10336 alto
IS 3522	IS 8996	IS 10336 bajo
IS 6944	IS 9042	IS 12152
IS 7132	IS 9084	5D X 61/6/2
IS 7151	IS 9109	PPQ - 2
IS 8577	IS 9826	156-P-5-Serere-1 (<i>Sorghica Real</i> 40)
IS 8931	IS 9938	MN 4508 (<i>Sorghica Real</i> 60)

Estos dos últimos genotipos de INTSORMIL fueron tomados como testigos, ya que fueron liberados por el ICA para dos niveles de saturación de aluminio en los Llanos Orientales (Ver Introducción).

Los testigos comerciales susceptibles son los siguientes (los dos primeros son variedades de ICA):

ICA-Nataima	Savanna 5	D-61
Icaima	NK-266	P-8187

* Trabajo de grado, Ing. Agrónomo, Universidad del Tolima.
** Fitomejorador, Ph. D., INTSORMIL/CIAT; Director de tesis.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques elegidos completamente al azar, con 4 repeticiones y 120 unidades experimentales por localidad. Se realizaron análisis de varianza, comparación de media, y correlaciones para cada localidad del semestre B de 1989. Adicionalmente, se realizó el análisis combinado para las seis localidades de dicho semestre. Para realizar el análisis de estabilidad y adaptabilidad, se utilizó el método de regresión conjunta modificado por Digby para datos incompletos, que estima los parámetros B_i , U_i , I_j .

El Dr. Eduardo Granados, del departamento de Biometría del CIAT, implementó el modelo de regresión conjunta modificado por Digby (1979) para datos incompletos:

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i \times I_j + e_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Respuesta del genotipo i en el ambiente j .
- μ_i = Media varietal del genotipo i .
- B_i = Sensibilidad varietal del genotipo i a los cambios ambientales (coeficiente de adaptabilidad)
- I_j = Medida de ambiente o índice ambiental.
- e_{ij} = Error específico de la variedad i en el ambiente j

El índice ambiental no fue estimado según la forma convencional de Eberhart y Russell, es decir, $I_j = (X_j - \bar{X})$. Se realizó la siguiente restricción:

$$\sum I_j = 0$$

- Donde el ambiente medio tendrá $I_j = 0$
- el ambiente favorable $I_j > 0$
- el ambiente desfavorable $I_j < 0$

El modelo utilizado no es lineal en sus parámetros o iterativo, debido a que existe el producto entre la sensibilidad varietal (B_i) y el índice ambiental (I_j). Estos dos parámetros, junto con la media varietal (U_i), son constantes y desconocidos, y se estimaron realizando iteraciones hasta que el nivel de convergencia fuera muy pequeño, es decir, hasta que los valores estimados en cada iteración varíen en milésimas o diezmilésimas, según la condición de convergencia definida previamente.

Para realizar este proceso se ajusta el modelo así:

$$Y_{ij} = \mu_i + (B_i + I_j)$$

Donde se asume que el error específico sea igual a 0. Para estimar uno de los parámetros, los otros dos permanecen constantes.

Se plantearon las respectivas hipótesis nula y alternativa; éstas fueron:

$$H_0 : \beta_i = 1$$

$$H_1 : \beta_i > 1$$

Para rechazar la hipótesis nula se estimó una prueba de significancia "t" para los coeficientes de sensibilidad B_i , asimismo se estimó la significancia para rechazar la hipótesis nula mediante probabilidad. El término "t" se calculó así:

$$t = \frac{\beta_i - 1}{sd \beta_i}$$

Conclusiones

En la gráfica 1, se observa que las líneas de INTSORMIL S.R. 60 e IS 9042, con una media varietal alta, no presentaron diferencias significativas entre sus coeficientes de sensibilidad y $B = 1$, a través de los 21 ambientes de Arauca, durante 1988 y 1989, siendo los genotipos más estables. No obstante, bajo el concepto agronómico, los genotipos IS 6944, IS 8959, IS 8996, IS 2765, IS 3071 e IS 8933, con producciones superiores a 2.6 t/ha, se consideran también promisorios para la zona.

Los genotipos de INTSORMIL IS 8577 e IS 8931 se caracterizan por tener una aceptable media varietal (2.6 t/ha) y un B_i menor a uno, que los cataloga como estables, haciéndolos menos sensibles a los cambios de ambiente.

Los híbridos Savanna 5 y D-61 son genotipos estables a través de los 10 y 9 ambientes en donde se probaron en 1989, respectivamente; sin embargo, se probaron en pocos ambientes adversos. Sus coeficientes de sensibilidad, estadísticamente, son iguales a uno, aunque el segundo genotipo en mención presentó una alta desviación de media varietal y de coeficiente de sensibilidad.

Las variedades Icaima y S.R. 40 fueron superadas por diez variedades de INTSORMIL en su media varietal; entre ellas, por IS 6944, IS 8959, IS 9042, IS 8996 e IS 2765.

Las líneas IS 6944, IS 8996, IS 2765, IS 3071, IS 8959 e IS 8933, al igual que el híbrido susceptible Savanna 5, presentaron un coeficiente de sensibilidad mayor que 1, es decir, responden mejor a los ambientes favorables (índices ambientales mayores a 0). Caso contrario ocurrió con IS 8577 e IS 8931, con B_i menores que 1, que responden mejor en ambientes medios y desfavorables. Estas inclinaciones se observan en las gráficas 2 y 3. El híbrido D-61 obtuvo un B_i muy bajo (0.35); aunque sin ser estadísticamente diferente a 1 (por su alta dispersión en los datos), se inclina hacia los ambientes desfavorables.

Los rendimientos estimados por el modelo de regresión conjunto modificado por Digby para datos incompletos, se ajustan muy bien con los rendimientos observados en las pruebas regionales en Arauca a través de 21 ambientes.

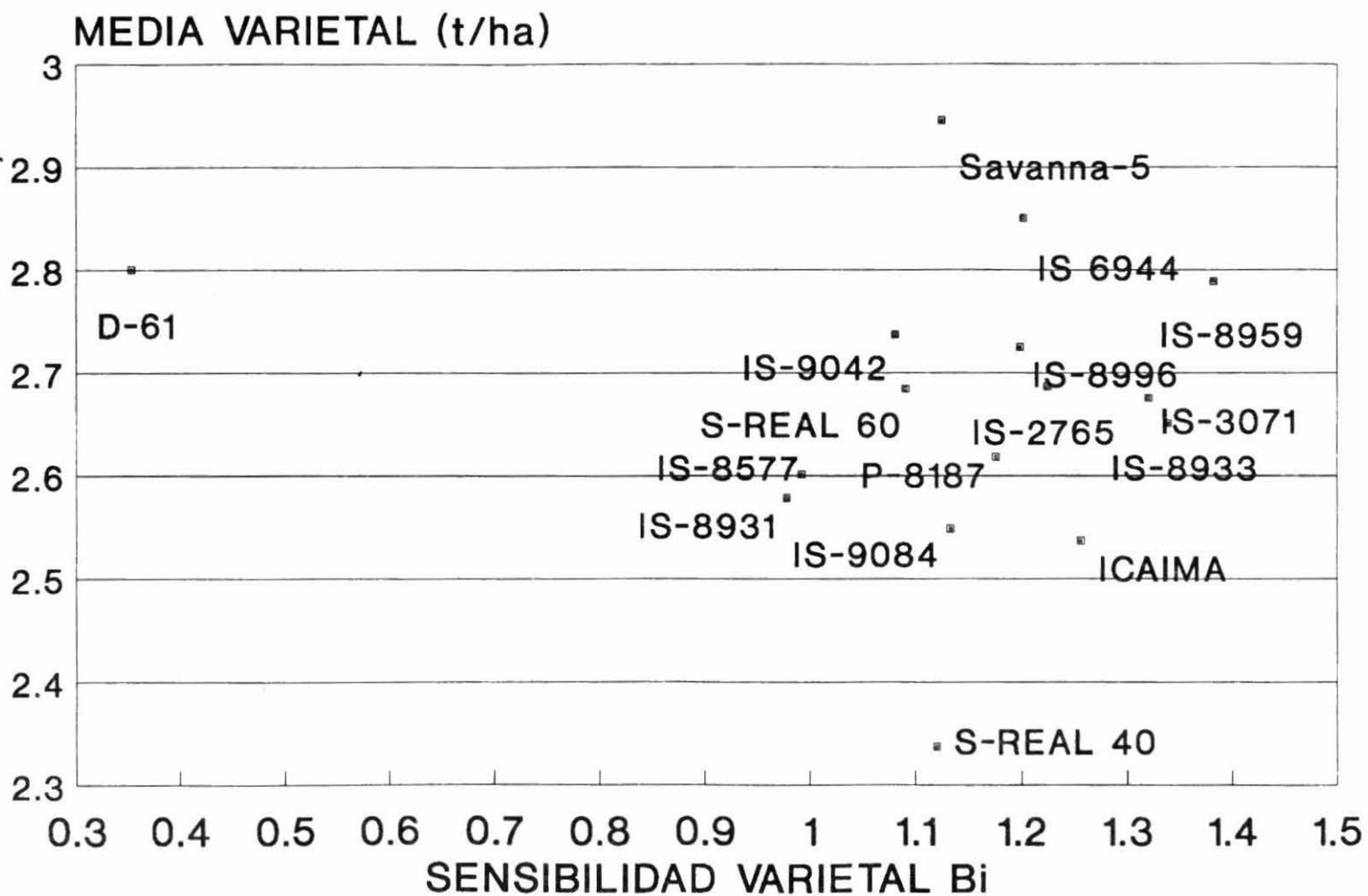


Figura 1. Coeficientes de sensibilidad y medias varietales de 16 genotipos en 21 ambientes de Arauca durante 1988-1989.

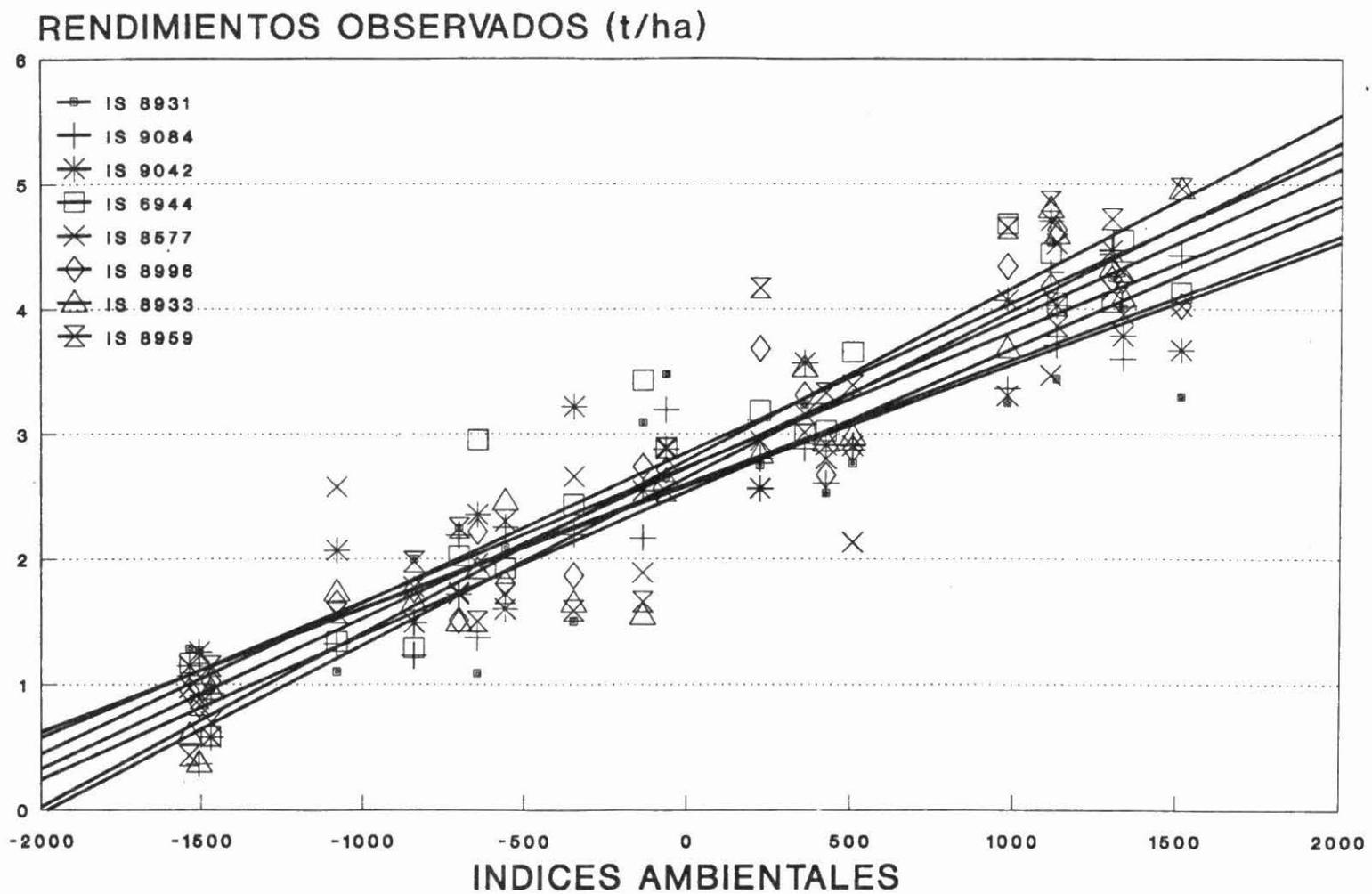


Figura 2. Rendimientos observados de 8 genotipos de sorgo a través de 21 ambientes en Arauca durante 1988-1989.

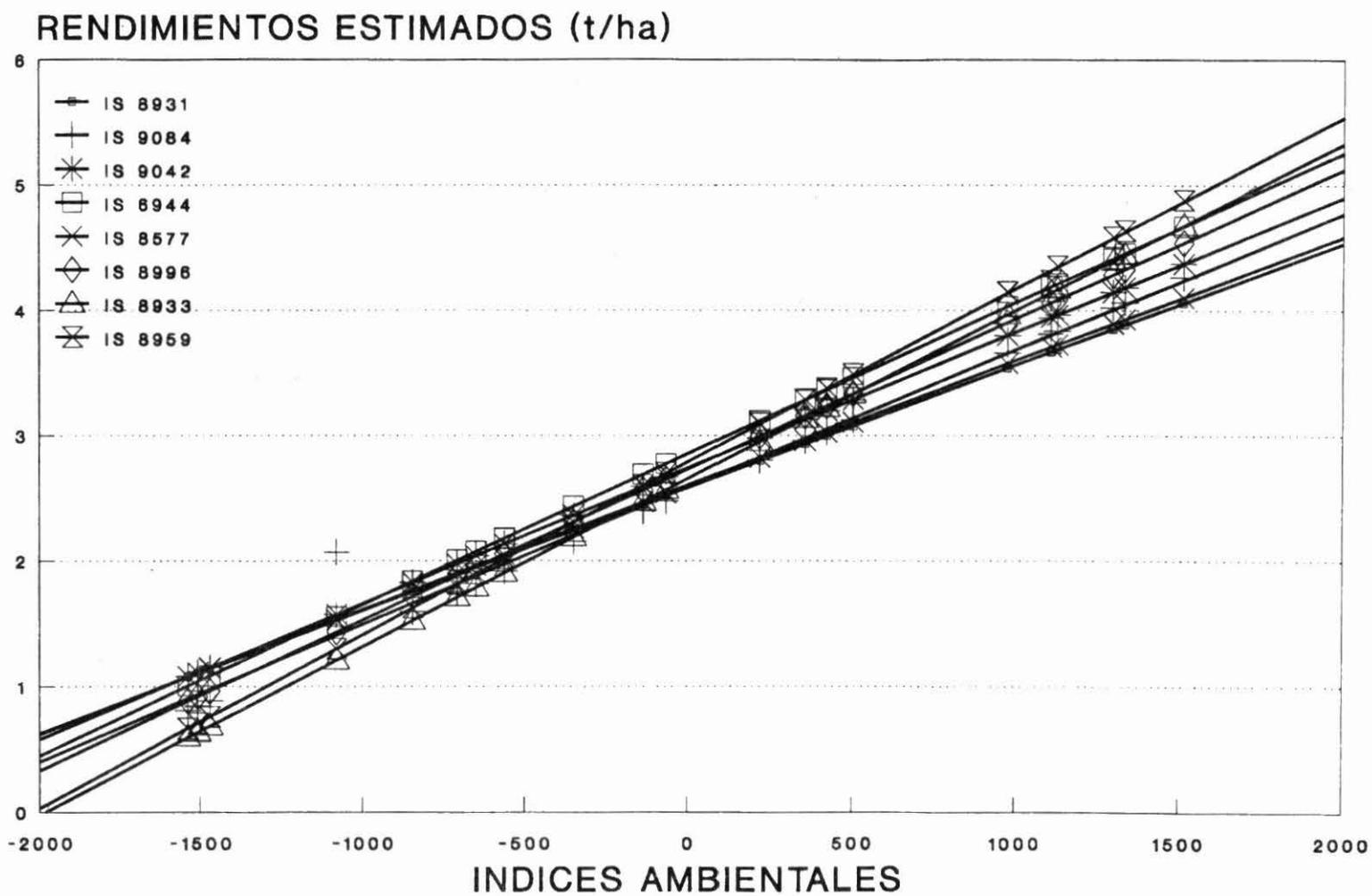


Figura 3. Rendimientos estimados para 8 genotipos de sorgo a través de 21 ambientes de Arauca durante 1988-1989.

K. AGRONOMIA

Adaptabilidad de materiales de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) a la toxicidad del aluminio en un oxisol de los Llanos Orientales (Colombia).*

Walter Rendón **

Guillermo Muñoz ***

Introducción y Objetivos

En los Llanos Orientales de Colombia, específicamente en las zonas ácidas y marginales, la productividad agrícola es muy baja debido principalmente a la pobreza de los suelos, y también a la toxicidad del aluminio y a los altos niveles de Fe y Mn. Por ello, los pastos nativos son de muy mala calidad nutricional, y ahora se están introduciendo pasturas, arroz, soya y sorgo mejorados. Según la estructura del suelo y el drenaje (nivel de infiltración) hay dos ecosistemas en esa región: las sabanas secas (bien drenadas), y sabanas inundables (mal drenadas); ambas presentan baja CIC, aunque las sabanas secas tienen una excelente estructura. Se pueden enumerar otras desventajas de la región, como las vías inadecuadas, las grandes distancias, el costo de los insumos, la idiosincrasia de sus pobladores, y las consecuencias generales de esa situación.

El trabajo de adaptar cultivos a ese medio ha logrado identificar varios genotipos de sorgo tolerantes a las condiciones antes descritas. Se estudia el nivel de saturación de aluminio (principal problema de la sabana seca), para conocer el rendimiento rentable que, con estos genotipos, pueden obtener los agricultores que siembran en esos suelos. De esta manera se expandirá la frontera agrícola, porque se necesita sorgo como materia prima para la elaboración de concentrados en Colombia. Con estas premisas en mente se establecieron dos ensayos en los suelos de sabana, para evaluar siete genotipos de sorgo con cuatro niveles de fertilización y con dos distancias de siembra, y probar también 15 genotipos en tres niveles de enclavamiento. Los objetivos del ensayo, desde el punto de vista agronómico, son los siguientes:

1. Evaluar la capacidad de producción de 15 líneas de sorgo, sembradas en suelos con diferentes niveles de saturación de Al.
2. Evaluar la respuesta agronómica de cada material a diferentes condiciones de manejo.

3. Evaluar los materiales más promisorios con cuatro niveles de fertilización y dos distancias de siembra, en los suelos de la sabana nativa.

Localización y Suelos

El trabajo se realizó en la estación experimental CRI La Libertad del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Villavicencio, Departamento del Meta, situada en los 4 grados 10' de latitud norte y en 7 grados 37' de longitud oeste. El Cuadro 1 resume los datos mensuales de precipitación para el semestre 1987 B.

Los dos ensayos se sembraron en suelos que, aunque conservaban sus características de origen, presentaban diferentes saturaciones de aluminio; estas diferencias se atribuyeron al mejoramiento del suelo por efecto de las cosechas, en un ensayo, y a la ausencia de laboreo (sabana virgen), en el otro. Así pues, el experimento de enclavamiento se estableció en un suelo con un promedio de 53% de saturación de Al, y el experimento de niveles de fertilización y distancias de siembra en un suelo con 83.4% de saturación de aluminio; estos porcentajes se obtuvieron en un muestreo de suelos realizado parcela por parcela.

