G E R M E N

Boletín de Intercambio Técnico y Científico de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C.

Este boletín se distribuye gratuitamente a los socios que están al corriente de sus cuotas. Otras personas interesadas en adquirirlo pueden consultar el costo de cada ejemplar con la Secretaria Ejecutiva (Apartado Postal No.21, C.P. 56230 Chapingo,Méx.).

Las contribuciones destinadas a **G E R M E N** deberán respetar el formato y las normas publicadas en Germen 7: 1-7. 1988.

DIRECTIVA 1994-1996

Presidente:	Dr. Fernando Castillo González
Vicepresidente:	Dr. Porfirio Ramírez Vallejo
Tesorero:	Dr. Francisco Zavala García
Vocal Genética Básica:	Dra. Elizabeth Cárdenas Cerda
Vocal Genotecnia:	Dr. José Luis Ramírez Díaz
Vocal Enseñanza:	Dr. Emiliano Gutiérrez del Río
Vocal Producción de Semillas:	M. C. J. Arturo Estrada Gómez
Vocal Fruticultura:	Dr. Salvador Pérez González

COMITE EDITORIAL

Coordinador:	Dr. José Luis Rodríguez Ontiveros
Vocales:	Dr. Leopoldo E. Mendoza Onofre
	Dr. Jaime Sahagún Castellanos
	Dr. José Sarukhán Kérmez
	Dr. Jerzy Rzedowski Rotter
	Dra. Estela Sánchez Quintanar
Editor de Germen:	Dr. Agustín López Herrera

PRESENTACION

Este número del Boletín Germen presenta un recorrido histórico científico del cultivo del sorgo: las razones por las que fue introducido en México, su establecimiento en diversas zonas del país y el proceso de mejoramiento genético.

Los autores: Héctor Williams Alanis, Raúl Rodríguez Herrera y Noé Montes García, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en el Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, describen al lector los detalles, de cómo en 20 años el cultivo del sorgo llega a tener tanta relevancia en zonas como la del noreste del país, así mismo hacen la descripción pormenorizada de la contribución del equipo interdisciplinario de investigadores del mencionado campo para liberar variedades de sorgo con un paquete de información que permite tener altos rendimientos.

El artículo que aquí se presenta será de interés de todos los socios que deseen conocer los esfuerzos regionales que se hacen para resolver los problemas de la agricultura nacional.

Agustín López Herrera
Editor de Germen

NOTA: Desde 1990 los artículos del Boletín Germen son sometidos a arbitraje.

20 AÑOS DE INVESTIGACION EN SORGO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL RIO BRAVO

Héctor Williams Alanis[1], Raul Rodríguez Herrera[2] y Noé Montes García[1]

INTRODUCCION

La investigación sobre el cultivo de sorgo en México inició en 1944 con la introducción de variedades de polinización libre, de entonces a la fecha ésta se ha realizado en forma contínua en mejoramiento genético y en estudios agronómicos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y algunas instituciones educativas. El INIFAP ha realizado más investigación, sin embargo, la mayoría de la información generada no se ha publicado, no se conoce o bien se encuentra dispersa en diversas fuentes.

Algunas razones de lo anterior son la deserción de investigadores, información en publicaciones con poca difusión, entre otras, por lo cual muchos eventos o sucesos de importancia se han perdido con el paso del tiempo. El conocer estos eventos puede ser de importancia tanto como la investigación misma, ya que servirá de lecciones y experiencias para las nuevas generaciones de investigadores.

El objetivo de este trabajo es presentar los principales resultados, observaciones y enfoques, en 20 años de investigación en el Campo Experimental de Río Bravo, basado esto en la revisión bibliográfica y complementado con la experiencia del personal investigador de este campo, pretendiendo de esta manera contribuir al conocimiento regional y nacional de la investigación del cultivo de sorgo dentro de INIFAP.

---

[1] Investigadores del Programa de Cultivos Industriales del Campo Exp. Río Bravo. CIRNE-INIFAP. Apdo. Postal 172. CP 8900. Río Bravo, Tam.

[2] Investigador del CERIB-CIRNE-INIFAP, actualmente estudiante de Ph D. en la Universidad de Texas A & M, USA.

Para lograr un mejor entendimiento del tema central y del objetivo que se describió anteriormente se considera necesario tratar brevemente los temas de antecedentes del cultivo en México, breve historia del INIFAP y repercusiones en la investigación de sorgo, breve historia de PRONASE y producción de semilla de sorgo, situación del cultivo en el norte de Tamaulipas y antecedentes del Campo Experimental Río Bravo.