Cuadro 1. Precipitación en los meses de 1987 B, en la estación CIAT-Santa Rosa, Villavicencio.

Variable*	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
DCL	25	23	21	14	11	6
PET	379.4	379.7	250.45	346.3	263.15	48.5
PMD	15.16	16.51	11.92	24.73	23.8	8.08

a. DCL = días con lluvia; PET = precipitación total en el mes; PMD = Precipitación media diaria.

Vale la pena aclarar que se presentó un alto grado de heterogeneidad del suelo, en cuanto a saturación de aluminio, en el experimento sobre niveles de Al, lo que permitió analizar el comportamiento del sorgo frente a la saturación de aluminio aprovechando el muestreo parcela por parcela. No obstante, se dificultó el análisis de respuesta al enclavamiento de los niveles de saturación de Al, propuesto por el diseño de parcelas divididas. En el experimento realizado con 83% de saturación de Al no hubo dificultades de este tipo.

* Tesis, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional, Palmira. (Resumen.)

** Ingeniero Agrónomo, Director, ICA CRECED, Arauca.

*** Fitomejorador INTSORMIL/CIAT. Director de tesis.

Materiales y Metodologías

En el ensayo de encalamiento se emplearon 14 materiales calificados como tolerantes al aluminio y un testigo comercial (ICA Nataima), y se probaron en tres niveles de encalamiento (0, 500 y 1000 kg/ha de cal dolomítica), en un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Así mismo, en el ensayo de niveles de fertilización y distancias se probaron siete materiales tolerantes al Al, en cuatro niveles de fertilización (50-50, 50-100, 100- 100, y 100-50 kg/ha de nitrógeno y fósforo (P₂O₅), respectivamente), y dos distancias de siembra (30 y 60 cm entre surcos con 12 a 15 plantas/m para todas las parcelas).

En un diseño de franjas divididas con ocho repeticiones, los genotipos empleados fueron los siguientes: en el ensayo de niveles de cal, ICA Nataima, IS-10336, IS-12303, IS-3071, IS-3522, IS-6944, IS-7100, IS-7151, IS-8577, IS- 9042, IS-9084, MN-4508, PPQ-2, Serere 1 y 5DX; en el ensayo de niveles de fertilización y distancias, MN-4508, IS-3071, Serere 1, IS-8577, 5DX, IS-10336 y IS-9084.

Manejo de los experimentos

Se hizo la preparación convencional y luego se surcó con tractor para delimitar las parcelas. Se sembró a mano, y de igual modo se aplicaron los fertilizantes en forma de bolsas calculadas por surco que contenían para todo, al momento de la siembra (11 de septiembre de 1987). El potasio se fraccionó en dos aplicaciones, y el nitrógeno se aplicó 15 y 35 días después de la germinación del sorgo.

El control de las malezas y las plagas se realizó, en lo posible, en forma química. Hubo necesidad de realizar desyerbas manuales posteriormente, ya que las altas precipitaciones ocurridas en las épocas de aplicación del producto posiblemente disminuyeron su acción herbicida.

Para la estimación de las diferencias entre los tratamientos empleados, se escogieron algunas variables de respuesta que se evaluaron unas en el campo y otras en el laboratorio. El Cuadro 2 contiene las variables estudiadas en este trabajo y las abreviaturas con que se identifican. En todos los casos, la unidad experimental es una parcela de cuatro surcos, de 4 m de largo; para la cosecha se descartan los surcos de los dos bordes y 0.5 m en cada cabecera.

Resultados

Solo para DAF en las parcelas de encalamiento, y para PDS en el ensayo de niveles de fertilización se encontraron

Cuadro 2. Variables estudiadas en este trabajo y las abreviaturas que las identifican.

Abreviatura Variable	
ADP	Altura de la planta
DAF	Días a la floración
EXC	Excursión
LDP	Longitud de la panoja
ANP	Ancho de la panoja
PDR	Peso de la raíz
PDT	Peso del tallo
PDS	Peso de 100 semillas
AF1	Area foliar (método largo por ancho)
AF2	Area foliar (método del sacabocado)
ROP	Rendimiento por parcela
ROC	Rendimiento corregido al 15% de humedad
HCO	Humedad de cosecha
PPS	Peso de la panoja seca
GPP	Número de granos por panoja
NOC	Número de panojas cosechadas
RPS	Rendimiento de la panoja seca
IAF	Indice de área foliar
NOC	Número de panojas cosechadas dentro de la parcela útil
RPA	Rendimiento por parcela
NPM	Número de plantas por m ²
PDA	Porcentaje de saturación de Al
RPP	Rendimiento por panoja

diferencias significativas; se puede decir entonces que la aplicación de cal influyó en los días a floración únicamente, y que las aplicaciones de los niveles de fertilización influyeron en el cambio observado en el peso de 100 semillas. Las distancias de siembra empleadas influyen en algunos genotipos en la altura de planta, en la producción de materia seca, en el desarrollo radicular, y en el número de granos por panoja. También se encontró una respuesta diferencial de los genotipos a los cambios en la saturación de aluminio, y a los tratamientos empleados; así se caracterizaron la utilidad y el comportamiento de los genotipos en las diferentes condiciones de suelo en que serían empleados. Esta caracterización, además del análisis de varianza, la comparación de medias, y las correlaciones de ROC vs. PDA, permitió clasificar los materiales según tres aspectos: a) comportamiento según tres rangos de saturación de aluminio (20-40%, 40-60% y 60-80%); b) comportamiento estable del rendimiento; y c) comportamiento inestable o variable del rendimiento.

1. Estables: IS-8577, IS-3522 e IS-156-P5, Serere 1, (Figura 1).
2. Líneas con aceptable producción en alta saturación de Al (>_ 60%): IS-7151, IS-9042, PPQ-2, IS-6944 e IS- 7100 (Figura 2).
3. Líneas con un óptimo de producción en suelos con 50% y 60% de saturación de aluminio: 3DX-57, MN-4508, IS-3071 e IS-9084 (Figura 3).
4. Líneas con un notorio descenso en la producción al aumentar el porcentaje de saturación de aluminio: ICA Nataima, IS-10336 e IS-12303 (Figura 4).

En el experimento de niveles de fertilización y distancias, se aprecia que los materiales responden en forma diferente a las distancias de siembra. Por ejemplo MN 4508 rindió más a una distancia de 60 cm entre surcos, y Serere 1 a 30 cm entre surcos; pero en general, la mejor distancia entre surcos fue 30 cm. La discusión de esta respuesta diferencial se hace aún más amplia si se caracterizan los genotipos según todas las variables medidas (Cuadro 3, Figuras 5 y 6).

Conclusiones

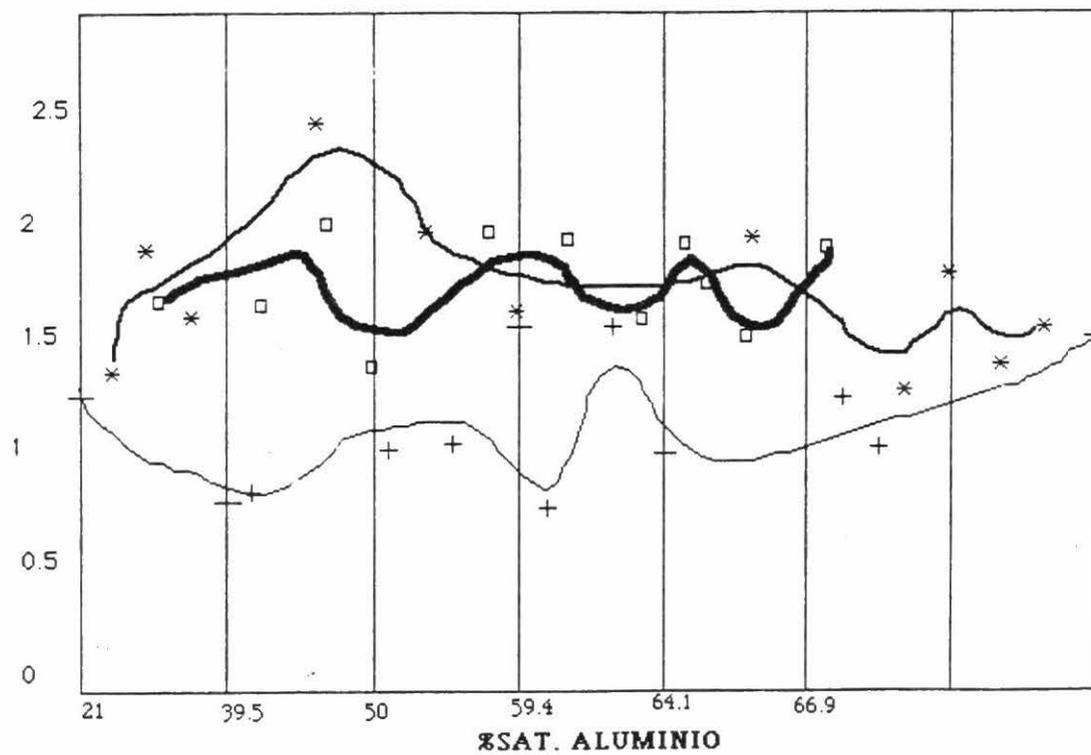
Del comportamiento de los materiales probados en los dos ensayos se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Se advierte un comportamiento diferencial de los materiales ante los diferentes niveles de aluminio, y por las aplicaciones de nitrógeno y fósforo.
2. Los promedios de rendimiento para materiales como Serere 1, IS-8577 y PPQ-2 señalan la posibilidad de liberación de alguna línea, dado que están por encima del punto de equilibrio para la sabana (1.74 t/ha). El autor hizo el correspondiente análisis económico.
3. La correlación, en algunos materiales, entre el rendimiento y la altura de la planta limita la posibilidad de liberación para la vega, ya que la mayoría de los materiales rinden alrededor de 4 t/ha en la vega, pero con plantas de más de 2 m de altura. Solo PPQ-2 y Serere 1 no sobrepasan los 1.7 m en ese medio.
4. La abundante información disponible en este trabajo, y la obtenida en pruebas regionales y ensayos específicos realizados anteriormente, permitieron clasificar o agrupar los materiales por su verdadero comportamiento. Con este criterio se replantearon las metas de investigación del sorgo para los suelos ácidos.

Cuadro 3. **Ensayo de niveles de fertilidad y de distancias de siembra: promedios de algunos caracteres evaluados. (significancia = 5%) en las líneas de sorgo.**

Objeto de Evaluación	DAF	ADP	PDT	PDR	PDS	NOC	AF1	RPP
<i>Líneas</i>								
IS-3071	74.29 A	91.40 AB	5.31 A	2.19 ABC	2.196 D	44.14 CD	828.39 A	0.940 B
MN-4508	73.29 A	88.78 AB	5.18 A	2.09 ABC	2.287 C	48.65 ABC	793.58 AB	0.949 B
IS-9084	73.20 A	90.18 BC	4.98 AB	1.92 CD	2.243 CD	49.71 AB	742.67 B	1.050 AB
IS-10336	71.53 B	93.43 A	4.86 AB	2.35 A	2.362 A	44.96 BCD	854.07 A	1.216 A
5DX	70.50 B	87.69 C	4.99 AB	2.02 BC	2.436 A	42.92 D	728.61 B	1.118 AB
IS-8577	70.06 B	91.75 AB	5.14 A	2.24 AB	2.386 AB	50.54 A	759.34 B	1.018 B
156-P5 (Serere 1)	65.03 C	75.96 D	4.56 B	1.69 D	2.384 AB	51.37 A	543.86 C	1.062 AB
<i>Niveles de fertilidad</i>								
	DAF	CPP	PDT	PDR	PDS	NOC	AF1	RPP
100-50	72.839 A	151.55 A	4.91 A	2.081 AB	2.33 A	44.29 A	764.92 AB	1.07 A
50-50	72.241 A	132.98 A	4.89 A	1.816 B	2.29 A	45.73 A	705.61 B	0.98 A
100-100	70.795 A	158.23 A	5.19 A	2.337 A	2.33 A	49.33 A	800.98 A	1.03 A
50-100	68.652 B	148.28 A	4.98 A	2.066 AB	2.34 A	50.53 A	728.80 AB	1.10 A
<i>Distancia de siembra</i>								
	ADP	PDT	PDR	NOC	AF1	RPP	ROC	DAF
60 cm	93.775 A	5.222 A	2.558 A	33.58 B	885.06 A	1.12 A	434.51 A	71.62 A
30 cm	83.175 B	4.770 B	1.595 B	61.37 A	615.09 B	0.98 B	469.69 A	70.64 A

RENDIMIENTO (Ton/ha)



—□— 156-P-5-SERERE-1 + IS 3522 * IS 8577

Figura 1.

Materiales de sorgo que demostraron estabilidad en el rendimiento ante los cambios de saturación de Al del suelo.

RENDIMIENTO (Ton/ha)

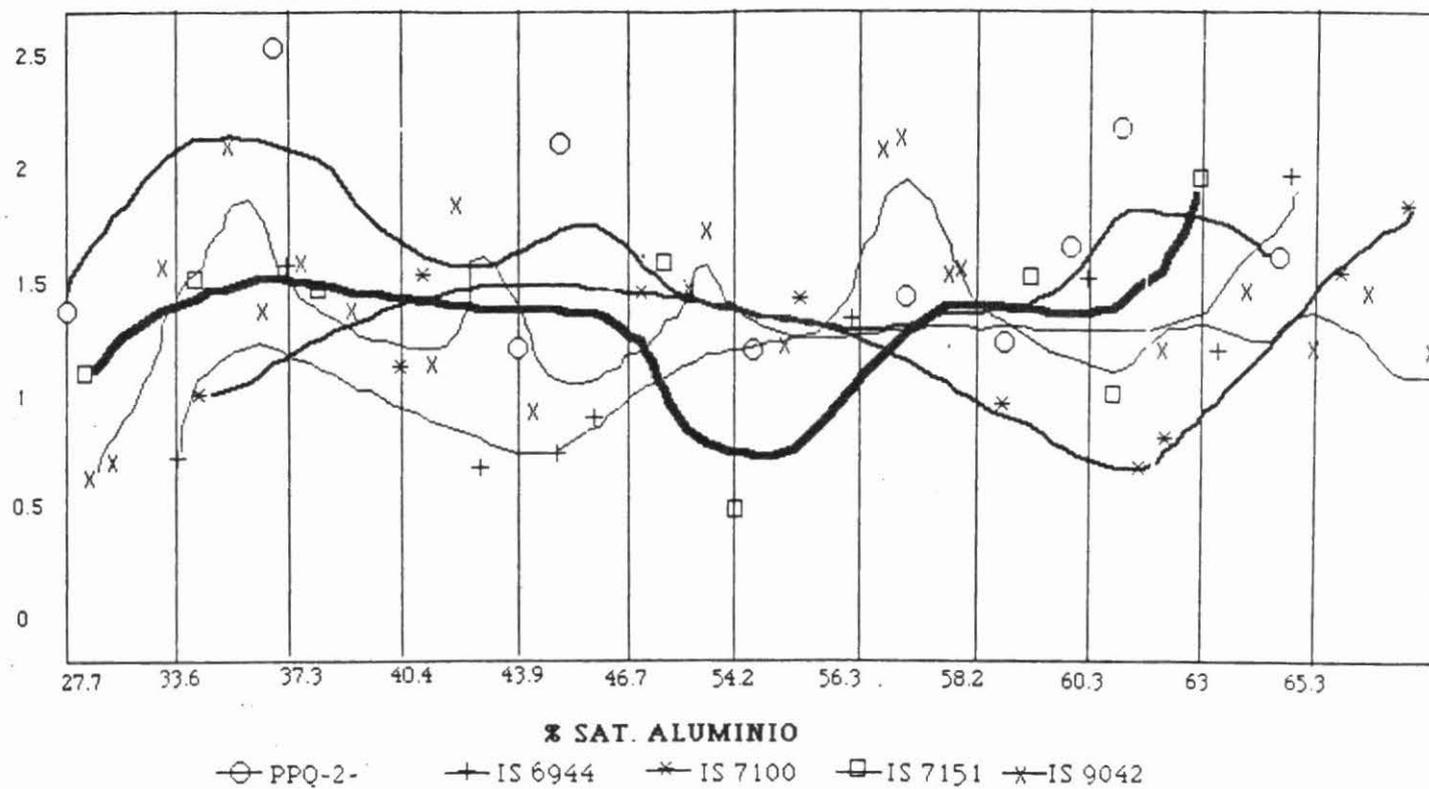


Figura 2. Materiales de aceptable rendimiento bajo condiciones de alta saturación de Al en el suelo.

RENDIMIENTO (Ton/ha)

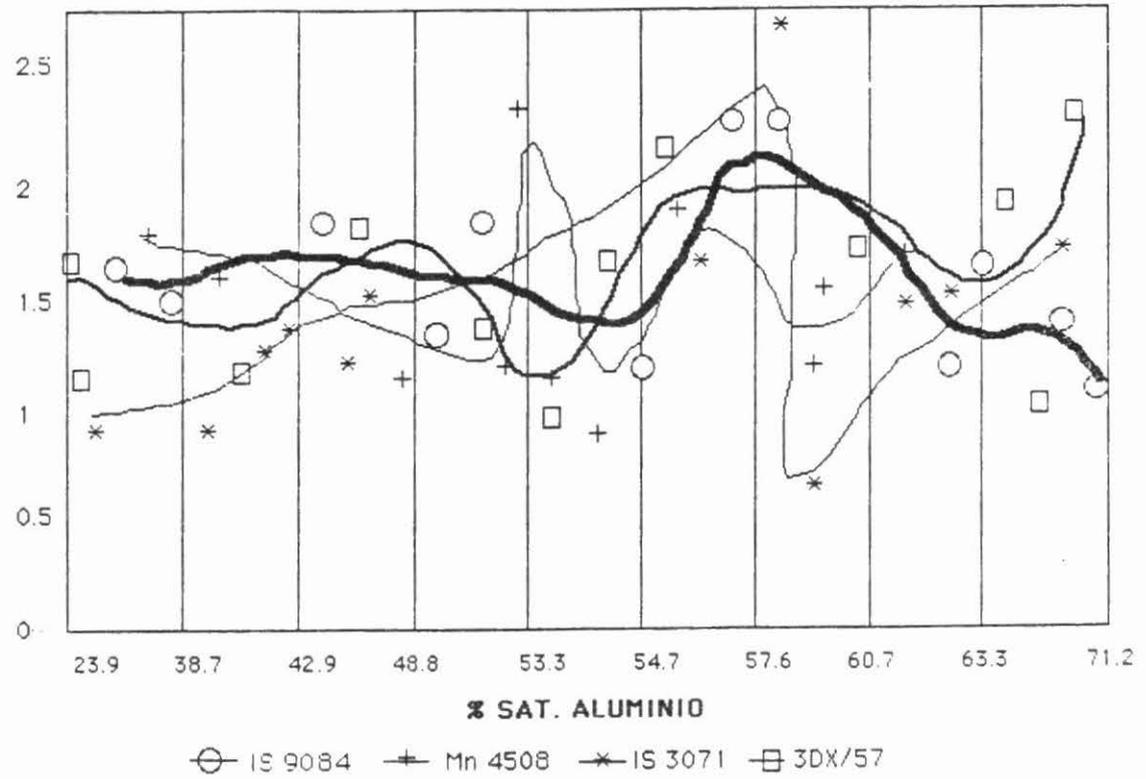


Figura 3. Materiales que dieron máximo rendimiento con 50% y 60% de saturación de Al en el suelo, y cuyo comportamiento fue similar.

RENDIMIENTO (Ton/ha)

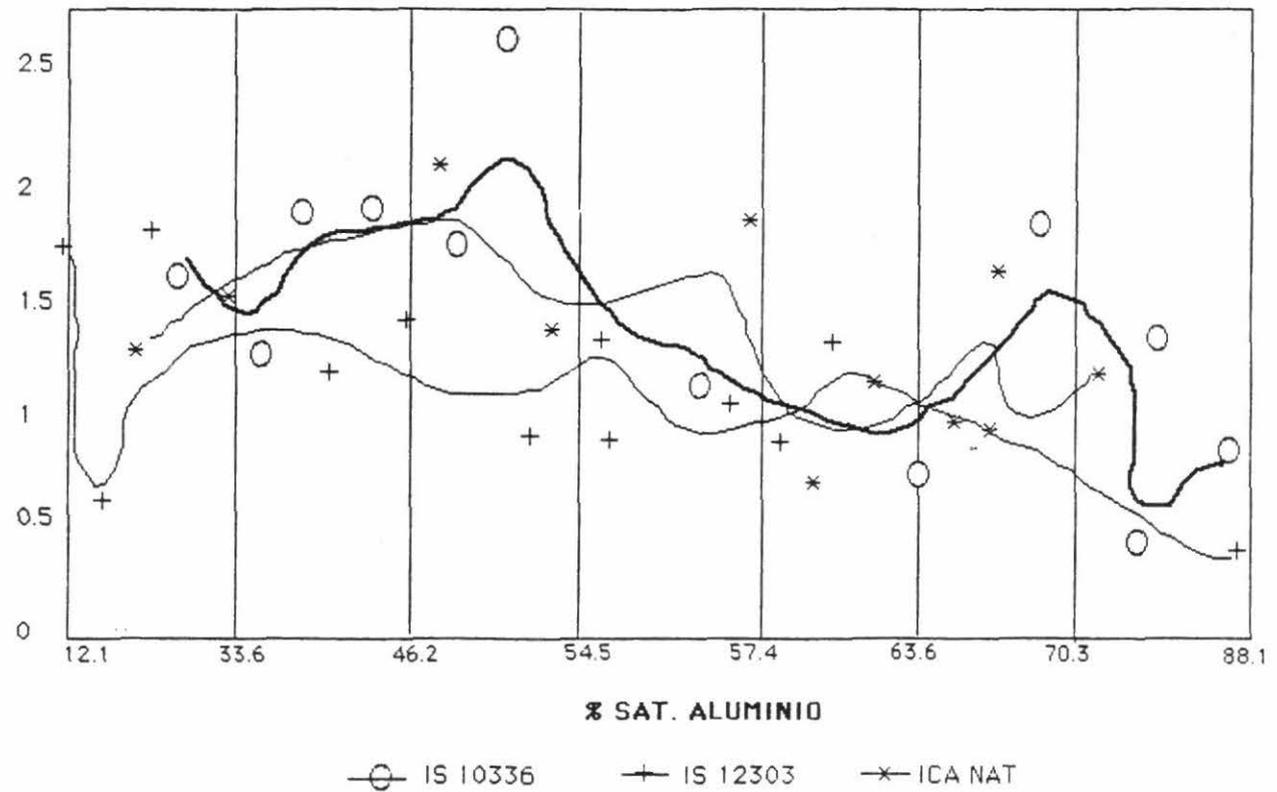


Figura 4. **Materiales de sorgo cuyo rendimiento descendió notablemente cuando aumentó la saturación de Al en el suelo**

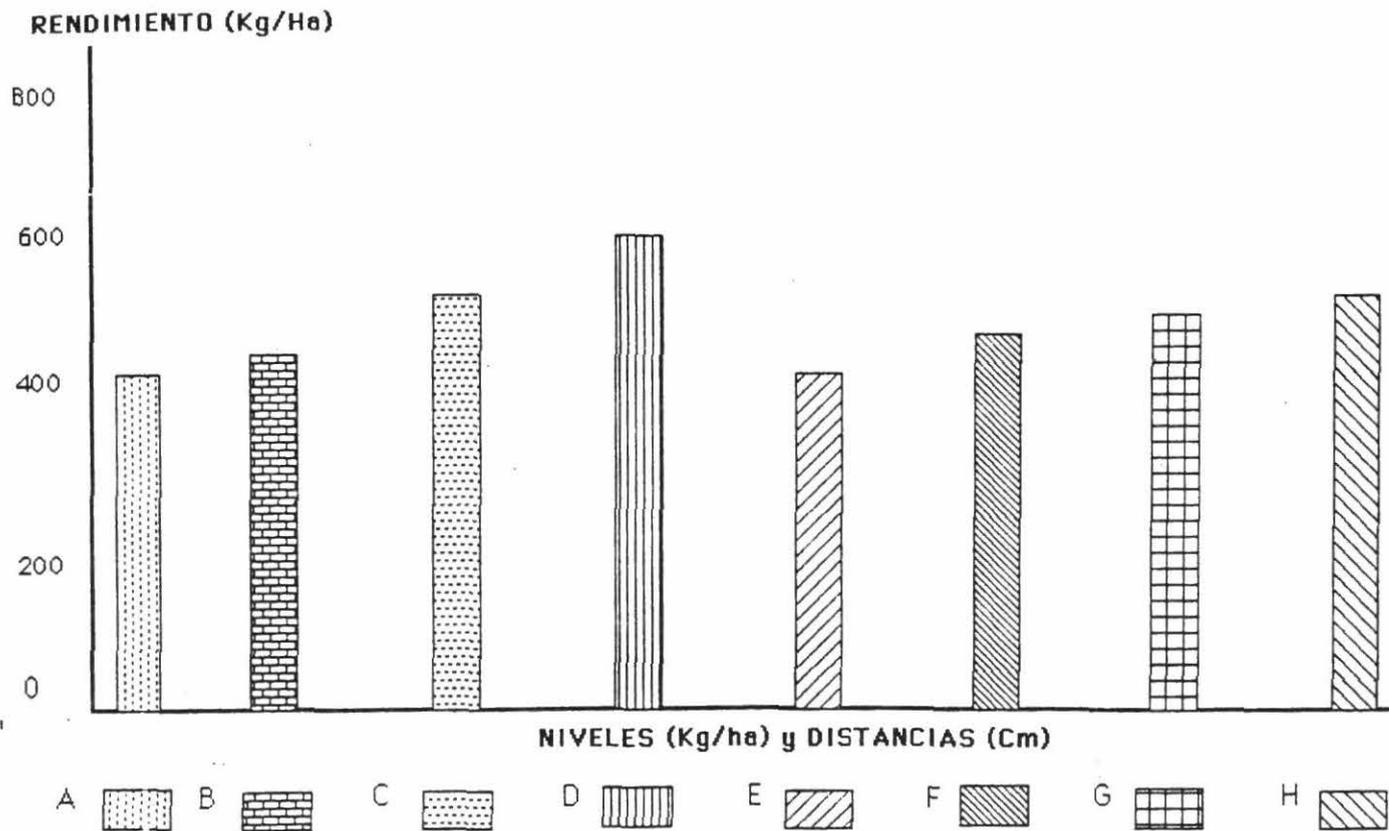


Figura 5. Rendimiento promedio de la línea MN 4508 según el nivel de fertilización y la distancia de siembra, en un suelo virgen de sabana cuya saturación de Al era de 83%. A = 50N-50p, a 30 cm; B = 100N-50P, a 30 cm; C = 50N-100p, a 30 cm; D = 100N-100P, a 30 cm; E = 50N-50P, a 60 cm; F = 100N-50P, a 60 cm; G = 50N-100p, a 60 cm; H = 100N-100P, a 60 cm.

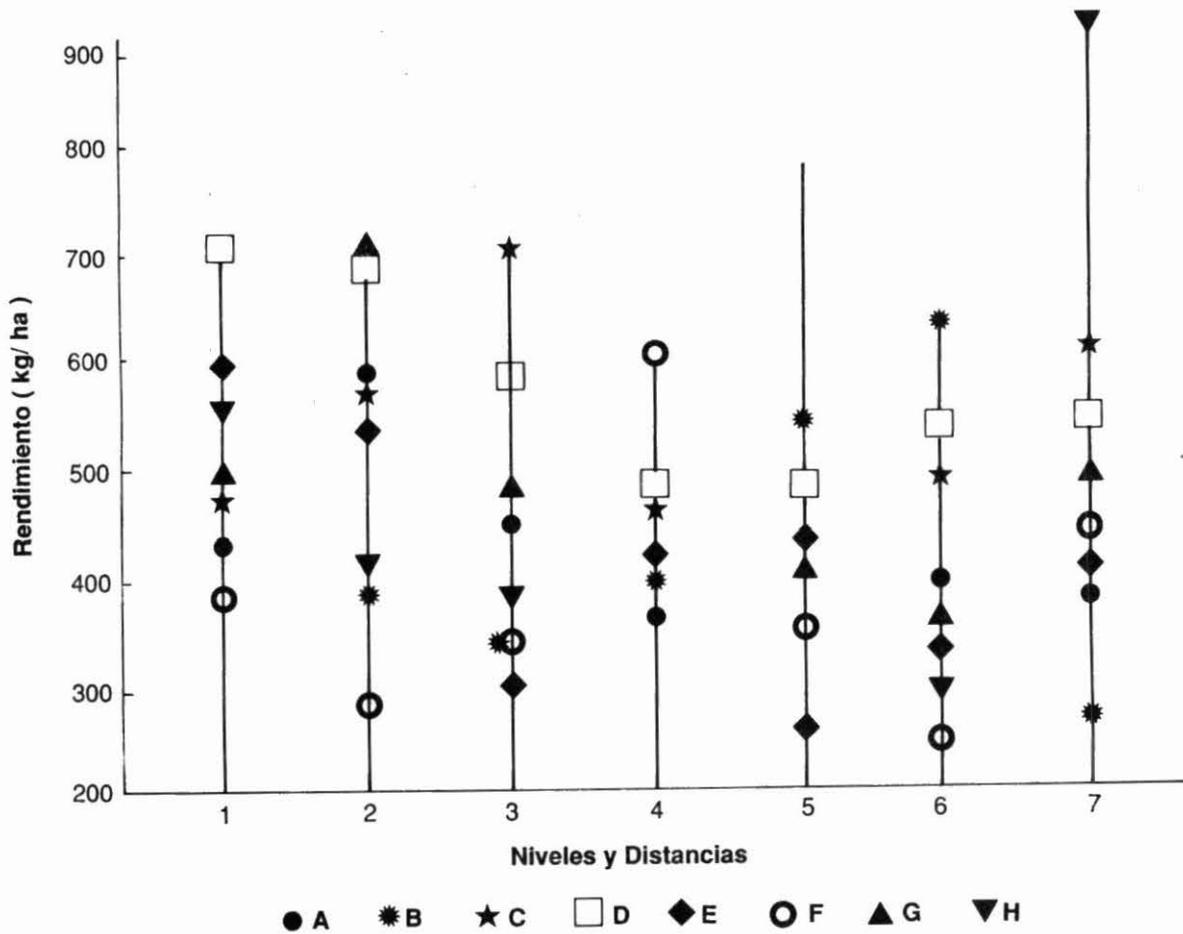


Figura 6.

Coportamiento de siete líneas de sorgo tratadas con cuatro niveles de fertilización y con dos distancias de siembra en un suelo de sabana. Las letras A, B, ...H identifican los tratamientos de la Fig. 5. 1 = IS 8577, 2 = IS 10336, 3 = IS 9084, 4 = IS 3071, 5 = MN 4508, 6 = 156-P-5 Serere 1, 7 = 5DX.

L. FERTILIZACION

La fertilización nitrogenada y fosfórica y su efecto en el rendimiento de cuatro genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench.) promisorios para suelos de sabana *

Alejandro Dominguez de los Ríos
Oscar Alberto Romero Velásquez
Presidente de Tesis: César Gómez **

El principal problema de fertilidad de los suelos de los Llanos Orientales es su alto contenido de aluminio intercambiable, que causa la acidez del suelo y, en gran parte, la fijación del fósforo. Además, el aluminio produce toxicidad y otros trastornos en la planta.

La fitotoxicidad del aluminio se puede evadir encalando el suelo; así se neutraliza el aluminio intercambiable y se eleva el pH del suelo. En los suelos de los Llanos Orientales, sin embargo, esta solución resulta antieconómica porque se necesitarían grandes cantidades de cal para neutralizar el aluminio.

Otra solución, más adecuada y económica, es seleccionar especies o variedades que se adapten a condiciones de extrema acidez y de alto contenido de aluminio intercambiable. En la actualidad, el proyecto cooperativo ICA-INTSORMIL posee genotipos de sorgo tolerantes a porcentajes de saturación de aluminio de 20% a 60%.

Por lo tanto, se hacía necesario establecer niveles de fertilización, en este caso de nitrógeno y fósforo, que permitan una utilización razonable de estos nutrimentos.

Se escogieron los cuatro materiales más promisorios de sorgo, producto de selecciones previas, de los cuales puede salir la variedad o variedades que se liberarán para este ecosistema.

El presente trabajo se encaminó a la elaboración del paquete tecnológico de estas variedades.

Revisión de literatura.

R.J. Kampranth recomienda la colección disponible de germoplasma de sorgo para localizar el de más alto nivel de tolerancia a los suelos ácidos.

C. Ruiz concluye que la tolerancia al aluminio (Al) en el sorgo es dominante sobre la susceptibilidad a ese elemento;

además, una porción de la acción génica es aditiva y, por consiguiente, podría fijarse en un programa de fitomejoramiento.

La mayor disponibilidad del nitrógeno está alrededor del pH 7, porque en éste las bacterias nitrificantes pueden desarrollarse mejor. A pH ácido la solubilidad del aluminio (Al) y la del hierro (Fe) son elevadas, y estos elementos precipitan el fósforo (P) en forma de compuesto insoluble, no aprovechable por las plantas; cuando el pH se hace menos ácido, el fósforo es liberado de estos compuestos.

En los cereales, una baja nutrición de P se traduce en una disminución de grano en cantidad y calidad, y en menor resistencia a la helada y al escalado.

La falta de nitrógeno, por su parte, causa una modificación del color de las hojas (del verde al naranja), sobre todo en suelos donde las precipitaciones son muy altas y lavan sus nutrimentos.

A. Demolon señala que, para cereales, las concentraciones óptimas de N varían entre 50 kg/ha, para (avena y cebada), hasta 120 kg/ha para otros. Una dosis confiable de P se estima en 50 kg/ha de P_2O_5 . La asimilación del P y del K en el sorgo es más lenta que la del N.

Objetivos

- Establecer niveles óptimos de fertilización nitrogenada y fosfórica para la explotación económica del sorgo en suelos de sabana cuya saturación de aluminio esté entre 20% y 60%.
- En particular, estudiar la incidencia de diferentes dosis de nitrógeno y de fósforo en las características agronómicas más importantes de cuatro genotipos de sorgo, promisorios para estos suelos: 156-P-S-Serere 1, MN 4508, IS 7151 e IS 3522.
- Hallar el genotipo más eficiente en la utilización de estos nutrimentos.
- Evaluar los anteriores tratamientos y sus interacciones en los dos semestres del año, para determinar la época de siembra más apropiada, en la cual sea máxima la rentabilidad del cultivo.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en la estación experimental C.I. La Libertad, del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en

* Tesis, Ingeniero Agrónomo, Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales.

** Ingeniero Agrónomo, M.Sc., UNILLANOS.

Villavicencio, Meta. La estación se halla a 10° de latitud norte y a 73° 37' de longitud oeste.

El suelo de La Libertad corresponde a un Oxisol Tropeptic Haplustox, previamente encalado, cuya saturación de aluminio, en promedio de 144 muestras, es de 30%. Tiene además 3.21% de materia orgánica.

Las líneas de sorgo ensayadas se tomaron de la colección mundial.

En el semestre A se sembró a principios de abril (1989), para cosechar en agosto. En el semestre B se sembró a fines de septiembre (1989) para cosechar en enero de 1990.

El diseño experimental que se utilizó fue el de parcelas divididas; la parcela principal correspondió a los genotipos, y ésta se dividió en nueve subparcelas que correspondían a los tratamientos. Se aplicaron tres dosis (0, 50 y 100 kg/ha) tanto de nitrógeno como de fósforo. Se obtuvo, finalmente, con cuatro genotipos y cuatro repeticiones un arreglo factorial de 3 x 3 x 4 x 4.

Se sembraron 6 surcos por subparcela, cada uno de 5 m de longitud, y separados 54 cm entre sí. El área de la subparcela era de 16.2 m². Entre las repeticiones había calles de 2 m.

Resultados y Discusión

Días a floración

En el semestre A, el genotipo de más temprana floración fue Serere 1, con 66 días, y el más tardío MN 4508, con 71.86 días.

El nitrógeno (N) presentó una relación inversa con la floración: a mayor dosis de N, más temprano ocurrió la floración. Lo mismo se observó con la fertilización fosfórica (Cuadro 1).

Cuadro 1. **Promedios de los días a floración (interacciones) de cuatro líneas de sorgo fertilizadas con tres niveles de nitrógeno y tres niveles de fósforo, en el semestre B de 1989. ***

Nitrógeno	Días a floración con fósforo (kg/ha):			Promedio
	0	50	100	
0	71.00 a	69.66 c	70.46 ab	70.39 a
50	70.40 b	69.68 c	69.37 cd	69.80 b
100	70.31 b	60.93 d	69.00 c	69.41 c
Promedio	70.57 a	69.42 b	69.59 b	

a. Promedios seguidos por igual letra en la misma columna no difieren estadísticamente ($p = 0.01$) según Duncan.

En el semestre B, el genotipo de más temprana floración fue Serere 1, con 59 días, y el más tardío MN 4508, con 61 días.

Altura de planta a la madurez fisiológica

En el semestre A, la menor altura de planta la presentó la línea Serere 1, con 151.85 cm; las tres líneas restantes no presentaron diferencias significativas en su altura. Si se aplican N y P, la altura de la planta aumenta (Cuadro 2). En el semestre B las plantas de todas las líneas presentaron un porte muy similar.

Cuadro 2. **Promedio de altura de planta a la madurez fisiológica (interacciones) de cuatro líneas de sorgo fertilizadas con tres niveles de nitrógeno y tres niveles de fósforo, en el semestre B. a**

Nitrógeno (kg/ha)	Altura de planta (cm) con fósforo (kg/ha):			Promedio
	0	50	100	
0	119.81 c	121.81 c	121.12 c	120.91 c
50	140.77 ab	136.58 b	139.06 ab	138.80 b
100	146.17 a	143.63 ab	146.27 a	145.36 a
Promedio	135.58 a	134.01 a	135.48 a	

a. Promedio seguidos por igual letra en la misma columna no difieren estadísticamente ($p = 0.01$) según Duncan.

Exerción de la panoja

En el semestre A, la mayor exerción de panoja la presenta el genotipo IS 7151, con 13.50 cm, y la menor Serere 1, con 8.50 cm.

Los tres niveles de fósforo aplicados no inciden en la exerción de la panoja, mientras que el nitrógeno tiene una relación inversa: a mayores dosis de nitrógeno la exerción disminuye.

En el semestre B, la mayor exerción de panoja fue de IS-3522, con 8 a 13 cm. Serere 1 presentó la exerción más baja, con 4.42 cm.

Los niveles de fósforo no inciden en la exerción de la panoja, mientras que al incrementar la dosis de nitrógeno la exerción disminuye.

Peso de mil semillas

En el primer semestre, el peso de mil semillas (22-24g) no presenta diferencias significativas entre los genotipos evaluados.

Los niveles de fósforo influyen directamente en el peso de mil semillas; el nitrógeno no afecta ese peso. Un comportamiento similar se observó en el semestre B, aunque el de MN 4508 superó ligeramente el de los otros genotipos.

Rendimiento

En el semestre A, el mayor rendimiento correspondió al genotipo MN 4508 (3530 kg/ha); lo siguió Serere 1 con 3225 kg/ha. Las otras dos líneas dieron aproximadamente 1900 kg/ha cada una.

Las dosis crecientes de nitrógeno incrementaron el rendimiento significativamente. El fósforo, en dosis de 100 y 50 kg/ha de P_2O_5 , causó rendimientos superiores al tratamiento en que no se aplicó fósforo (Cuadro 3).

En el semestre B, dos condiciones ambientales (ataque de *D. saccharalis* y verano prolongado) ocasionaron un rendimiento no representativo del cultivo.

Cuadro 3. **Promedios del rendimiento de cuatro genotipos de sorgo evaluados con tres niveles de nitrógeno y tres niveles de fósforo en el semestre A de 1989. ***

Nitrógeno (kg/ha)	Rendimiento de planta (kg/ha) con fósforo (kg/ha):			Promedio
	0	50	100	
0	1367.19 c	1515.14 d	1378.93 d	1421.31 c
50	2048.27 c	2370.99 b	2251.93 bc	2223.73 b
100	2503.66 b	2935.83 a	2788.01 a	2737.64 a
Promedio	1983.88 b	2274.01 a	2155.81 a	

a. Promedios seguidos por igual letra en la misma columna no difieren significativamente ($p < 0.01$) según Duncan.

Análisis Económico

El método de presupuestos parciales indica que el tratamiento más rentable es: 100 kg/ha nitrógeno y 50 kg/ha de P_2O_5 . Los demás tratamientos corresponden a alternativas dominadas.

Por cada peso invertido en la fertilización de MN 4508, en el semestre A, se ganan 80.64 centavos, y en la de Serere 1, en igual semestre, 101.45 centavos.