ANTECEDENTES DEL CULTIVO EN MEXICO

Existen reportes que indican que el sorgo ya se sembraba en México a finales del siglo pasado. La Secretaría de Fomento en 1882 publicó un artículo proporcionando detalles de este cultivo, llamado también "Maíz Kafir", señalando sus usos y características de resistencia a condiciones de escasa humedad; posteriormente entre 1896 y 1898 aparecieron otros artículos al respecto en la revista "Progreso de México". En 1914 el Ing. Rómulo Escobar pronosticó la potencialidad del sorgo en la alimentación humana en México (Romero, 1979 citado por Zavala 1984). Sin embargo, fue a partir de 1958, cuando la superficie y la producción alcanzó cifras que ameritaron su consideración en las estadísticas nacionales (Rodríguez, 1984), esto, poco después que se empezaron a sembrar los primeros híbridos en Estados Unidos de Norteamérica (Zavala, 1984).

Desde el punto de vista tecnológico, la producción de sorgo en México prosperó debido a la utilización de los primeros híbridos texanos, a finales de la década de los 50's. Los agricultores mexicanos al darse cuenta de las bondades de estos materiales los adoptaron rápidamente, encontrando los mismos resultados en pruebas realizadas tanto en la parte norte como en la del centro de México. Al mismo tiempo se originó una creciente demanda por este grano, impulsada principalmente por las empresas transnacionales productoras de alimentos balanceados (Dewalt y Barkin, 1984).

Por esa época también se empezó a manifestar la regionalización del cultivo al concentrarse la producción comercial en Sinaloa, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Tamaulipas. Para sembrar esta superficie y debido a la iniciativa de las autoridades agrícolas del país, varias firmas americanas se establecieron bajo las leyes mexicanas para producir semillas híbridas de sorgo y maíz (Rodríguez, 1984).

El crecimiento del cultivo en México ha sido impresionante, en 1961 se cultivaron 116 mil ha y se produjeron 290 mil toneladas (Cuadro 1); para 1975 éstas se habían incrementado aproximadamente en 12 y 14 veces más. En la década de los 90's esta superficie y producción equivalen a aproximadamente al 4 y 10% del mundial, indicando con esto, que el promedio nacional de rendimiento de grano en México es más del doble que el promedio mundial.

Cuadro 1. Datos estadísticos sobre producción de sorgo en México (FAO, 1990).

	1961	1965	1970	1975	1980	1985	1988
Area (miles ha)	116	314	970	1445	1543	1862	1800
Producción (miles t)	290	746	2747	4125	4689	6596	5500
Rendimiento (kg/ha)	1491	2376	2829	2855	3039	3543	3056

De esta forma este cultivo en México ocupa el tercer lugar en superficie sembrada después del maíz y frijol y el segundo en producción después del maíz (Vega, 1984 y Salcedo, 1991).

BREVE HISTORIA DEL INIFAP Y REPERCUSION EN LA INVESTIGACION EN SORGO

Los cambios en estructura, organización y políticas del INIFAP (antes INIA) han afectado las actividades sustantivas que se realizan. Por lo tanto a continuación se describen los aspectos que más pudieron haber influído en la investigación del sorgo.

En el año de 1944 la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) organizó la Oficina de Estudios Especiales que incluyó personal técnico de la Fundación Rockefeller y de la propia SAG (Reyes, 1985). Tal oficina

realizó en ese mismo año las primeras investigaciones en sorgo en México, publicándose las primeras recomendaciones y prácticas de cultivo en 1950 (Pitner *et al.*, 1950).

En el decreto publicado en el diario oficial de la Federación del 6 de diciembre de 1960, se estableció la formación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), integrando al Instituto de Investigaciones Agrícolas y a la Oficina de Estudios Especiales (Reyes, 1985). En ese entonces los trabajos de investigación de sorgo se concentraron en Roque, Celaya, Gto.

En un principio la investigación en el mencionado cereal la realizó el personal del Departamento de Maíz y Sorgo, el cual generalmente dedicaba mayor tiempo a maíz. Sin embargo, al incrementarse la superficie cultivada con sorgo en México de 160 mil hectáreas a principios de los 60's a 1.7 millones de hectáreas en los 70's, se requirió separar la investigación de sorgo de la de maíz, para lo cual se creó la Coordinación Nacional de Sorgo en 1978.

Como parte de la estrategia institucional a partir de 1981 el INIA dividió el país en tres zonas agroecológicas de investigación: Norte, Centro y Sur. Uno de los objetivos de la división fue evitar la duplicidad de actividades y por el contrario, concentrar esfuerzos y recursos disponibles para la solución de los problemas que limitan la producción agropecuaria nacional y regional (Vega, 1984).