Conclusiones

1. Hay diferente comportamiento de los genotipos evaluados en los dos ambientes (semestre A y semestre B).
2. El ambiente seco hace que las plantas florezcan más temprano.
3. La altura de planta estuvo más influenciada por el nitrógeno que por el fósforo.
4. El nitrógeno en dosis altas acortó significativamente la ejercerión de la panoja. El fósforo no influyó en este parámetro.
5. El peso de cien semillas estuvo muy ligado a la fertilización fosfórica. En general, el nitrógeno no influye en este componente del rendimiento.
6. Las líneas de sorgo evaluadas se comportaron mejor en el primer semestre del año.
7. Los materiales de mayor rendimiento fueron MN 4508 y Serere 1.
8. El mejor tratamiento, desde el ángulo económico, fue 100 kg/ha de nitrógeno y 50 kg/ha de P_2O_5 . MN 4508 rindió con este tratamiento 3403 kg/ha, y Serere 1 3257 kg/ha.

Recomendaciones

1. Se recomienda corroborar en los próximos años los resultados obtenidos, estableciendo el ensayo en otras localidades.
2. Es necesario hacer ensayos de época de siembra para los genotipos MN 4508 y Serere 1 antes de su liberación como variedades de sabana.
3. En próximos estudios, utilizar mayores niveles de nitrógeno y dosis más específicas de fósforo, e incluir niveles de potasio.
4. Estudiar el efecto, en el comportamiento de estas líneas, de la inoculación con dosis crecientes de micorrizas.
5. Complementar estos trabajos ensayando en las líneas la aplicación de micronutrientes.



Semilla para pruebas de densidad de siembra. (Julio Vigoya).



Prueba de estabilidad genotípica de caracteres agronómicos. (Javier Osorio)



Estudio de suelos en zona agroecológica apta para el sorgo. (Edgar Riascos).

TERCERA PARTE

1

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA

División de Producción de Cultivos, Sección de Cereales

Investigación y Desarrollo del sorgo en 1989B-1990A

Eduardo Barragán Q. *

* Líder, Grupo Multidisciplinario de Sorgo, ICA.

Contenido

Introducción

A. Nataima, Grupo Piloto

- Fitomejoramiento
- Rendimiento y adaptación
- Formación y selección de variedades
- Mejoramiento agronómico
- Pruebas de eficiencia agronómica
- Producción de semilla básica
- Manejo agronómico
- Entomología
- Patología
- Fisiología

B. Motilonia, Grupo Satélite

- Fitomejoramiento
- Rendimiento y adaptación
- Evaluación de genotipos comerciales
- Pruebas de eficiencia agronómica
- Manejo agronómico
- Suelos
- Entomología

C. Investigación en los Llanos Orientales

- Origen de las variedades
- Características Agronómicas
- Rendimiento en pruebas regionales
- Manejo agronómico
- Análisis económico

D. Transferencia de Tecnología

- En el Grupo Piloto C.I. Nataima
- En el Grupo Satélite de Motilonia

Introducción

El sorgo granífero es una fuente de proteína. Se emplea como componente de la materia prima utilizada por la agroindustria que fabrica concentrados para consumo animal. La avícola, en particular, se ha incrementado en el país y ha acelerado el auge paralelo del cultivo de sorgo.

El sorgo se considera un cultivo reciente en la agricultura colombiana. Su crecimiento se debe a su rusticidad y a su adaptación a las condiciones climáticas del país. En los últimos años ha adquirido importancia como rotación del algodón o del arroz en las zonas agrícolas importantes de Colombia.

Cuanto mayor es el área cultivada con una especie, más se manifiestan las limitantes de la producción. Estas difieren en cada una de las cinco zonas agroecológicas recomendadas para sembrar sorgo en Colombia. En el Valle del Alto Magdalena hay suelos de baja fertilidad, poca precipitación y de errática frecuencia, y ataques del hongo *Macrophomina*; en los valles interandinos hay problemas de elementos menores, de malezas y *Macrophomina* (norte del Valle del Cauca); en el Caribe húmedo hay problemas fungosos. En los Llanos Orientales hay suelos ácidos, plagas, y enfermedades fungosas; en el Caribe seco las precipitaciones tienen frecuencia errática, y hay *Macrophomina* (sur de Guajira y de César).

El mayor problema de la productividad del sorgo es la ausencia de prácticas de cultivo oportunas y eficientes, como la fertilización, la densidad de población, y el conocimiento de los niveles de control de plagas y enfermedades.

El ICA emprendió directamente la solución de estos problemas creando los Grupos Multidisciplinarios de cada cultivo; el del sorgo tiene objetivos de investigación, a nivel nacional, en dos áreas prioritarias:

- En fitomejoramiento, obtener, para cada zona, variedades mejoradas e híbridos de alto rendimiento de grano, y tolerantes a las principales limitaciones de la zona de producción.
- En manejo agronómico, generar, para cada zona, un sistema de recomendaciones tecnológicas apropiadas sobre los diferentes factores de producción: malezas, insectos, plagas, enfermedades, fertilización, método y densidades de siembra, riego, y técnicas eficientes de cosecha mecanizada.

Estas actividades han sido desarrolladas, en las tres estaciones (Nataima, Motilonia y la Libertad) por 6 profesionales, 5 auxiliares técnicos y 11 operarios, con la colaboración de tres secretarías.

A. Nataima, Grupo Piloto

Fitomejoramiento

Las hibridaciones se orientaron a la utilización de líneas androestériles para sorgo de grano, al mantenimiento de líneas A y B, a la conversión de líneas B en A, al aumento de semilla híbrida, a la evaluación de híbridos experimentales, a la identificación de la reacción de líneas (A o R), y al aumento y caracterización de líneas (A y B) tolerantes a la sequía.

Rendimiento y adaptación

Evaluación de híbridos. Se evaluaron en el C.I. Nataima 14 híbridos experimentales por comparación con los comerciales Sorghica NH-301 y HG-522DR. Ninguno de los primeros superó en rendimiento a Sorghica NH-301, pero todos superaron a HG-522DR.

En pruebas regionales se evaluó en Lérica, Nataima y Tocaima, en 1989B, el rendimiento de tres híbridos promisorios por comparación con 17 híbridos comerciales. De ellos solamente el 2770 x 2730 resultó superior a todos los comerciales, incluyendo el testigo oficial (Sorghica NH-301). En 1990A se evaluó en Guayabal, Nataima, Ibagué, Tocaima y San Luis el comportamiento de dos híbridos experimentales, que no superaron a Sorghica NH-301 en rendimiento; se evaluaron también 13 híbridos comerciales, de los cuales el mejor fue Tropical 15.

Analizando los dos semestres, el híbrido Tropical 15 fue el mejor; superó ligeramente (en 90 kg/ha) a Sorghica NH-301.

Líneas de identificación. De los dos viveros de ADIN y de DLY se seleccionaron 24 líneas que serán cruzadas con el probador (línea A); resultaron 22 con reacción B (mantenedoras).

Formación y selección de variedades de grano

Utilizando la selección genealógica, se continuó purificando generaciones de autogamia con sorgos introducidos, y se avanzó en ellas.

Algunos factores, como tolerancia a las enfermedades foliares, al mildew veloso, a los hongos en la panoja, al barrenador del tallo, y a la sequía, se están transfiriendo a los materiales comerciales o a las líneas promisorias que no cumplan todos los requisitos agronómicos. Utilizando por ello la selección genealógica, se continuó purificando las generaciones de endogamia con sorgos graníferos introducidos provenientes de INTSORMIL, y se avanzó en ellas.

Se seleccionaron las siguientes líneas que se evaluarán en ensayos de rendimiento: R-9188, R-4244, TX-435, R-3224, R-6078 y R-8503.

Del vivero de ADIN se seleccionó una línea tolerante a la antracnosis en el pedúnculo, cuatro líneas tolerantes a hongos foliares, y dos líneas por su precocidad (47 días a la floración). También se descartó una línea por susceptibilidad a *Macrophomina* y otra susceptible a *Diatraea* spp. Líneas del mismo vivero se evaluaron por el tiempo de cosecha, y por el número de huecos, larvas y pupas de *Diatraea*; mostró tolerancia a este insecto la línea 87LG-7060 y susceptibilidad TX2767.

Del vivero de DLT mostraron tolerancia a la sequía tres materiales; también se destacaron por su resistencia a *Diatraea* tres materiales (B4, 84V-700 y 84V-6918); otros dos fueron susceptibles (B1x623 y B-35).

Se continuó la selección en Icaima por el peso de 244 panojas inicialmente seleccionadas, y se empleó en ello una intensidad del 10%. Se multiplicó además semilla de 15 líneas promisorias (SB = sorgos básicos) para evaluarlas en las diferentes zonas agroecológicas del país.

En pruebas regionales localizadas en Lérída, Tocaima y Nataima, en 1989B, se evaluaron 13 líneas experimentales junto con 3 variedades comerciales, una de ellas la testigo Icaima; el SB-29 resultó ser superior al testigo en 672 kg/ha. En 1990A sólo se evaluaron 4 líneas experimentales con las 3 variedades comerciales; Prosemillas 1 resultó superior a Icaima en 12% de rendimiento.

Mejoramiento agronómico

Se estudió la interacción genotipo x densidad de población x niveles de nitrógeno, utilizando como diseño el de parcelas divididas, donde los genotipos ICN-1, Icaima, SB-17 y Pioneer 8239 eran parcela principal, las densidades (12, 15, 18 y 21 kg/ha de semilla) eran las subparcelas, y los niveles de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha) eran las sub-subparcelas. No se encontró significancia en ninguna de las interacciones. El ensayo se estableció en Garzón, Huila, conjuntamente con FENALCE.

Pruebas de eficiencia agronómica

Se evaluó también la eficiencia agronómica de los genotipos de sorgo granífero de algunas compañías productoras de semillas, a saber, Cargill Cafetera de Manizales, Colsemillas, Semillas de Tolima, Pioneer y Semivalle.

Producción de semilla básica

Se produjeron, juntamente con básica y comercial, 100 kg de ICA Nataima y 5 kg de Martón A-B.

Manejo Agronómico

Entomología

Se comentan también en este informe resultados de otros cereales, como maíz y arroz, porque en la reestructuración del ICA se han reunido con el sorgo.

Biología y ecología

Se hicieron estudios biológicos y ecológicos de los insectos plaga de la panoja de sorgo. Se evaluó la fluctuación de insectos benéficos y de plagas; en el semestre B de 1989 se constató que la plaga de mayor importancia fue *Sathrobrotia rileyi*, y que su incidencia dependía de la fecha de siembra y de la longitud de ejecución del genotipo. También se concluyó que las siembras tardías favorecen la presencia y la mayor incidencia de *Spodoptera* sp. y *Heliothis* spp. en la panoja. Bajo las condiciones ambientales de este semestre, y en los genotipos estudiados, se observó que la mayor proporción del parasitoide *Apanteles* se encontró en ICA Nataima y en HX-1758, y la menor en los restantes (Icaima, NK-266 y Savanna-5).

Para el semestre A de 1990, de las 9 fechas de siembra se seleccionaron 5; se observó en los genotipos Icaima, ICA Nataima y SB-58, el movimiento poblacional de insectos plagas y benéficos. La incidencia de *Sathrobrotos rileyi* en siembras realizadas después de la segunda semana de marzo fue igual en Icaima que en ICA Nataima.

Para *Contarinia sorghicola* se encontró que, al inicio de la floración de la panoja del sorgo, su mayor población se detecta entre las 8:00 a.m. y 12 m.; cuando la panoja presenta floración completa, se detectó hasta las 2:00 p.m. En días de bajo brillo solar, las poblaciones altas se pueden detectar hasta las 6:00 p.m..

Relación insecto-planta. Con respecto al insecto *Diatraea sacharalis* (F.), se evaluó la influencia de la fecha de siembra en su ataque. Se evaluaron por ello tres genotipos de diferente ciclo de duración, uno precoz (Icaima), uno intermedio (ICA Nataima) y uno tardío (SB-58). Los resultados mostraron que, para la zona de Espinal, el insecto ataca con igual intensidad a Icaima y a ICA Nataima.

Se concluyó que siembras de Icaima e ICA Nataima posteriores a la segunda semana de octubre dan pérdidas en producción superiores a 500 kg/ha. Se recomienda que los

materiales tardíos no se siembren después de la última semana de septiembre, porque entonces sus pérdidas serían superiores a las de Icaima e ICA Nataima. De esta evaluación se concluye también que las fechas de siembra situadas entre la primera semana de febrero y la primera de abril de las variedades Icaima e ICA Nataima, presentaron buen rendimiento.

En la evaluación respecto a *Spodoptera frugiperda*, se observó alta incidencia del insecto en las siembras tempranas; éstas requieren de tres aplicaciones cuando hay ataques en forma de gusano ejército y de cogollero.

Entomología económica

Se estudió el efecto en la producción de ICA Nataima del daño de *Spodoptera*, aplicando tres tratamientos: a) daño permitido hasta 20 días después de la siembra; b) daño permitido entre 20 y 30 días después de la siembra; y c) daño permitido entre 20 y 45 días después de la siembra. Los resultados mostraron que la producción obtenida con más de 5 aplicaciones para controlar el cogollero causaba pérdidas superiores al 73%.

Patología

Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid. El subproyecto "Evaluación del germoplasma de sorgo mediante la inoculación artificial de *M. phaseolina*" se estableció en marzo de 1990; 15 días después de la floración y en condiciones de alta humedad del suelo se inocularon 143 genotipos. Los resultados indicaron que el porcentaje de incidencia de la pudrición carbonosa en el experimento varió entre 0 y 75%; solo 10% de los genotipos presentaron niveles bajos de la enfermedad. Esta falta de consistencia en los datos puede ser causada por la alta variabilidad que hay dentro de los materiales, aunque también hubo desuniformidad en la edad fisiológica al momento de la inoculación, y distribución desuniforme de la humedad del suelo en el sitio del experimento. Savanna 5 exhibió alta susceptibilidad en forma constante y se puede seguir usando como testigo susceptible.

Los resultados sugieren que es necesario modificar la metodología tradicionalmente usada en las investigaciones sobre pudrición carbonosa del sorgo. Los principales cambios se relacionan con los siguientes puntos: a) manipulación del ambiente para crear predisposición a la enfermedad; b) ajuste de la inoculación a una determinada edad fisiológica de la planta; c) posición del inóculo en la raíz; d) modificación de los criterios de selección dentro del proyecto; e) creación del vivero de *Macrophomina*; f) conversión del proyecto en un estudio genético de la resistencia del sorgo a *M. phaseolina*; g) creación de la colección de *Macrophomina phaseolina*.

Colletotrichum graminicola (CES) Wils. Dentro del proyecto "Estudio de problemas fungosos de granos y semillas de sorgo", se inició el subproyecto Estudios básicos de *Colletotrichum graminicola* (Ces) Wils asociado con semilla de sorgo. Entre junio y octubre de 1990 se tomaron muestras en lotes de semilla destinada a certificación en las zonas productoras de Tolima y Huila. Estas muestras se evaluaron respecto a la incidencia de *C. graminicola* por inspección directa en el microscopio. Se encontró que el 100% de las muestras analizadas presentaron niveles de infección de semilla entre 1.5% y 6.3%, según el genotipo y la zona de producción. Se continúa investigando el efecto de la infección de la semilla en su calidad fisiológica y en la sanidad de las plántulas.

En 1990B se evalúa el vivero internacional de virulencia de la antracnosis del sorgo (ISANV). Las primeras evaluaciones indican que la infección de la semilla reduce la emergencia en el campo y causa una muy temprana aparición de antracnosis en las plántulas.

Fisiología

Los resultados discutidos son sólo del semestre 1990A.

Etapas de desarrollo de la planta de sorgo

Con la identificación de las fases y etapas del desarrollo se logra determinar las épocas de siembra, con el fin de que la planta sea más eficiente y exprese su potencial de rendimiento. Para este estudio se tomaron las variedades Icaima, ICA Nataima, la línea experimental SB-17, y los híbridos Sorghica NH-301, CL-603, ST Guapo, Rendidor 87 y HW-1758. Los resultados mostraron diferencias entre los ocho genotipos utilizados en las tres fases de desarrollo (vegetativa, reproductiva y de maduración). La metodología utilizada para identificar las etapas de desarrollo fue cuantificar el número de hojas y relacionar ese número con el estado fisiológico en que se hallaba la planta. La base fueron 10 etapas de desarrollo (numeradas del 0 al 9), y las 3 fases ya enunciadas.

Densidades y arreglos poblacionales

Para determinar la población óptima de plantas por genotipo para la zona de Espinal, se usó el cálculo del índice de área foliar por cada genotipo; con este valor se puede precisar la población teórica óptima por unidad de área, para que produzca los máximos rendimientos. Se ensayaron los ocho genotipos mencionados en el párrafo anterior y las muestras se tomaron en la etapa 4 (hoja bandera visible) cuando todas las hojas reproductivas se habían desarrollado y eran fisiológicamente activas.

Los resultados mostraron diferencias de índice de área foliar para cada genotipo, y por ese valor éstos se clasifican en tres grupos: alto: Rendidor 87 (3.20), medio: Icaima (1.71), y bajo: HW-1758 (1.17). Según esta clasificación, la población teórica para cada grupo fue: para Rendidor 87 90,000 planta/ha, para Icaima 80,000 planta/ha y para HW-1758 100,000 planta/ha. Para el cálculo de la población óptima, estas poblaciones se duplicaron y cuadruplicaron.

Manejo integrado de malezas

Se hizo evaluación preliminar de la fitotoxicidad de las atrazinas y de 2,4-D en dos genotipos de sorgo. El uso indiscriminado de estos herbicidas selectivos esta ocasionando problemas en la actividad metabólica del sorgo, y afecta el desarrollo, el crecimiento y la producción de la planta; por ello se observaron y cuantificaron estos efectos. Los genotipos utilizados fueron NK-2888 y Savanna 5; los herbicidas fueron uno del grupo de triazinas (Atrazina) y otro del grupo fenoxi (2,4-D).

Se observó un mejor desarrollo foliar y mayor altura en NK-2888 que en Savanna 5; éste presentó un efecto negativo en relación con el área foliar y el color, y con los análisis de crecimiento, y se diferenció del testigo absoluto. Con respecto al 2,4-D, los dos genotipos fueron susceptibles; hubo un aparente volcamiento, que con el tiempo se recuperó un poco. Los análisis de crecimiento indicanafección. La aplicación de los herbicidas se realizó a los 10 días de la emergencia del sorgo.

B. Motilonia, Grupo Satélite

Fitomejoramiento

La hibridación buscaba el aumento y la evaluación de líneas androestériles, que en 1989B fueron 14 líneas A y B y 10 líneas R.

Rendimiento y adaptación

Evaluación de híbridos. En 1990A, se evaluaron 7 híbridos experimentales, que presentaron bajos porcentajes de germinación; se destacaron por su buen comportamiento agronómico los híbridos 601510A x 250-13R y 601083A x 250-13R.

En las pruebas regionales de 1990A se probaron materiales enviados del C.I. Nataima; de los tres híbridos experimentales, el mejor en rendimiento fue 2770A x 2730 con 1347 kg/ha, que no superó a Sorghica NH-301. El mejor de los híbridos comerciales fue NK-2888 con 2137 kg/ha, que superó al testigo oficial en 411 kg/ha. En floración, los valores estuvieron entre 55 días (Savanna-5) y 84 días (CL-603).

En la evaluación de sorgos experimentales de Palmira, ICRISAT 11R fue el más tardío y el de mejor promedio de rendimiento; el más bajo rendimiento lo dio HW-1758 con 900 kg/ha.

Formación y selección de variedades. Utilizando la selección genealógica se escogieron 512 panojas de selecciones de Motilonia y se continuó su proceso de evaluación.

Durante 1989B, de 14 selecciones evaluadas (incluyendo Icaima) se seleccionaron ocho, y dos fueron escogidas como líneas promisorias; éstas se evaluaron en ensayos de rendimiento en 1990A, y fueron nominadas como SEM-1 y SEM-2, respectivamente.

Se evaluaron las líneas de introducción provenientes de INTSORMIL. De 19 genotipos seleccionados se escogieron 10, que se llevaron a ensayos de rendimiento en 1991-A; de éstos 82C-5948, B-8618, R-4244, 82BD-M499 y TX7078 son los más promisorios, del vivero Drought Line Test (DLT)

Del vivero ADIN, cuyas líneas son resistentes a plagas y enfermedades, se sembraron 10 genotipos que se evaluaron por daño al cogollo; se escogieron los 5 mejores que fueron: 80C-2241, MR-103-3LP, R-8507, BTx623 y 87BR65, que serán llevados a ensayos de rendimiento.

En el semestre A de 1990, se inició el desdoblamiento de los híbridos comerciales CL-603, YS-285, HW-1758, DR-1125, YS-60, Pioneer 8239 y G-522DR; se tomaron 50 panojas por material, y se sembró una panoja por surco. Se seleccionó respecto a precocidad.

En las pruebas regionales hechas con materiales enviados del C.I. Nataima, y en las de Motilonia, la mejor línea fue SB-29 con 1526 kg/ha en el semestre A de 1990.

Evaluación de genotipos comerciales. En las localidades de Codazzi, Chiriguaná (César), y Plato (Magdalena) se evaluaron 10 genotipos comerciales de sorgo. Los resultados mostraron que en Codazzi el más precoz fue YS-60, y en Plato y Chiriguaná fue HW-1758. Para las condiciones de Codazzi, el de mayor rendimiento fue el Pioneer 8239 (3153 kg/ha) que superó a Sorghica NH-301 en 1085 kg/ha; para Plato, el mejor genotipo fue ICA Nataima con 4300 kg/ha, que superó a todos los híbridos y a Icaima.

En otros ensayos comerciales que incluían la línea experimental SEM-1, en Codazzi, San Diego y Bosconia, los resultados de esos genotipos muestran buen potencial de rendimiento.

Pruebas de eficiencia agronómica. Para la zona agroecológica del Caribe Seco, durante los semestres 1989B

y 1990A, se evaluaron y observaron los genotipos sometidos a pruebas de eficiencia agronómica de las siguientes casas productoras de semilla: Morgan, Colsemillas, Ag-Seed, Cargill Cafetera de Manizales, Semitolima, Semivalle y Semillano.

Manejo agronómico

Suelos

Respuesta del sorgo a diferentes épocas y niveles de fertilización nitrogenada. Se realizó este ensayo en Bosconia, en coordinación con FENALCE, durante 1990A; se ensayó el genotipo HW-1758, los niveles fueron 2, 3 y 4 bultos de urea, y se aplicó así: el total a los 25 días de germinado, y un tercio a los 5 días + dos tercios a los 25 días de germinado. Los resultados, sin contar con el análisis de suelo, indican que con tres bultos aplicados a los 25 días de germinado, este sorgo rindió más (3509 kg/ha); sin embargo, tan sólo superó al testigo en 157 kg/ha, ganancia que según el análisis económico no es atractiva. Por consiguiente, se hace necesario repetir el ensayo controlando más las variables.

Respuesta del sorgo a diferentes niveles y fuentes de nitrógeno.

En la Vereda Paraíso, en Codazzi, se evaluaron 5 niveles de fertilización nitrogenada y 2 fuentes de N con Sorghica NH-301. Los resultados muestran que con 150 kg/ha de urea se obtuvo un alto rendimiento (4226 kg/ha), y que con 225 kg/ha de sulfato de amonio, se consiguió el mejor rendimiento, o sea, 4621 kg/ha de sorgo.

Entomología

Fitotoxicidad de insecticidas en genotipos de sorgo. En Brasiles, Codazzi, se evaluó, junto con FENALCE, el efecto de 7 insecticidas para el control del cogollero en 2 épocas de aplicación, o sea, 28 y 42 días después de germinado el sorgo.

Los resultados revelan que los genotipos P-8187 y Savanna 5 sufrieron mayor fitotoxicidad con los insecticidas Dipterex 805P y Nuvacron 60. Estos mismos materiales presentaron también la mayor fitotoxicidad en las aplicaciones, contra la mosca del ovario, de Metil paratión, Dimecron 100, y Curacron 500 E.C.

Todos los resultados anteriores son preliminares; por lo tanto, debe perfeccionarse la metodología empleada en ellos para precisar el efecto en el rendimiento de la interacción época x insecticida.

C. Investigación en los Llanos Orientales *

Durante el período 1989-1990, el Programa de Sorgo del ICA dedicó su mayor esfuerzo a conformar el paquete tecnológico de las variedades Sorghica Real 40 y Sorghica Real 60, materiales seleccionados por su tolerancia a suelos con moderado contenido de aluminio.

También se continuó el proceso y mejoramiento de materiales seleccionados en ciclos anteriores, y en coordinación con los CRECED y FENALCE se establecieron pruebas comerciales y demostrativas con los dos materiales antes mencionados.

Teniendo en cuenta la importancia de esta tecnología, se informa únicamente sobre los aspectos más importantes de las dos variedades que se liberarán.

Origen de las variedades

La variedad Sorghica Real 40 procede originalmente de Uganda y fue evaluada inicialmente en la Estación Experimental Soroti en ese país.

Entre los años 1960 y 1970, pasó a Brasil, a la Estación Serere de EMBRAPA, donde fue evaluada; de allí derivó su nomenclatura inicial, 156 P-5 Serere 1, que indica un material procedente de la población inicial. Como tal pasó al germoplasma de INTSORMIL.

Sorghica Real 60 tiene su origen en Kenya; pasó luego a la Estación Meridian, Mississippi, Estados Unidos, en donde derivaron de ella algunos materiales. Uno de éstos fue MN 4508 que posteriormente fue incorporado al germoplasma de INTSORMIL para que se iniciara su evaluación con diferentes propósitos.

La investigación del sorgo se inició en Colombia en 1983 con la siembra de 4382 entradas, incluidas las dos anteriores, provenientes de la colección mundial. Los lotes estaban en Santander de Quilichao (Cauca) y en la estación La Libertad, en Villavicencio (Meta), en suelos con alto contenido de aluminio; se adicionaron por ello 500, 1500 o 4000 kg/ha de cal, según el caso.

El análisis combinado, por localidades y niveles, permitió estratificar los materiales según su tolerancia al aluminio. Una vez conformados los grupos, se seleccionaron plantas individuales dentro de cada material las cuales, además de tolerar el aluminio, mostraban buenas características de planta y de panoja.

* Sección elaborada por César Ruiz G. (I.A. MSc., ICA La Libertad, Villavicencio) y Walter Rendón L. (I.A. Convenio ICA-FENALCE, ICA La Libertad, Villavicencio).

A partir de 1985 se iniciaron las pruebas regionales en Meta, Casanare y Arauca, con los mejores materiales. La selección que se hizo según precocidad y planta baja fue fundamental para desarrollar la variedad Sorghica Real 40.

La selección respecto a la tolerancia a plagas y enfermedades, a buena adaptación, y a estabilidad del rendimiento en suelos cuya saturación de aluminio esté entre 40% y 60% se tuvo más en cuenta que la precocidad y la altura de planta para la obtención de la variedad Sorghica Real 60.

Características Agronómicas

El Cuadro 1 resume los cambios en las principales características agronómicas de cuatro materiales sembrados en los dos semestres del año. En general, la altura de planta y el período vegetativo son mayores en la primera época del año. El volcamiento, a pesar de la altura de las plantas, en ningún caso superó el 10%.

Rendimiento en pruebas regionales. La evaluación del potencial del rendimiento y de la estabilidad de éste a través de diferentes ambientes se inició en 1984. Por tratarse de una nueva tecnología, no se conocía con exactitud el suelo más apropiado para esos materiales, y un gran número de pruebas se realizó con saturaciones de aluminio superiores al 60%. Estos resultados permitieron esclarecer que aún no se dispone de germoplasma que rinda económicamente por encima de ese nivel de aluminio. Así, en 1987 se conformaron grupos de líneas que mostraban buenas características para una saturación de 20% a 40% y para el rango 40%-60%.

Los Cuadros 2 y 3 muestran el rendimiento alcanzado por las variedades en dos diferentes ambientes. Es importante destacar que, en uno y otro, el primer semestre dio resultados más apropiados. Cuatro factores podrían explicar este comportamiento: a) las altas precipitaciones durante este período aseguran casi por completo la ausencia de sequías prolongadas, muy frecuentes en el segundo semestre; b) no hay presencia de *Diatraea saccharalis* y el gusano cogollero es controlado mecánicamente por la lluvia; c) la toxicidad del aluminio es menos severa por la permanente humedad del suelo; y d) hay un buen precio en el mercado. Todos estos factores se toman como positivos si se cuenta con genotipos tolerantes a las enfermedades, como ocurre con estas variedades. Lo contrario sucede con los testigos.

Manejo agronómico. Los estudios realizados sobre densidades y distancias de siembra permiten concluir que Sorghica Real 40 no es afectada por densidades de población entre 150,000 y 350,000 planta/ha, pero lo es por la distancia entre los surcos. La mejor combinación fue 54 cm entre surcos y 250,000 planta/ha, que da un rendimiento de 3778 kg/ha.

Sorghica Real 60, en cambio, es afectada drásticamente por las altas densidades de población, y en menor grado por la distancia entre surcos. La mejor combinación resultó ser 54 cm entre surcos y 200,000 planta/ha, para un rendimiento de 2.9 t/ha.

También se compararon los sistemas de siembra en surcos y a voleo. No se encontraron diferencias estadísticas entre ellos, siempre y cuando se manejen las poblaciones y las malezas en forma apropiada.

Un gran número de estudios se adelantaron para recomendar la fertilización más adecuada. La primera conclusión que se extrajo fue que no era económico sembrar en un suelo virgen haciéndole encalamiento. Parece que un manejo inicial con leguminosas, entre ellas caupí, resulta lo más indicado.

Cuando el contenido de fósforo en el suelo es superior a 7 ppm, ninguna de las dos variedades da respuesta a este elemento. En niveles inferiores hay respuesta económica hasta 50 kg/ha de P_2O_5 . El nitrógeno es el elemento más limitativo y la respuesta de ambos materiales es altamente significativa. En ambos casos hay respuesta hasta 160 kg/ha de N, con dosis económicas de 120 kg/ha. Cuando este elemento no está presente se alcanza un rendimiento de 1.0 t/ha, mientras que con 120 kg/ha el rendimiento de grano es de 3.3 t/ha, en promedio. En cuanto al potasio, se recomienda la aplicación de 40 kg/ha de K_2O ; con dosis superiores no se obtuvieron respuestas.

La respuesta de ambos materiales a elementos aplicados por vía foliar también fue evaluada. Los micronutrientes Zn y B, en diferentes combinaciones con elementos mayores, disminuyeron los rendimientos. Esta práctica, además, eleva los costos de producción.

Los trabajos sobre manejo de enfermedades encaminados a investigar la tolerancia de estos materiales a diferentes patógenos, y a determinar las enfermedades más limitantes, indican que *Colletotrichum graminicola* es el agente causal de la enfermedad de mayor importancia en la región. *Gloeocercospora sorghi* es el segundo en orden de importancia. También se encontraron *Cercospora sorghi* y *Helminthosporium turcicum*, pero su importancia es menor.

Las dos variedades mostraron tolerancia a esas enfermedades. Se determinó que la infección en panoja fue la de mayor importancia como criterio de manejo de la infección en tallo y raquis (Cuadro 4). La protección con agroquímicos no resultó económica en ningún estado de las plantas. El manejo de plagas es similar al aplicado en suelos de vega.

Análisis económico

Para el análisis económico de estas nuevas variedades, liberadas para sabana mejorada y vegones de sabana (20%-40% y 40%-60% de saturación de aluminio), la comparación con otros materiales de la misma especie resultó difícil, ya que ellas son las primeras para este tipo de suelo. De todas maneras, se realizó el análisis tabulando los costos en forma simple, y comparando al final rentabilidades, para el primero y segundo semestres, de los cultivos tópicos del período. Conviene aclarar que éstos están recomendados para otro tipo de suelos, es decir, con bajo o ningún contenido de aluminio. Esta comparación sólo es válida desde el punto de vista de la rentabilidad de los capitales.

Si el valor de la tierra se debiera principalmente al grado de fertilidad de la misma, estos materiales ofrecerían una tasa de ganancia aún más alta al agricultor. Se sabe que esta condición es apenas una de las muchas que definen el valor comercial del suelo y su arrendamiento. Para este caso se utilizaron los costos de los cultivos semicomerciales sembrados en varios semestres A, proyectados al semestre A de 1990, y los costos de los resultados de la investigación del Programa de Sorgo en varios semestres, más los costos promedio de cuatro cultivos semicomerciales sembrados en tres localidades en 1988. Los costos, rendimientos y precios de venta del arroz fueron proporcionados por el Programa de Arroz del Centro de Investigaciones La Libertad, así como los de la soya; los del maíz fueron proporcionados por la Regional No.5 de FENALCE.

Los rendimientos alcanzados en los semestres A y B están por encima de 2.5 t/ha. Sorghica Real 40 rinde 3.7 t/ha en el primer semestre, bajo las condiciones de Granada, 2.8 t/ha para el segundo semestre, bajo las condiciones de Villavicencio, y 2.9 t/ha en Acacias. Sorghica Real 60 rindió 3 t/ha en Granada, en el primer semestre, y mantiene su rendimiento para el segundo semestre. Estos materiales superan ampliamente a las variedades Icaima e Ica Nataima, las cuales nunca se recomendaron para estos niveles de saturación de aluminio. Los Cuadros 5 y 6 presentan los costos variables y fijos de los materiales en el primero y segundo semestres, junto con los costos de los testigos; comparando los semestres, estos materiales ofrecen buen comportamiento en el primero, puesto que en él hay menor incidencia de plagas en el desarrollo del sorgo y no se necesitan aplicaciones contra enfermedades, y también en el segundo semestre. Estas características dan costos totales de producción bajos.

La producción agrícola es una de las actividades económicas de mayor riesgo; por ello la mejor alternativa la ofrecen los cultivos que requieran menor inversión de capital y mejor tasa de ganancia. Creemos que la producción de estos cultivares necesita un capital comparativamente bajo (menor

de \$250.000.00) y a la vez ofrece una buena rentabilidad para el agricultor (entre 24% y 45% en el período productivo).

La rentabilidad de estos materiales aparece en el Cuadro 7. En el primer semestre es de 45% para Sorghica Real 40 y de 41% para Sorghica Real 60 (período productivo), mientras que en el segundo semestre es de 24% para ambos materiales. Con Icaima se logró una rentabilidad de apenas 3.4% y con ICA Nataima hubo pérdidas.

Producir un kilogramo de sorgo con la tecnología de Sorghica Real 40 en el primer semestre vale \$68.93, quedándole al agricultor \$31.06 por kilogramo. Con la de Sorghica Real 60 vale \$70.64 y le quedan \$29.35 al agricultor. En el segundo semestre este costo es de \$88.38, para ambos materiales, y le quedan al agricultor \$21.61 por kilogramo.

Si comparamos con los datos de costos, rendimiento y precios de venta de otros cultivos, tanto en el primero como en el segundo semestres, esta nueva tecnología es muy atractiva (Cuadro 8). En efecto, se puede sembrar en los dos semestres, requiere un bajo capital de inversión, y da una buena tasa de ganancia. Es pues más económico y rentable producir un kilogramo de sorgo con esta nueva tecnología. Es posible además hacer rotación de cultivos en el segundo semestre.

D. Transferencia de Tecnología

Se hace mediante las siguientes actividades: pruebas regionales en fincas de agricultores, días de campo, conferencias, atención a visitante y publicaciones.

En el Grupo Piloto C.I. Nataima

Sobre fitomejoramiento se dictaron 12 conferencias incluyendo una gira práctica con las universidades Nacional, del Tolima, del Llano, La Salle, y Tadeo Lozano, y con otros institutos.

Se recibieron 70 agricultores, y se hicieron 5 charlas a los agricultores: 3 para el convenio ICA-SENA y 2 con EDO, Caja Agraria.

Fuera del C.I. Nataima se hizo un día de campo en Tocaima, en una prueba regional, al que asistieron 40 agricultores del convenio ICA-FENALCE. Se presta también asesoría en dos tesis de la Universidad del Tolima.

Sobre entomología se dictaron siete conferencias a nivel de agricultores y de asistentes técnicos, y hubo siete participaciones en seminarios. Hay un artículo en trámite de publicación: "Guía para el manejo de plagas en el cultivo de

sorgo en Colombia” (2a. edición). Dos artículos fueron publicados: “Ciclo de vida del gusano bellotero *Heliothis virescens* (F)” y “El cucarro: la plaga más importante en el Caquetá”.

Sobre patología del sorgo se dictaron seis conferencias acerca de problemas patológicos del sorgo: además, dos sobre patología de semillas, y dos sobre carbón de la espiga del maíz. Así mismo se prestó colaboración directa al Grupo Multidisciplinario de Maíz-ICA en la campaña “Carbón de la espiga del maíz”.

Sobre fisiología del sorgo se dictaron tres conferencias a asistentes técnicos. Se publicaron dos boletines sobre generalidades del cultivo del sorgo. Se recibieron finalmente consultas de asistentes técnicos y firmas vendedoras de agroquímicos.

En el Grupo Satélite de Motilonia

Se dictó una conferencia en el curso “El cultivo del sorgo en el Caribe Seco”, en Valledupar, a 200 personas, según el convenio ICA-FENALCE.

Se ofreció una charla sobre manejo agronómico del sorgo, y otra a los estudiantes de la Universidad Tecnológica del Magdalena que visitaron la estación.

Se organizaron dos días de campo: uno en Plato, Magdalena, en coordinación con el CRECED, Provincia del Río; asistieron 35 personas. Otro en Brasiles, Codazzi, por el convenio ICA-FENALCE; asistieron 30 personas.

Cuadro 1. **Cambios en la altura de la planta y en los días a floración de las variedades Sorghica Real 40 y Sorghica Real 60, del primero al segundo semestre del año, en los Llanos Orientales.**

Genotipo	Días a la floración	Altura de planta (cm)	Volcamiento %
<i>Primer Semestre</i>			
Sorghica Real 40	66	181	7
Sorghica Real 60	74	208	3
ICA Nataima	63	135	13
Icaima	61	121	18
<i>Segundo Semestre</i>			
Sorghica Real 40	62	168	6
Sorghica Real 60	68	183	2
ICA Nataima	61	143	12
Icaima	59	137	11

Cuadro 2. **Promedios de altura de planta y de rendimiento de la variedad Sorghica Real 40 comparada con 4 genotipos experimentales, en 7 localidades donde la saturación de aluminio fluctuaba entre 20% y 40%**

Genotipo	Altura de planta (cm)	Rendimiento (kg/ha)		
		Semestre A	Semestre B	Promedio
Sorghica Real 40	162 e	3283 b	2793 b	3038
IS 3522	194 c	3121 ba	2589 c	2855
IS 7151	196 b	3152 bc	2479 cd	2815
PPQ-2	167 d	2984 c	2315 de	2649
Icaima	151 f	712 d	2174 e	1443

Cuadro 3. **Promedios de altura de planta y de rendimiento de la variedad Sorghica Real 60 comparados con 6 materiales experimentales en 12 localidades donde la saturación de aluminio fluctuaba entre 40% y 60%**

Genotipo	Altura de planta (cm)	Rendimiento (kg/ha)		
		Semestre A	Semestre B	Promedio
Sorghica Real 60	182 c	3224 a	2994 a	3109
IS 3071	190 a	2839 b	2421 b	2630
IS 3522	183 c	2538 c	2143 bc	2340
IS 8577	187 b	3312 a	2795 a	3053
IS 6944	189 a	2609 bc	2283 bc	2446
5Dx61/1/910	178 d	2428 c	2123 c	2275
ICA Nataima	96 c	534 d	894 d	714

Cuadro 4. **Porcentaje de infección fungosa a nivel del tallo, del raquis y de la panoja para 19 genotipos de sorgo. Promedio de dos localidades en Meta, en 1988 B.**

Genotipo	Infección fungosa (%) en:			Rendimiento (kg/ha)
	Tallo	Raquis	Panoja	
Rendidor 87	20.00	18.80	21.30	4321
D-61	28.12	28.75	13.75	4277
Alfa 2	25.60	26.25	24.80	3781
Savanna 5	25.00	25.00	24.40	3508
P-8239	20.62	16.30	16.30	3489
S. Real 40	13.12	10.60	21.90	3300
S. Real 60	10.60	10.60	19.80	3277

Cuadro 5. **Costos de producción (\$) por hectárea de dos nuevas variedades de sorgo en el Departamento del Meta, en el semestre A del año.**

Rubros	Sorghica Real 40	% INC	Sorghica Real 60	% INC
Preparación del suelo y siembra (arada-rastrillada)	40,000	25.17	40,000	27.51
Semilla (20 kg)	6,000	3.77	6,000	4.12
Herbicidas (Atrazina 2 kg + Prowl 3 lt)	15,200	9.56	15,200	10.45
Aplicación de herbicidas	3,000	1.88	3,000	2.06
Fertilización (DAP+Urea+KC1)	34,452	21.68	31,000	21.32
Aplicación de fertilizantes	1,400	0.88	1,300	00.89
Bendato (300g) + Lorsban (1 lt)	1,946	1.22	1,946	1.33
Recolección (\$500/bulto)	24,000	15.10	19,700	13.54
Empaque y cabuya	18,080	11.38	15,056	10.35
Transporte	14,784	9.30	12,197	8.38
Total costos variables	158,862		145,399	
Arriendo tierra	40,000	58.28	40,000	60.11
Intereses (21%)	16,680	24.30	15,266	22.94
Administración (5%)	7,943	11.37	7,269	10.92
Asistencia técnica	4,000	5.82	4,000	6.01
Total costos fijos	68,623		66,335	
Total costos de producción	227,485		211,934	

Cuadro 6. **Costos de producción (\$) por hectárea, de dos nuevos genotipos de sorgo para suelos de sabana mejorados y para vegones, en el semestre B del año.**

Rubros	Sorghica Real 40	Icaima (testigo)	Sorghica Real 60	ICA Nataima (testigo)
Preparación del suelo	40,000			
Semilla y siembra	7,900			
Fertilizantes (y su aplicación)	45,388			
Control de malezas (y aplicación)	18,200			
Control de plagas (y aplicación x 2)	20,000			
Recolección	47,800	35,250	47,300	19,100
Total costos variables	179,288	166,738	179,288	150,588
Arrendamiento tierra	30,000			
Asistencia técnica	4,000			
Administración (5%)	10,664	10,036	10,664	9,229
Intereses F.F.A.	23,514	21,075	23,514	20,350
Total costos fijos	68,178	65,111	68,178	63,579
Total costos de producción	247,466	231,849	247,466	214,167

Fuente: Libros de campo, ensayos de investigación en sorgo, sección de Cultivos Demostrativos Comerciales, ICA.