En agosto de 1985 el INIA se reestructuró, creándose el INIFAP, el cual integró los Institutos de Investigación Agrícola, Pecuaria y Forestal. En 1987 dentro del INIFAP se constituyó la Red de Investigación de Sorgo y Mijo, para trabajar en el área de mejoramiento genético, nombrándose un experto nacional y tres expertos regionales (norte, centro y sur del país).

La sede de la región norte se ubicó en el Campo Experimental "Río Bravo", en el Campo Experimental "El Bajío" (Celaya, Gto.) estuvo la sede de la región centro y la sede para la región sur se estableció en el Campo Experimental de Uxmal, Yuc. En este último campo, en el año de 1982 se inició el programa de mejoramiento genético para las áreas tropicales del sur y sureste de México con la introducción de germoplasma de "El Bajío",

de Río Bravo, Tam., de Ocotlán, Jal., de Estados Unidos de Norteamérica (principalmente de Universidad de Texas A & M) y del ICRISAT .

Además se han realizado investigaciones en el cultivo de sorgo para las áreas centro, sur y altos de Jalisco (Ocotlán, Jal.), que corresponde a regiones de clima templado y buen temporal, las cuales se iniciaron a partir de 1974 (INIA, 1981). En el Campo Experimental "El Horno", en Chapingo Mex., se realizó extensa investigación en este cultivo dentro del programa de mejoramiento genético para Valles Altos, el cual inició en el año de 1960 con el objetivo de formar variedades tolerantes a bajas temperaturas, aprovechando la introducción de variedades africanas, de las cuales sobresalieron por su adaptación Nyundo, Mabere y Magune (Romo y Carballo, 1980).

En 1992, al cambiar la estructura técnica y administrativa del INIFAP, desapareció la Red de Sorgo y Mijo, quedando el cultivo de sorgo dentro del Programa de Investigación de Cultivos Industriales, recibiendo apoyo para trabajar en las áreas de mejoramiento genético, generación de tecnología de grano y de semillas, solamente en los Campos Experimentales de Río Bravo, Tam. y Celaya, Gto., desapareciendo el apoyo para los programas de mejoramiento genético de los otros campos ya indicados.

BREVE HISTORIA DE PRONASE Y PRODUCCION DE SEMILLA DE SORGO

Una vez obtenidos los primeros frutos de la investigación en México, un destacado grupo de agrónomos concibió la idea de crear un organismo oficial para promover la producción y la difusión del uso de semillas de los primeras variedades mejoradas obtenidas en maíz. Así, por decreto presidencial del 6 de enero de 1947, se constituyó un organismo descentralizado denominado Comisión Nacional del Maíz (Cerecero, 1985). Por decreto presidencial de 1950, se transformó en Comisión Nacional del Maíz y 11 años más tarde, en 1961 como Productora Nacional de Semillas (Sobrino, 1985).

De acuerdo a la ley, la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), es el organismo oficial responsable de incrementar los materiales originales o básicos, producto de la investigación realizada por el INIFAP y

otros organismos, como escuelas de agricultura, asociaciones de productores de semillas, etc. Sus categorías de Registradas y Certificadas, y Comercializadas están en función de las necesidades emanadas de los programas agrícolas nacionales de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. A la vez regula la producción y comercialización de las semillas en sus diferentes categorías, tanto en el mercado nacional como para el de exportación.

El primer dato que se tiene en PRONASE sobre la producción de semilla de sorgo, aparece en 1956-57, fecha en que se registran 54 toneladas producidas. Esta producción fue experimental, encaminada a la futura ampliación de las variedades a producir, hecho que se confirma cuando cuatro años después se dio inicio a la producción en forma regular. PRONASE también recurrió a materiales formados en el Colegio de Agricultura de la Universidad de Texas (USA). Los primeros híbridos empleados fueron RS-608 y RS-610 (Tijerina, 1984).

En octubre de 1972, se recibió la primera remesa liberada de seis híbridos mexicanos formados para producir en el Bajío. Entre estos destacaron el Purepecha, Chichimeca, Olmeca y Otomí (Tijerina, 1984).

SITUACION DEL CULTIVO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Durante la década de los 50's, la región agrícola de Matamoros fue fundamentalmente productora de algodón, pero debido a la presencia de varios factores, fue necesario introducir otros cultivos, como maíz y sorgo (FIRA, 1970). Surgiendo éstos como una alternativa al cultivo de algodón (Talavera y Guerra, 1962).