Cuadro 7. **Ingresos netos y rentabilidad de los nuevos materiales de sorgo evaluados en los dos semestres del año**

Concepto	Semestre B, 1989			Semestre A, 1990		
	Sorghica Real 40	Sorghica Icaima	ICA Real 60	Sorghica Nataima	Sorghica Real 40	Real 60
Rendimiento (kg/ha)	2.793	2.174	2.800	894	3.300	3.000
Precio de venta (t) ^a	110.000				100.000	100.000
Ingresos brutos	307.230	239.140	307.230	98.340	330.000	300.000
Menos costos	247.466	231.849	247.466	214.167	227.485	211.934
Ingreso neto	59.764	7.291	59.764	(-) ^b	102.515	88.066
Rentabilidad (5%)	24.15	3.14	24.15	(-)	45.06	41.55
Rentabilidad (mes)	4.83	0.62	4.83	(-)	9.01	8.31

a Proyectado a precios y costos de 1990B.

b (-) = pérdida

Cuadro 8. Comparación de costos y rentabilidad del sorgo y de otros dos cultivos.

Concepto	Semestre A				Semestre B		
	Sorghica Real 40	Sorghica Real 60	Maíz (1)	Arroz (2)	Sorghica Real 40	Sorghica Real 60	Soya (3)
Costo/ha	227,485	211,934	305,197	400,000	247,466	247,466	245,147
Rendimiento (t/ha)	3.3	3.0	3.05	5.0	2.8	2.8	1.7
Precio venta	100,000	100,000	105,075	90,000	110,000	190,000	
Ingreso bruto	330,000	300,000	322,537	450,000	308,000	323,000	
Ingreso neto	102,515	88,066	17,340	50,000	50,534	77,853	
Rentabilidad (\$)	45.06	41.55	5.68	12.5	24.46	31.75	
Rentabilidad (mes)	9.02	8.31	1.13	2.5	4.89	6.35	
Costo/kg producido	68.93	70.64	100.46	80	88.38	144.20	
Beneficio/kg (\$)	31.06	29.36	5.29	10	21.61	45.8	

1 Datos suministrados por FENALCE Regional 5

2 Datos suministrados por el Programa de Arroz del CRI La Libertad, Villavicencio (en cáscara y verde)

3 Datos suministrados por el informe estadístico agropecuario para el Meta y por el Programa de Soya del CRI La Libertad.

2

**FENALCE y la Transferencia de
Tecnología del Cultivo de Sorgo**

Alvaro Montes R. *

* Subgerente Técnico (e.), Federación Nacional de Cultivadores de Cereales (FENALCE), Bogotá, D.E.

Contenido	
	pág.
Introducción	203
Antecedentes Históricos	203
La empresa	203
Transferencia de tecnología	203
Diagnosic cerealista	204
Planeación de la adopción	204
Metodología para la transferencia	204
Evaluación de programas	205
Referencias	205
Actividad Desarrollada con Sorgo en el Lapso 1984-1989	205
Investigación y validación de tecnología	205
Evaluación de materiales promisorios	205
Viabilidad de la semilla	206
Distancia entre surcos y densidad de siembra	206
Transferencia de tecnología	206
Parcelas demostrativas	206
Otras actividades	207

Introducción

La Federación Nacional de Cultivadores de Cereales (FENALCE) presenta en este informe un resumen histórico de las actividades de transferencia de tecnología desarrolladas por la institución entre 1984 y principios de 1990.

El informe comenta al mismo tiempo los principios y las estrategias del fomento cerealista en Colombia, cuyo objetivo es el desarrollo de la producción y del consumo de maíz, sorgo, trigo, cebada y avena.

Antecedentes Históricos

FENALCE nació en 1960 en el seno de la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), cuando los cultivadores de trigo combatían una política oficial que favorecía la estrategia extranjera del comercio de cereales. En 1966, el Congreso de Colombia dictó la Ley 41 que creó la cuota cerealista; con ella, la Federación recaudaba un centavo por cada kilo de cereal producido y comercializado a nivel nacional. En 1970 la institución, ya desarrollada, prestaba servicios técnicos y comerciales por intermedio de oficinas y almacenes en más de 20 localidades regionales.

En 1975 se estudió el problema del mercadeo de sorgo. Por encargo del Ministerio de Agricultura y a solicitud de la industria consumidora, La Federación se comprometió a intervenir las compras de sorgo para respaldar a sus agremiados. Esta operación ocasionó un desequilibrio económico a la institución, que interrumpió su crecimiento continuado.

En 1980 FENALCE establece convenios con el Ministerio de Agricultura para el fomento de los cereales y nuevamente adquiere una posición destacada en el sector agrícola. Se convino prestar un servicio de asesoría técnica al agricultor cerealista con extensionistas profesionales.

En 1983 el Congreso Nacional emitió la Ley 67 que establecía una nueva cuota cerealista consistente en 0.75% del valor de venta de los cereales. Esta cuota no podrá ser inferior al precio de sustentación fijado por el Gobierno. A partir de este mismo año, FENALCE firma convenios con el IDEMA para administrar puestos de compra directa a los agricultores de trigo, sorgo y maíz.

En 1985, la Federación acuerda con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) desarrollar la investigación en cereales a nivel nacional. Realiza también convenios con la empresa

privada: con FEDEMAL para el fomento triguero, y con la industria maltera para el fomento de la cebada. Esta acción se orienta especialmente hacia la transferencia de tecnología.

En 1986, la Federación recibe capacitación técnica del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en lo concerniente a la metodología sobre investigación en las finacas.

Por su parte, el HIMAT identifica a FENALCE como la organización apropiada para hacer, bajo convenios específicos, transferencia tecnológica en los distritos de riego sobre manejo del agua en el cultivo del sorgo.

En 1988, la Federación participa activamente en el Plan Maíz, que impulsa el Gobierno Nacional. Se da la capacitación a técnicos y agricultores dedicados al cultivo del maíz, y se implementa el programa de producción de semillas para pequeños agricultores. De este modo se incrementa el uso de semillas mejoradas en las regiones de producción marginal.

En 1989, FENALCE detecta las limitantes de la mecanización agrícola, especialmente en preparación de suelos, siembra y recolección de cosechas. inicia entonces la importación de implementos y maquinaria de los países desarrollados, como alternativas para mejorar el parque mecánico agrícola.

La empresa

La Federación cuenta con una organización directiva y administrativa que sirve a sus representados y da garantías en el cumplimiento de los compromisos contraídos.

Los organigramas (Fig. 1) indican que la administración de FENALCE consulta permanentemente a los cerealistas usuarios de la Federación.

El plan de fomento de FENALCE se basa estratégicamente en la investigación, la transferencia de tecnología, y las medidas de política.

Transferencia de tecnología

Tanto en el campo como en la oficina, la Federación aplica tres niveles de transferencia de tecnología:

- Individual, en que el agricultor cerealista, mediante consulta personal, adquiere conocimientos tecnológicos relativos a la producción y comercialización de su cosecha.

- Grupal, en la cual varios usuarios, en reuniones y eventos similares, reciben la tecnología disponible para mejorar sus cultivos.
- Colectiva, en la que los medios masivos de comunicación (radio, prensa, televisión) informan a los cerealistas sobre los cultivos de interés.

Actividades

FENALCE desarrolla, en las regiones productoras, programas y proyectos específicos que transmiten conocimientos para mejorar la producción física y la productividad económica de los cereales atendidos.

Los programas comprenden: a) actividades de campo en las fincas de los agricultores y en los centros de experimentación de otras instituciones (investigación, parcelas demostrativas, unidades demostrativas, concursos de productividad); b) actividades propias de la extensión agrícola en las que se trasfiere la teoría (cursos, conferencias, talleres) y la práctica (reuniones gremiales, días de campo, giras) de la producción de cereales; y c) programas con entidades o instituciones nacionales o extranjeras —que exigen un gran esfuerzo humano y económico— para transferir tecnología agronómica, económica y, a veces, de carácter social (convenios, estudios especiales, cooperación internacional, divulgación técnica, carnetización).

Diagnóstico cerealista

Esta expresión identifica los problemas concernientes a la producción y comercialización de los cereales a nivel nacional, regional y local. Este diagnóstico es el de la acción de transferencia tecnológica que la Federación ha desarrollado en sus últimos cinco años de labores.

El agricultor cerealista identifica, como su principal problema, la escasa ganancia que dejan sus cultivos. Entre las alternativas para solucionar ese problema están las siguientes: 1) Aumentar el rendimiento (kilogramos por hectárea) mejorando las prácticas de cultivo. 2) Reducir los costos de producción aplicando insumos más eficientes; la ganancia vendrá del costo menor. 3) Mejorar los diversos sistemas de producción de los agricultores para integrar el uso de los productos de la actividad agrícola y pecuaria.

La recomendación de alguna de las alternativas enunciadas depende de las condiciones del medio que influyen en el agricultor. Estas son de dos tipos: a) las naturales, como el suelo, el clima, y las de orden biológico; y b) las socioeconómicas, que se pueden clasificar en internas y externas.

Estas condiciones caracterizan, además, los sistemas de producción a nivel de la finca, y son el punto de partida de los técnicos para planear los cambios ideales de los sistemas de producción de cereales.

Planeación de la adopción

Lo óptimo sería asesorar técnica y económicamente a cada agricultor en su finca o en el sitio de producción. La alta población de cerealistas, las diversas zonas agroecológicas en que se cultivan cereales, y la amplia demanda tecnológica impiden el logro de ese objetivo. Por consiguiente, FENALCE ha debido definir la clientela para la cual trabaja, ha seleccionado sitios representativos del cultivo, y ha fijado prioridades a los problemas de la producción de cereales.

Se ha creado, por tanto, la expresión 'dominio de recomendación', que es decir, un grupo de agricultores con características de producción similares, para los cuales es válida una recomendación tecnológica.

Cuando desarrolla una tecnología, la Federación tiene en cuenta que el agricultor, sobre todo el pequeño, adopta los paquetes tecnológicos de manera gradual, ya que hay serias limitantes que le impiden tomar decisiones de cambio.

Por tanto, la transferencia tecnológica se hace generalmente en forma escalonada, es decir, se transfieren primero los factores o componentes de la producción más sencillos.

Se estudian luego cinco características propias de la tecnología que se ofrece en adopción, a saber: a) rentabilidad: que la tecnología produzca al agricultor un valor superior al costo de adoptarla por sí misma; b) riesgos: que no involucre una alta probabilidad de pérdida del cultivo, c) divisibilidad: que se pueda adoptar haciendo pequeños incrementos de inversión, o sea, en forma fraccionada; d) complejidad: que sea comprensible y fácil de aplicar; y d) compatibilidad: que no se oponga al sistema de producción utilizado.

Metodología para la transferencia

Hechas las anteriores consideraciones (condiciones del agricultor y características de la tecnología), el personal técnico de la Federación aplica el siguiente método para transferir tecnología a sus usuarios:

El diagnóstico local revela problemas de producción de cereales, sus causas, y sus posibles soluciones. Su análisis determina las prioridades con que se hace la planeación de las acciones de cambio, es decir, de los ensayos en las fincas y de las demostraciones prácticas sobre cultivos. Así se

desarrolla, junto con los agricultores, la etapa de experimentación que producirá, con la debida orientación y supervisión de los técnicos, la información básica de campo. Esta información se somete a la etapa de análisis agronómico, estadístico y económico. Sobre este análisis se hacen recomendaciones pertinentes, que sirven para retroalimentar a los investigadores en las estaciones experimentales y para contribuir al desarrollo de políticas agrarias en otras instituciones. La recomendación entra finalmente en la etapa de divulgación para llegar a su usuario principal, el cultivador de cereales.

Evaluación de programas

La Federación evalúa la transferencia de tecnología durante las etapas de planeación, ejecución, y obtención de resultados.

Asímismo, la jerarquía administrativa y gremial de FENALCE desarrolla actividades de seguimiento y control para garantizar el cumplimiento de los objetivos de cada actividad propuesta.

La evaluación que practica FENALCE consiste en un juicio de valor sobre la interpretación de las mediciones cuantitativas y de las descripciones cualitativas hechas a las actividades ejecutadas según normas previamente determinadas.

El proceso de evaluación se aplica, finalmente, a los aspectos de carácter administrativo de la Federación como son la planeación, la programación, la coordinación, la ejecución, la supervisión, y el presupuesto.

Referencias

Proyecto de desarrollo rural integrado del oriente de Cundinamarca. 1970. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Colombia.

Plan Puebla. México

Plantra. 1984. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá, D.E.

Curso taller sobre investigación en las fincas. 1986. Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT) y FENALCE, Bogotá, D.E.

Actividad Desarrollada con Sorgo en el Lapso 1984-1989

Investigación y validación de tecnología

Evaluación de materiales promisorios

En los últimos cinco años (1984-1989) FENALCE ha investigado en sorgo en varias localidades del departamento del Meta. El cultivo de este cereal ocupa hoy una cuarta parte de ese territorio. En el municipio de Granada, por ejemplo, se ensayaron 14 variedades de sorgo en 1984B (Cuadro 1). Tropical 15 (plantas de 172 cm) rindió casi 4 t/ha, y la siguió Pioneer 8416A (planta más baja) con 3248 kg/ha. El testigo, ICA Nataima, ocupó un lugar intermedio (2405 kg/ha), y Sorghica NH-301 quedó en el último lugar (1640 kg/ha, plantas de 162 cm). Un año después, en 1985B, se invirtieron las posiciones: Sorghica NH-301 fué el primero (4644 kg/ha, con plantas de 170 cm), y Tropical 15 el último (1426 kg/ha); el mismo testigo, ICA Nataima, rindió casi 1000 kg más. En este segundo ensayo (Cuadro 2) la floración se anticipó en cinco a seis días, en promedio; en él se sustituyeron cuatro de las variedades del primero.

En 1986B se evaluaron en la misma localidad las cinco mejores líneas de los ensayos anteriores. Tropical 15 ocupó de nuevo el primer lugar con 4115 kg/ha (35% más que el testigo), y Sorghica NH-301 (el testigo) quedó en cuarto lugar (Cuadro 3). En 1989B, también en Granada, se evaluaron nueve líneas (Icaima como testigo); la mejor, D-61, rindió 41% más que el testigo (6528 kg/ha) el cual, no obstante, obtuvo (Cuadro 4) un buen rendimiento (4612 kg/ha). Finalmente, en 1989B la Federación evaluó en esta localidad ocho líneas de sorgo australiano (Icaima como testigo); tres de ellas no superaron al testigo, que rindió esta vez 5228 kg/ha. La mejor, Canguro 60 (6158 kg/ha) rindió 27% más que Icaima (Cuadro 5).

En el Centro Agropecuario Los Naranjos, también en Granada, se hicieron cuatro ensayos de rendimiento de sorgo comercial (Cuadro 6): uno en 1984B, otro en 1985B, el tercero en 1987B, y el cuarto en 1988B. En el segundo ensayo, el testigo, Sorghica NH-301, fué superado en 56% por D-61, en el tercero en 42% por P-8239, y en el cuarto en 38% por Rendidor 87. En el primer ensayo los rendimientos de las líneas fueron bajos (1700 kg menos, en promedio) comparados con los de los otros tres ensayos. El Cuadro 6 presenta sólo las cinco mejores líneas de cada ensayo.

Se hizo también en este Centro un ensayo de fertilización, con tres tratamientos (Cuadro 7). Los dos últimos no incrementaron el rendimiento y en cambio redujeron (respecto al primero) la rentabilidad del cultivo.

Finalmente, se evaluaron en los Naranjos 17 líneas de sorgo australiano desde 1984B hasta 1988B, comparándolas con el testigo nacional Sorghica NH-301 (Cuadro 8). La mejor línea, AWS-3, sólo superó al testigo en 13% en 1988B. Este obtuvo el cuarto puesto entre las 17 líneas con casi 5000 kg/ha.

En 1986B, la Federación evaluó el rendimiento de 11 genotipos de sorgo en tres localidades de la región del Ariari: Granada, Fuente de Oro y Lejanías. El testigo fué también Sorghica NH-301, que ocupó el sexto lugar. Los mejores genotipos fueron Tropical 15 (6433 kg/ha) y Rendidor 87 (6087 kg/ha), que superaron al testigo en 15% y 8%, respectivamente (Cuadro 9).

En la localidad de La Balsa, en 1985B, se evaluaron genotipos de sorgo Yates, de Ciba-Geigy y comerciales. Solamente HW 1758, de Ciba-Geigy, superó al testigo Sorghica NH-301, y apenas en 6%. El YS 285, por ejemplo, no llegó ni al 40% del rendimiento del testigo (Cuadro 10).

En Puerto López, en 1985B, FENALCE evaluó diez genotipos de sorgo frente al testigo Sorghica NH-301. Este superó a todos los genotipos con 4266 kg/ha; le siguió YM-3 con 3764 kg/ha. El último fué YS-285 que rindió solamente 1626 kg/ha (Cuadro 11).

En 1988B se hizo la primera evaluación de 14 materiales básicos de sorgo procedentes del CRI-Nataima del ICA. Los resultados aparecen en el Cuadro 12. La variedad ICA-Nataima ocupó el octavo puesto en rendimiento con 2336 kg/ha. La mejor de todas fué SB-48, que rindió casi 4000 kg/ha con plantas de 168 cm.

Promediando los rendimientos arrojados por diez genotipos de sorgo en cuatro localidades (Cuadro 13), NK-266 ocupó el primer puesto. Otros cuatro (Sorghica NH-301, Tropical 15, P-8239 y Oro Extra) ocuparon el segundo puesto con más de 4100 kg/ha. Los promedios por localidad están en el mismo rango, excepto el obtenido en Villanueva (2989 kg/ha).

Viabilidad de la semilla

Entre 1985 y 1986 se hicieron pruebas de viabilidad de la semilla de dos genotipos selectos de sorgo, Sorghica NH-301 y NK-266, en tres localidades: Bogotá, Villavicencio, y el cuarto frío de Nataima.

Los porcentajes obtenidos son altos (de 85% a 96%); el más bajo fué 71.6% (Cuadro 14).

Distancia entre surcos y densidad de siembra

La Federación hizo también ensayos para hallar una distancia entre surcos y una densidad de siembra óptimas. En 1986B se probaron los genotipos Tropical 15 y NK-266 en cuatro distancias distintas (36, 54, 60 y 72 cm entre surcos) combinados y con cuatro densidades de siembra (9, 12, 15 y 18 kg/ha de semilla). Los tres mejores resultados (tratamientos que arrojaron los rendimientos más altos) aparecen en el Cuadro 15.

En 1988B se probaron los genotipos Icaima y Sorghica NH-301 en cuatro distancias (18-36, 36, 54 y 72 cm) y con cinco densidades de siembra (12, 14, 16, 18 y 29 kg/ha de semilla). Los tres mejores rendimientos (van de 4450 a 4550 kg/ha) se presentan también en el Cuadro 15.

En conclusión, la mejor distancia entre surcos para estas dos variedades está entre 50 y 60 cm, y la mejor densidad de siembra entre 16 y 18 kg/ha de semilla.

Recomendaciones

Para la región de Ariari (Granada) se recomiendan tentativamente los siguientes materiales: D-61, Pioneer 8287, Pioneer 8187, Rendidor 87, DR-1125, NK-266 y Tropical 15. Para la región de Villavicencio, los siguientes: D-61, NK-266, Pioneer 8187, DR-1125, Rendidor 87 y Sorghica NH-301.

Transferencia de tecnología

Parcelas demostrativas

FENALCE ha establecido parcelas demostrativas (PM) para realizar eficazmente la transferencia de tecnología del cultivo del sorgo, como se explicó antes. En 1987B, en las PM sembradas en el Centro Agropecuario Los Naranjos, en Granada, Meta, seis genotipos de sorgo dieron rendimientos que fluctuaban (excepto dos) entre 3200 y 3700 kg/ha. La siembra en surcos registró valores más altos que la siembra a voleo (Cuadro 16).

En 1988B en Granada (Los Naranjos y Puerto Caldas), las PM dieron el primer puesto a D-61 (5439 kg/ha), y en 1989B a D-61 y Rendidor 87 (5000 kg/ha, aproximadamente).

Finalmente, en Villavicencio se sembraron PM entre 1986 y 1989 en cuatro sitios distintos; los promedios de rendimiento para dos, tres o cuatro evaluaciones fluctúan entre 3600 y 4400 kg/ha. Dos variedades, Tropical 15 y Canguro 60, dieron sólo 3000 kg/ha.

Otras actividades

La Federación ha transferido tecnología del cultivo de sorgo en días de campo, en seminarios, conferencias, giras interregionales, y divulgación de información (manuales y

programas radiales). La labor de fomento se ha concentrado principalmente en unidades demostrativas y en clubes de productividad.

Cuadro 1. Evaluación de líneas de sorgo en Granada, Meta, en 1984B. Ensayo de FENALCE.

Material	Días a la floración	Altura de Planta (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Tropical 15	53	172	3805
Pioneer 8416A	54	154	3248
NK-266	52	151	3058
Tropical 9	46	151	3056
DR-7684	54	149	2763
Pioneer 8225	55	182	2702
NK-8150	55	150	2456
ICA Nataima	53	156	2405
Tropical 4	53	150	2050
D-61	52	146	2006
E-57	54	154	1906
Savanna 5	55	171	1880
Prosemilla 1	54	162	1810
Sorghica NH-301	52	162	1640

Cuadro 2. Evaluación de líneas de sorgo en Granada, Meta, en 1985B. Ensayo de FENALCE.

Material	Días a la floración	Altura de Planta (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Sorghica NH-301	46	170	4644
IS-8577	54	187	4510
El Rendidor	45	167	4500
D-61	47	133	4174
156-P-Serere-1	52	132	4106
MN-4508	56	197	4004
Pioneer 8225	47	137	3702
NK-266	44	128	3600
Pioneer 8416A	50	139	3576
ICA Nataima	48	130	3382
DR-7684	46	131	3132
Tropical 15	48	177	1426

Excursión de la hoja bandera entre 0 y 3 cm.

Cuadro 3. Evaluación de cinco líneas sobresalientes de sorgo en Granada, Meta, en 1986B. Ensayo de FENALCE. *

Genealogía	Días a la Floración	Rendimiento (kg/ha)	IST (%)	Puesto ocupado
Tropical 15	57	4115	135	1o.
Savanna 5	52	3776	124	2o.
Pioneer 8416-A	59	3484	114	3o.
Sorghica NH 301	53	3046	100	4o.
testigo				
Tropical 9	55	2883	95	5o.

a. Promedio de tres repeticiones, en parcelas de 3 m x 5 m, a 0.60 m entre surcos.
IST = Incremento sobre el testigo.

Cuadro 4. Evaluación de líneas comerciales de sorgo, en Granada, Meta, en 1989B. Ensayo de FENALCE.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	IST (%)
D-61	6528	141
DR-1125	6354	138
Pioneer 8239	6145	133
Rendidor	5420	117
DK-38	5308	115
NK-266	5254	113
Pioneer 8187	5154	112
Icaima	4612	100
Triunfo	4453	96

IST = incremento sobre el testigo

Cuadro 5. Evaluación de líneas de sorgo Australiano (AG- Seed) en Granda, Meta, en 1989B. Ensayo de FENALCE.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	IST (%)
Canguro 60	6158	127
AG-1256	5774	119
AWS-1601	5649	116
AG-240	5412	112
AG-260	5266	109
Icaima	5228	100
AG-244	4303	89
AG-284	3932	81
AG-1004	3108	64

IST = Incremento sobre el testigo.

Cuadro6. Rendimiento promedio de líneas de sorgo comercial en el Centro Agropecuario Los Naranjos, en Granada, Meta. Ensayo de FENALCE.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	IST (%)	Posición
<i>A. 1984B, 18 materiales</i>			
Tropical 9	3620	110	1
Savanna 5	3600	109	2
Tropical 4	3480	105	3
P-8416 A	3430	104	4
Sorghica NH-301	3300	100	5
Promedio	3055	92	
<i>B. 1985B, 11 materiales</i>			
D-61	7640	156	1
P-8416A	5990	122	2
HW-1758	5500	112	3
Tropical 15	5470	111	4
Sorghica NH-301	4900	100	(8)
Promedio	4755	97	
<i>C. 1987B, 13 genotipos</i>			
P-8239	5525	142	1
P-8416 A	4967	128	2
Tropical 15	4604	119	3
D-61	4521	117	4
Tropical 4	4375	113	5
Sorghica NH-301	3879	100	(9)
Promedio	4074	105	
<i>D. 1988B, 15 genotipos</i>			
Rendidor 87	5418	138	1
Estrada 2	4997	127	2
P-8239	4902	125	3
NK-266	4754	121	4
Alfa 2	4712	120	5
D-61	4680	119	6
P-8416A	4593	117	7
Sorghica NH-301	3926	100	(15)
Promedio	4534	115	

IST = Incremento sobre el testigo.

Cuadro7. **Ensayo de máxima fertilización en sorgo, en el Centro Agropecuario Los Naranjos, en Granada, Meta, en 1988B.**

Tratamiento	N (kg/ha)	P ² O ⁵ (kg/ha)	K ² O (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Rentabilidad (%)
1	76	47	61	5332	93
2	147	94	122	5977	87
3	220	140	184	5927	62

Cuadro8. **Evaluación de 17 líneas de sorgo australiano en el Centro Agropecuario Los Naranjos en Granada, Meta, 1984B-1988B. Resultados de las cinco mejores líneas.**

Posición	Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	IST
1	AWS-3	5615	113
2	YS-60	5372	108
3	AG-117	5191	104
4	Sorghica NH-301	4985	100
5	AF-50	4846	97
	Promedio	4958	

IST = incremento sobre el testigo

Cuadro9. **Rendimiento promedio de 11 genotipos de sorgo comercial evaluados por FENALCE en tres localidades del Ariari: Granada, Fuente de Oro y Lejanías, en 1986B.**

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	IST (%)	Posición
Tropical 15	6433	115	1
Rendidor 87	6087	108	2
DR-1125	5810	103	3
Rendidor	5797	103	4
Tropical 9	5780	103	5
Sorghica NH-301	5617	100	6
Promedio	5446	97	

IST = Incremento sobre el testigo.

Cuadro 10. Evaluación de líneas de sorgo Yates, comerciales y de a Ciba-Geigy, en La Balsa, Meta, en 1985B.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	CCT (%)	Peso de 1000 granos	Altura de la planta (cm)	Días a la floración	Excursión de la panoja (cm)
<i>A. Yates y comerciales</i>						
YS 285	1648	39	29.0	113	50	23.6
YM 3	3764	88	22.0	110	55	15.8
YS 7169	3368	79	23.0	130	62	11.1
YS 30	2953	69	20.4	111	60	14.3
YS 60	3413	80	32.8	128	60	9.5
DR 7684	2442	57	26.0	121	57	1.0
NK 266	3258	76	26.0	117	50	21.4
Pioneer 8225	2832	66	20.0	120	63	8.2
Pioneer 8416 A 3512	82	21.0	126	63	4.6	
Sorghica NH-301 4260	100	22.0	161	58	20.0	
<i>B. Ciba-Geigy</i>						
HW 1758	3666	106	22.2	102	59	1.2
HW 5374	1997	58	26.2	101	62	17.8
HW 6031	1551	45	18.0	100	63	8.0
HW 6034	3095	90	21.6	116	56	14.0
HW 6035	2968	86	19.4	126	60	16.4
HW 6036	3071	89	25.0	116	53	12.2
HW 6037	2908	84	25.0	120	53	14.0
G 522	2750	80	25.0	112	51	13.2
G 1711	3183	92	21.2	112	60	8.0
G 1498	2916	84	25.2	95	58	8.8
G 1516	3098	90	18.2	113	55	9.5
Sorghica NH-301 3458	100	23.0	158	58	21.1	

a. Diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones, en parcelas de 4m x 5m, con un área cosechada de 5m².
CCT = comparación con el testigo.

Cuadro 11. Evaluación de genotipos de sorgo en Puerto López, en 1985B. Ensayo de FENALCE

Material	Días a floración	Altura de la planta (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Sorghica NH-301	58	161	4266
YM-3	55	110	3764
YS - 60	60	128	3432
YS - 7169	62	130	3320
NK - 266	50	117	3262
Pioneer 8225	63	120	2822
Pioneer 8416A	63	126	2520
YS - 30	60	111	2452
DR - 7684	57	121	2444
YS-285	50	113	1626

Cuadro 12. **Primera evaluación de 14 materiales básicos de sorgo procedentes del CRI de Nataima.**

Material	Días a la floración	Altura de la planta (cm)	Rendimiento (kg/ha)
SB - 48	54	168	3978
SB - 17	47	133	3462
Mez-5-MR C3	47	123	3100
SB - 18	48	142	2898
SB - 23	48	111	2492
SB - 16	50	145	2464
SB - 27	53	120	2362
ICA Nataima	48	140	2336
SB-26	48	123	2162
SB - 31	49	130	2072
SB - 13	48	121	1962
SB - 19	54	123	1754
RM - 76-2	48	109	1742
SB - 21	49	122	1478

Cuadro 13. **Rendimiento de 10 genotipos de sorgo resultantes de combinar cuatro localidades, sembradas en 1987B.**

Genotipo	Granada	Puerto López	Villa- vicencio	Villa- nueva	Promedio ¹
Tropical 15	5089	4382	3827	3010	4190 a-b
Ica Nataima	3235	3228	3286	2779	3132 c
P-8225	4262	4381	4300	2649	3899 a-c
Sorghica NH-301	4731	4628	4708	2490	4193 a-b
Ica Yuma	3500	4119	3388	2408	3354 b-c
P-8239	4128	4372	4193	3997	4172 a-b
Oro Extra	4253	4311	3859	3872	4141 a-b
NK-266	4123	4664	5246	3811	4461 a
D-61	3643	3690	3944	2338	3404 b-c
HW 1758	2897	3273	3483	2537	3070 c
Promedio	4022 a	4150 a	4023 a	2989 b	

1. Valores dentro de una misma columna, seguidos de igual letra no difieren estadísticamente al nivel del 5%, según la prueba de Duncan.

Cuadro 14. Ensayo hecho entre 1985 y 1986 sobre viabilidad de la semilla de dos líneas de sorgo desarrolladas para el Meta.

Tratamiento (siembra)	En bodega de Bogotá (%G)		En bodega de Villavicencio (%G)		En cuarto frío (%G)	
	NK-266	Sorghica NH-301	NK-266	Sorghica NH-301	NK-266	Sorghica NH-301
1	86.8	93.2	90.0	94.8	88.0	96.8
2	79.2	96.4	84.0	94.8	90.4	92.8
3	83.2	96.4	85.2	96.4	88.8	94.0
4	85.6	95.2	85.6	93.2	88.8	94.0
5	87.6	94.8	86.8	95.6	85.6	95.2
6	86.0	93.6	86.8	90.0	84.4	95.6
7	91.2	91.6	88.8	94.4	92.0	93.6
8	93.2	93.6	87.6	88.0	87.2	92.4
9	89.2	92.8	82.0	91.2	86.0	95.2
10	90.4	93.6	83.2	83.2	82.4	95.2
11	88.4	86.0	72.8	86.8	86.8	89.6
12	84.0	89.6	71.6	85.6	87.2	88.0
13	82.4	97.6	78.8	77.6	82.0	95.2
14	84.0	94.4	79.6	86.4	90.4	90.4
15	89.2	95.6	38.0	70.0	91.6	92.0

%G = Porcentaje de germinación.

Cuadro 15. Resultados de los tres mejores tratamientos de los ensayos de distancia y densidad de siembra hechos por FENALCE en el Meta con cuatro genotipos de sorgo.

	Distancia	Densidad	Rendimiento
<i>En 1986B</i>			
	36 cm	18 kg/ha	5800 kg/ha
	54 cm	12 kg/ha	5450 kg/ha
	54 cm	18 kg/ha	5214 kg/ha
<i>En 1988B</i>			
	18 - 36 cm	16 kg/ha	4550 kg/ha
	54 cm	16 kg/ha	4500 kg/ha
	54 cm	18 kg/ha	4450 kg/ha

CUADRO16. Parcelas demostrativas de la tecnología de sorgo ofrecida por FENALCE a los agricultores del Meta.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)		Posición
	en surco	a voleo	
<i>En CALN, Granada, 1987B</i>			
Tropical 15	3.724	3.312	1
D-61	3.663	3.393	2
Sorghica NH-301	3.641	3.240	3
DR-1125	3.500	3.522	4
P-8416-A	3.407	2.646	5
NK-266	3.251	2.835	6
<i>En CALN y PC, Granada, 1988B</i>			
D-61	5.439		1
P-8239	4.711		2
YS-60	4.388		3
P-8416 A	3.974		4
Prosemillas 1	2.694		5
NK-261	2.426		6
<i>En Granada, 1989B</i>			
D-61	5.000		
Rendidor 87	4.925		
NK -266	4.500		
Pioneer 8239	4.425		
DR-1125	4.250		
<i>En Villavicencio, 1986-1989</i>			
Tropical 15	3.000 (2)		
D-61	4.000 (4)		
Canguro 60	3.000 (2)		
DR - 1125	3.688 (4)		
NK - 266	3.645 (4)		
Pioneer 8187	4.385 (3)		
Pioneer 8416A	3.900 (3)		
Rendidor 87	3.831 (3)		
Pioneer 8239	3.715 (3)		

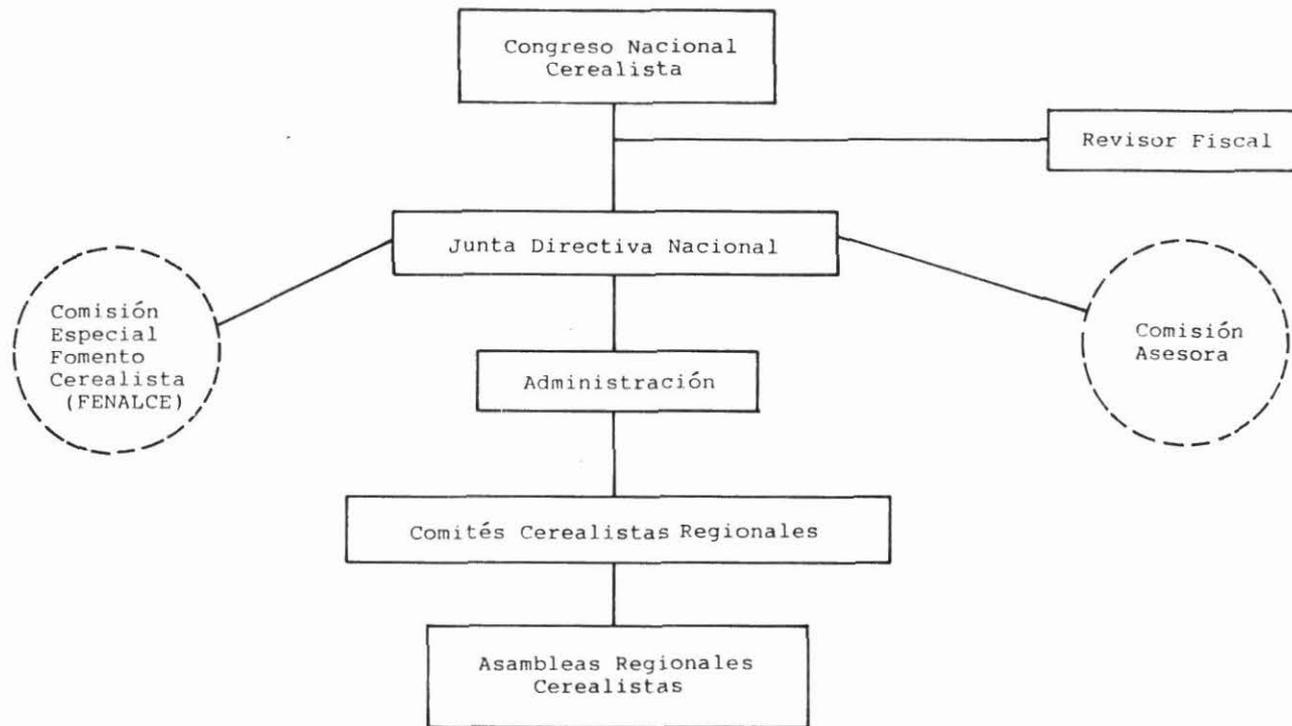


Figura 1. Organización del sector cerealista en Colombia.
a) Organigrama general.

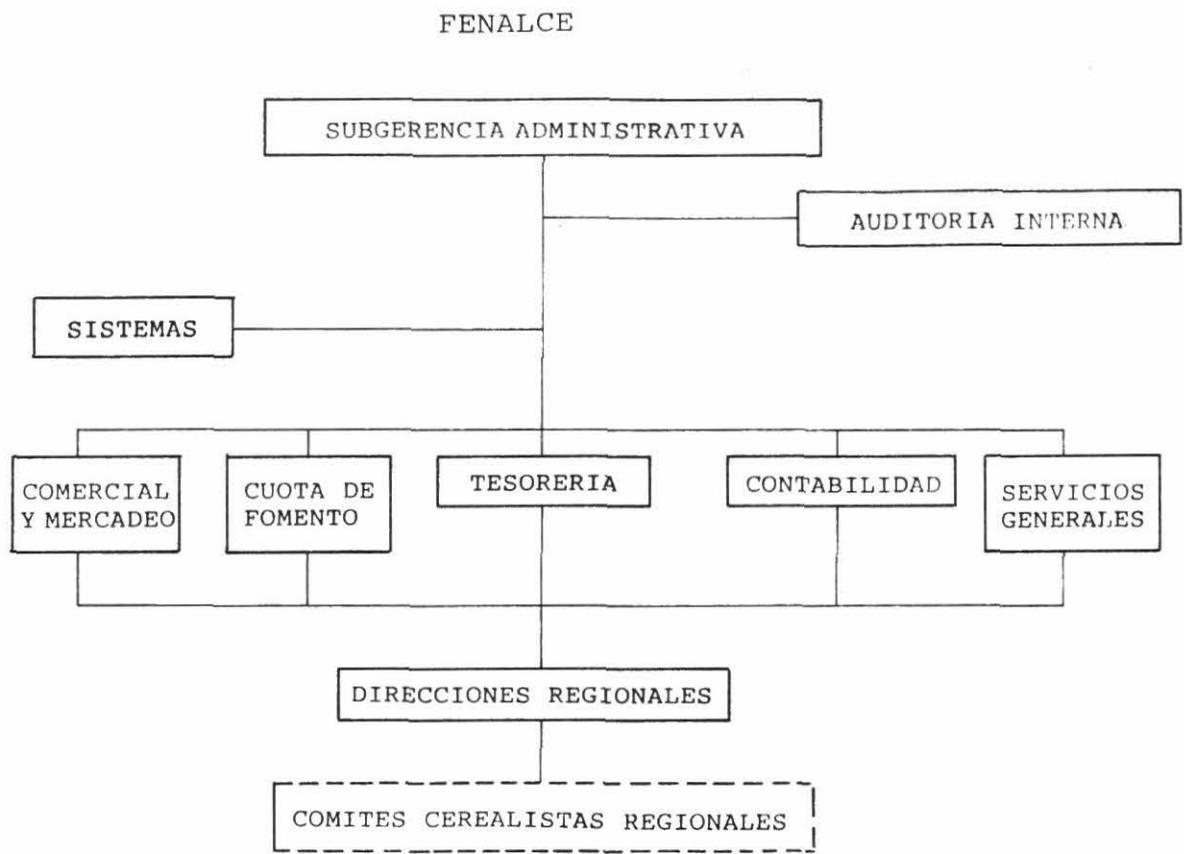


Figura 1. b) Organigrama administrativo de la Federación.

FENALCE

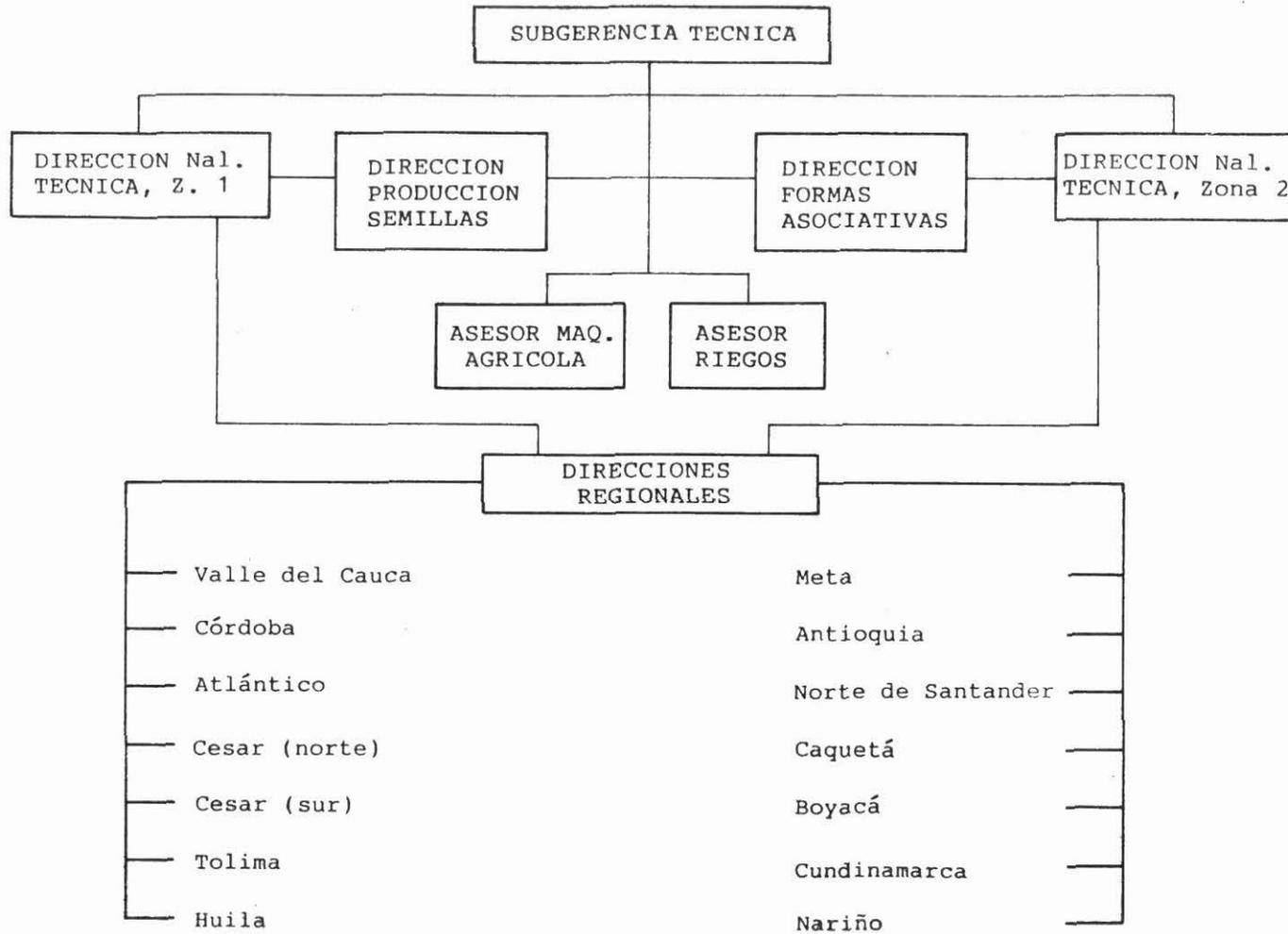


Figura 1. c) Organigrama técnico de la Federación.

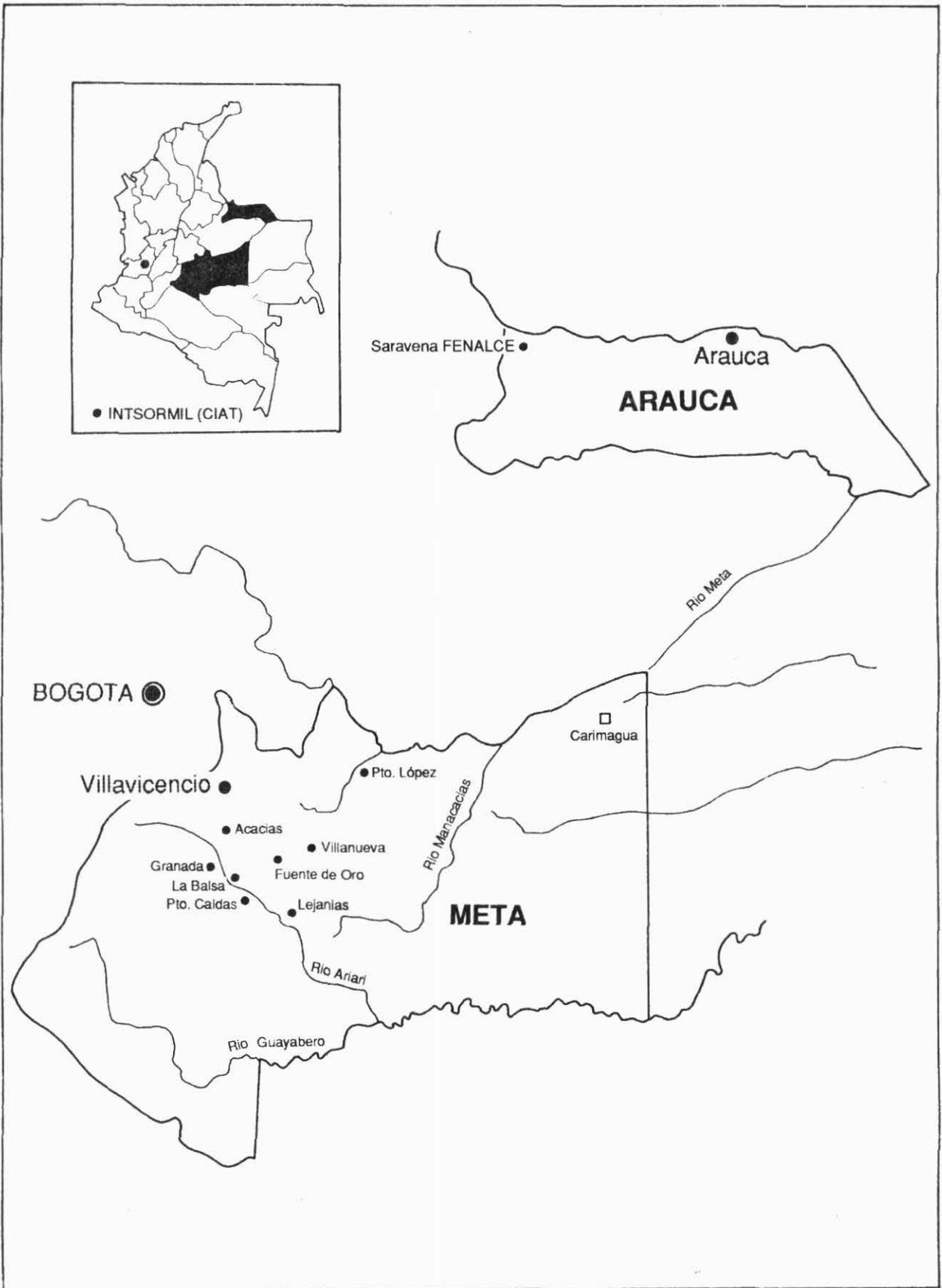


Figura 2. Región del Departamento de Meta donde FENALCE ha hecho ensayos con sorgo.

3

**INVESTIGACION DE SORGO EN LA UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA DE LOS LLANOS**

Marco Palacio *

* I.A., Profesor, UNILLANOS

Contenido

pág.

Primer Trabajo

217

Metodología

217

Resultados y discusión

217

Segundo Trabajo

218

Materiales y métodos

218

Tercer Trabajo

219

Primer Trabajo

El sorgo se ha investigado en esta Universidad desde 1988. Se inició esta actividad en el área de fitopatología con un convenio celebrado entre INTSORMIL, ICA, UNILLANOS y FENALCE. Uno de los primeros trabajos fue la tesis de grado "Evaluación e identificación de enfermedades fungosas en 19 genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench) en dos localidades del Departamento del Meta". Los objetivos de la tesis fueron identificar las enfermedades fungosas que puedan presentarse durante el ciclo de cultivo en 19 genotipos de sorgo en dos localidades del Departamento del Meta, y evaluar cada una de ellas.

Metodología

En estas evaluaciones se tomaron al azar cuatro plantas de los surcos centrales; se dejaron dos surcos adicionales (expuestos al efecto de borde) y se hizo la distribución de las parcelas igual para las dos localidades. Las evaluaciones se iniciaron 10 días después de germinados los materiales en cada una de las cuatro plantas escogidas al azar; en la evaluación de las enfermedades se aplicó la escala a la hoja, al raquis, al tallo y a la panoja.

En el laboratorio se hicieron los aislamientos correspondientes a una de las sintomatologías encontradas en el campo.

Las etapas del cultivo en que se hizo la evaluación fueron las siguientes:

- Etapas 3: Inicio de diferenciación del crecimiento.
- Etapas 4: Última hoja u hoja bandera.
- Etapas 5: Bota.
- Etapas 6: Media floración.
- Etapas 7: Grano lechoso.

En las etapas numeradas 0, 1 y 2 no se manifestaron las enfermedades.

Resultados y discusión

Realizadas las evaluaciones en el campo, y posteriormente en el laboratorio, se comprobó la presencia de las siguientes enfermedades:

Afecciones foliares:

- Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*)
- Mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*)

Mancha gris (*Cercospora sorghi*)

Mancha púrpura de tizón (*Helminthosporium turcicum*)

Afecciones del tallo y del raquis:

Tizón del tallo (*Fusarium moniliforme*)

Pudrición roja (*Colletotrichum graminicola*)

Afecciones de la panoja:

Hongos del grano (*Fusarium moniliforme*)

Complejo fungoso (*Fusarium spp.*, *Curvularia lunata*)

Patógenos de la semilla:

Complejo fungoso (*Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Chaetomium sp.*, *Verticillium sp.*, *Curvularia lunata*, *Fusarium moniliforme*, *Colletotrichum graminicola*)

Se encontró que a partir de los 30 y 40 días de edad del cultivo, comienzan a diferenciarse las enfermedades. La Antracnosis apareció en todos los genotipos evaluados, excepto en Canguro YS-60 que solamente tuvo 7% de AFA (área foliar afectada) en la zona de Puerto López. En Granada, el genotipo más afectado fue NK 2888, que presentó 54% de AFA; lo siguieron Icaima, Alfa 2 y Estrada 1 con 37%, 20% y 17% de AFA, respectivamente. Los genotipos más tolerantes en la zona de Granada fueron IS 8577 con 7% y MN 4508 con 7.5% de AFA.

En la zona de Puerto López, el material tolerante fue IS 7151 con AFA de 5.5%; lo siguen Serere 1 con 6.5% y luego MN 4508, IS 8577, Savanna 5 y Pioneer 8255 con una infección menor del 7.8%.

La mancha anillada (*Gloeocercospora sorghi*) fue la segunda enfermedad de importancia. La presión del inóculo más alta se registró en la zona de Puerto López, donde todos los genotipos fueron afectados; esta presión fue menor en la zona de Granada. Los materiales con mayor infección en las dos localidades fueron NK 266 y Canguro YS-60, con un promedio de 18% y 15% de AFA, respectivamente. El híbrido P 8416A resultó ser el más tolerante (AFA de 5%) y las variedades de INTSORMIL presentaron valores de AFA inferiores a 8%.

La enfermedad del tizón (*Helminthosporium turcicum*) atacó varios genotipos (promedio de 14% AFA en dos) mientras que el híbrido NK 2888, Estrada 1, y las variedades de INTSORMIL (Serere 1, MN 4508, IS 7251, IS 8577) no presentaron sintomatología en lámina foliar.

La infección foliar por *Cercospora sorghi* fue muy baja en las dos localidades; el híbrido P 8239 fue el más afectado con un promedio de 7.3% AFA. NK 2888, Icaima, Estrada 1 y

Estrada 2, D-61, P 8416, P 8187, Savanna 5, Sorghica NH-301 y Canguro YS-60 no presentaron daño en las dos zonas evaluadas. Los genotipos con los promedios más altos de área foliar total afectada fueron Icaima y NK 2888 (57.5% y 51%, respectivamente). La variedad Serere 1 fue la más tolerante de todos los genotipos a esta enfermedad (16.2% AFA total).

En Granada, donde se evaluaron el tallo y el raquis, Alfa 2 fue el más afectado en el tallo (27.5% de infección) y D-61 el más tolerante (13.5% de infección).

En Puerto López, Savanna 5 presentó 25% de infección, y los más tolerantes fueron IS 8577 e IS 7151 (10% de infección).

En raquis, Estrada 1 presentó alta infección (42.5%) y Serere 1 fue el más tolerante (8.75%). En Puerto López, Alfa 2 fue el más susceptible (33.7% de infección) y Estrada 1 el menos afectado (6.25%). A nivel general, los genotipos de INTSORMIL fueron más sanos (infección del 14.4%). En infección de la panoja se encontró que, en las dos localidades, Sorghica NH-301 fue el genotipo más afectado, y MN 4508 el más tolerante.

Las variedades de INTSORMIL y Alfa 2 fueron los materiales más tolerantes al complejo fungoso de la semilla, mientras que los híbridos comerciales Rendidor 87, P 8416-A y D-61 fueron los más susceptibles.

En general, se puede afirmar que P8416-A, P8225, Rendidor 87, Savanna 5 y Canguro YS-50 fueron los híbridos comerciales de mayor tolerancia a las enfermedades foliares en el Departamento del Meta. En esta misma región, los híbridos comerciales Rendidor 87, Canguro YS-60, P 8225, P 8239 y NK 266 fueron los más tolerantes al complejo fungoso de la panoja con porcentajes de infección menores de 21.25%.

Se observó en este trabajo que las enfermedades fungosas de la hoja tienen mucha relación con la incidencia del complejo fungoso de la panoja; en efecto, los materiales que presentan mayor tolerancia a los patógenos en la hoja presentan también tolerancia a los de la panoja.

Segundo Trabajo

En 1989, se presentó el siguiente trabajo de investigación en la Facultad de Agronomía: "Manejo de las enfermedades fungosas en diferentes etapas fenológicas de cuatro genotipos promisorios de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para suelos de sabana, y su incidencia en el rendimiento de éstos."

Los objetivos planteados en este trabajo fueron los siguientes:

- Determinar la incidencia de las enfermedades fungosas en diferentes etapas fenológicas de cuatro genotipos de sorgo promisorios para suelos de sabana, y su efecto en la producción de grano.
- Evaluar el grado de infección del complejo fungoso en el tallo, las hojas, la raíz, el raquis, la panoja y la semilla — después de la protección— en las líneas promisorias de sorgo MN 4508, Serere 1, IS 7151, e IS 3522.
- Determinar la época de protección (planta desarrollada, grano lechoso-pastoso, grano lechoso) en el sorgo de sabana (40% y 60% de saturación de aluminio).
- Determinar el efecto de las enfermedades fungosas en los costos de producción del sorgo.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el CRI La Libertad en Villavicencio. El diseño empleado fue el de paneles divididos, distribuidos en bloques completos al azar con 4 repeticiones. En cada bloque se hicieron cuatro paneles principales que correspondían a los genotipos MN 4508, Serere 1, IS 7151, e IS 3522; a éstos se les aplicaron los tratamientos en las siguientes etapas del cultivo:

Tratamiento	Etapas para aplicación
1	Sin ninguna aplicación
2	Estado lechoso y pastoso del grano, cuando el 20% del área foliar está afectada
3	Estado lechoso y pastoso del grano

La aplicación de los tratamientos se realizó de acuerdo con el cronograma de actividades previamente diseñado.

En cada genotipo se tomaron los siguientes datos:

1. Porcentaje de afección foliar semanal causada por patógenos fungosos (por escala).
2. Porcentaje de afección del tallo y del raquis (por escala).
3. Afección de la panoja (escala de evaluación).

4. Afección del grano (escala de evaluación adaptada de la escala de arroz por J. J. Castaño).
5. Diagnóstico de laboratorio de cada una de las enfermedades a partir del aislamiento in vitro.

Los resultados se encuentran en procesamiento y en análisis estadístico.

En la misma época se realizó un trabajo de fitopatología en que participaron entidades como ICA, FENALCE, UNILLANOS e INTSORMIL; el trabajo se tituló "Pruebas regionales de 12 genotipos de sorgo promisorios para suelos de sabana".

Los objetivos específicos del experimento fueron los siguientes:

- Determinar la incidencia de las enfermedades fungosas en 12 genotipos de sorgo, a nivel semicomercial, en suelos de 40% y 60% de saturación de aluminio.
- Evaluar esas enfermedades fungosas en los 12 genotipos de sorgo, en pruebas regionales (semicomerciales), durante todo el ciclo de cultivo.
- Evaluar el grado de infección del complejo fungoso en el tallo, las hojas, el raquis, la panoja y la semilla de los 12 genotipos de sorgo mencionados.
- Determinar el efecto de las enfermedades fungosas en los costos de producción del sorgo.

Materiales y métodos

Este experimento se llevó a cabo en cuatro localidades del Departamento del Meta (CRI La Libertad, SIALL, Estoril y Guamal).

El diseño empleado fue el de parcelas divididas y distribuidas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para la evaluación se tomaron cuatro plantas al azar de los surcos controlados; dos surcos se dejaron para evitar el efecto de borde. La distribución de las parcelas fue igual en los cuatro sitios. La evaluación comenzó, aproximadamente, 10 días después de germinados los materiales.

En las cuatro plantas se hicieron evaluaciones de las enfermedades fungosas, aplicando escalas apropiadas para hoja, tallo, raquis y panoja. En el laboratorio se hicieron aislamientos de cada una de las sintomatologías encontradas en el campo, para confirmar el agente causal de cada una de las enfermedades diagnosticadas.

Para la evaluación de la panoja se usó la escala del arroz adaptada por J. J. Castaño, se determinó el porcentaje de panoja afectada, y se identificó el complejo fungoso.

La semilla se analizó en el laboratorio según lo establecido por ISTA; se obtuvo el porcentaje de semilla afectada y se identificó el agente causal.

Los resultados de este segundo trabajo se encuentran en procesamiento y en análisis estadístico.

Tercer Trabajo

En 1989 se inició un tercer ensayo cuya finalidad es estudiar la relación simbiótica de los materiales evaluados, y lanzados por el ICA ese año como nuevos materiales comerciales. Este trabajo de grado se titula "Efecto de las micorrizas (M.V.A.) en el rendimiento del sorgo de grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en el piedemonte llanero". Sus objetivos son los siguientes:

- Determinar la influencia de las micorrizas en el rendimiento del sorgo de grano.
- Determinar la simbiosis de las micorrizas con la raíces de las plantas de sorgo.
- Identificar los principales géneros de M.V.A. asociados con el estado infectivo a nivel del sistema radicular.
- Determinar el efecto causado por las micorrizas en el rendimiento del sorgo.
- Determinar la mejor dosis de M.V.A. en el rendimiento del cultivo del sorgo.
- Determinar la dosis de M.V.A. más rentable para el agricultor.

Este ensayo se halla aún en evaluación.

Algunos lotes experimentales del ICA, de FENALCE y de UNILLANOS.



Ensayo regional de producción de sorgo en un lote de FENALCE.



Evaluación de líneas de sorgo en un campo del ICA.



Ensayo de tolerancia a enfermedades manejado por UNILLANOS/



Prueba de variedades de sorgo del ICA.