Los factores que concurrieron para que la región se transformara del monocultivo del algodón a productora de sorgo, fueron la presencia de la pudrición texana en el algodonero, la falta de mano de obra para la pizca del algodonero, los altos costos de producción, la baja mundial muy prolongada en los precios del algodón, los precios de garantía atractivos para el maíz y sorgo, los genotipos de ciclo muy corto, los rendimientos económicamente no redituables, el alto grado de mecanización y la deficiencia tradicional de granos en el país (FIRA, 1970).

Los primeras estadísticas sobre la producción de sorgo en el norte de Tamaulipas se remontan al año de 1956 (SARH, 1984), donde se cosecharon un total de 3,700 ha y se obtuvo una producción de 4,690 toneladas (Cuadro 2). Los promedios de rendimiento de grano que se reportan son muy bajos (1,677 kg/ha en riego y 653 kg/ha en temporal), debido seguramente a que se sembraron variedades de polinización libre y los agricultores no tenían experiencia en el cultivo. Estos promedios aumentaron rápidamente en la década de los 60's debido al uso de semilla híbrida y con una mayor experiencia de los agricultores en el cultivo.

El cultivo se incrementó rápidamente en el área de riego hasta alcanzar valores máximos de poco más de 200 mil hectáreas cosechadas en la década de los 70's (1973 y 1975). Mientras tanto, al abrirse nuevas áreas de cultivo en temporal, estas fueron sembradas con sorgo.

Paulatinamente en las décadas de los 80's y 90's se redujo el área sembrada con sorgo en riego, debido a que fue desplazado por el cultivo de maíz, al contar éste con un mejor precio de garantía y resultar más redituable para los agricultores. A la vez en los 80's se abrieron nuevas tierras de temporal a la agricultura que fueron sembradas con sorgo, llegando en algunos años (1984, 1985, 1987, 1988 y 1992) a cosecharse más de 500 mil ha con esta gramínea.

Al presentarse sequías eventuales en las áreas temporaleras, se afectaron sensiblemente la superficie cosechada, la producción total y el rendimiento promedio de grano. A partir de la década de los 80's debido a un cambio del cultivo más propio para la conservación de la humedad del suelo en temporal, la producción a través de los años se mejora y se hace más estable.

Los promedios de rendimiento de grano en la región son inferiores al promedio general (Cuadros 1 y 2). Esto es debido a que en condiciones de riego es sembrado en suelos de tercera clase, tales como salinos, delgados, compactados y con mal drenaje, y en temporal el clima es más extremoso con sequías frecuentes y altas temperaturas durante el desarollo del cultivo.

El estado de Tamaulipas se ha convertido en el principal productor de sorgo en el país, sembrándose una superficie de alrededor de 800 mil ha y donde se obtiene una producción promedio de 1.7 millones de toneladas

Cuadro 2. Estadística de producción de sorgo en el norte de Tamaulipas.

	1956	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1989	1993
Superficie Cosechada (ha)									
Riego	2,200	21,003	74,975	172,718	205,151	121,437	125,718	83,562	63,610
Temp.	1,500	6,289	2,813	103,965	1,368	322,973	527,320	408,729	411,059
Total	3,700	27,292	77,788	176,683	206,519	444,410	653,038	492,291	474,669
Producción (t)									
Riego	3,690	59,278	158,543	584,308	515,011	374,541	392,534	257,246	192,901
Temporal	960	8,854	1,129	311,442	1,397	754,683	1'753,838	625,806	862,690
Total	4,670	68,132	159,672	895,750	515,408	1'129,224	2'146,372	883,052	1'055,591
Media de Rend. (kg/ha)									
Riego	1,677	2,822	2,115	3,383	2,510	3,000	3,122	3,079	3,030
Temporal	653	1,403	401	3,000	1,021	2,340	3,325	1,531	2,098

Fuente (1956-1980).SARH. 1984.
Fuente (1980-1993).SARH. 1993.

anuales, obteniéndose la mayor parte de ésta en el norte del estado (SARH, 1993). Esto produce una derrama económica superior a la de cualquier otro cultivo en la entidad. Dicha superficie cultivada y producción equivalen respectivamente al 40% y 30% del total nacional.

ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL RIO BRAVO

El Campo Experimental de Río Bravo esta localizado en el norte del estado de Tamaulipas a los 25°59' de longitud Norte y a los 98°06' de longitud Oeste a 30 msnm (INIA, 1976a y Torres, 1986), con problemas de vientos y exceso de humedad durante la cosecha del grano en los meses de junio y julio; el clima predominante corresponde al tipo BS1(h')hx'(e'), semiseco con lluvias en verano principalmente y semicálido muy extremoso (INIA, 1976a y García, 1973). Está enclavado en un área agrícola que cuenta con una superficie abierta al cultivo de 300,944 ha de riego y 649,399 ha de temporal. Además existen en temporal en aprovechamiento pecuario intensivo 260,857 ha y extensivo de 1'240,212 ha. Los cultivos predominantes son maíz y sorgo con superficies menores de algodón, maíz palomero, trigo, frijol, hortalizas y pastos. También destaca como una actividad agrícola muy importante la producción de semilla certificada de maíz y sorgo. Este campo inició actividades en el año de 1956 cuando la región era predominantemente algodonera. Sin embargo, a principios de los 60's por problemas fitosanitarios y aumento en los costos de producción la región cambió drásticamente del monocultivo del algodón al de cereales (maíz y sorgo), de tal manera que desde 1966 estas especies han ocupado casi la totalidad de la superficie sembrada (Morales *et al.*, 1980).

El Campo Experimental Río Bravo tiene como objetivo institucional generar los materiales genéticos y las tecnologías de manejo de los principales cultivos regionales y especies pecuarias, tratando de mantener el equilibrio ecológico mediante un uso más racional de los recursos naturales (suelo y agua).

VEINTE AÑOS DE INVESTIGACION

Mejoramiento Genético

En el período comprendido entre 1973-74 se obtuvieron tres plazas para técnicos que se dedicaron exclusivamente a investigaciones en sorgo en las localidades de Celaya, Gto., Río Bravo, Tam. y Chapingo, Méx. En el año de 1974 se sugirió a Río Bravo (además de "El Bajío" y Valles Altos) como lugar estratégico para realizar investigación en mejoramiento genético de sorgo para las regiones cálido-secas del país por las siguientes razones: se pueden establecer dos ciclos de siembra contínuos dadas sus condiciones climáticas, lo que permitiría avances con la obtención de dos generaciones en un período aproximado de 12 meses; es una región con bastantes problemas de plagas y enfermedades lo cual permite hacer buenas selecciones del material; además su vecindad con el estado de Texas, EUA permite observar fácilmente los adelantos obtenidos y los resultados de los cultivares comerciales, que al final de cuentas serían el medio para medir el grado de avance o retraso en la investigación local en sorgo (Estrada, 1977).

Para lograr lo anterior se amplió la fuente de germoplasma con sorgos provenientes de la colección mundial y con líneas procedentes de los Estados Unidos de Norteamérica (INIA, 1977). De la colección mundial se introdujeron dos mil líneas de las cuales se seleccionaron 300 con características agronómicas sobresalientes (Betancourt, 1975).

La utilización más inmediata de estos materiales consistió en la formación de híbridos utilizando líneas androestériles (A) provenientes de "El Bajío" con líneas restauradoras de la fertilidad (R) introducidas, en los que pudiera ser posible transferir a los híbridos resultantes porte bajo, resistencia a enfermedades como mildiú velloso (*Peronosclerospora sorghi*) y otras características deseables (INIA, 1977).

Como resultado de la investigación en "El Bajío" y después de numerosas evaluaciones de los híbridos experimentales durante los años de 1968-1975; se liberaron ese último año seis híbridos específicos para el norte de Tamaulipas, los cuales resultaron superiores entre 20-30% al rendimiento promedio al grupo de híbridos comerciales testigos (INIA,

1981), con similar ciclo vegetativo y tolerancia a mildiú velloso y con una altura de planta ligeramente superior a éstos (INIA, 1976b).

Estos híbridos fueron INIA Zacapil y Tejón, ambos de ciclo precoz; de ciclo intermedio INIA Maratín e INIA Mayapen y de ciclo tardío INIA Malinche e INIA Janambre (Betancourt, 1975). Excepto por el INIA Zacapil del que se produjeron cantidades limitadas de semilla por parte de la PRONASE; del resto no se pudo producir comercialmente debido a falta de información en la caracterización de los progenitores y algunos otros problemas en la producción de la semilla híbrida.

En 1978 el programa de mejoramiento genético de sorgo en Río Bravo, Tam. liberó los híbridos de sorgo INIA RB-2000, INIA RB-2010 e INIA RB-2020 que compitieron en rendimiento de grano y características agronómicas con los mejores sorgos comerciales de esa época. Sin embargo, al igual que los híbridos comerciales, los nuevos materiales fueron susceptibles a las enfermedades de mildiú velloso y carbón de la panoja *sporisorium reilianum* (Williams y Betancourt, 1979). Estos híbridos se produjeron comercialmente por la PRONASE (excepto RB-2010) hasta el año de 1980.

En ese mismo período, se probaron varios métodos de esterilización y cruzamiento de espigas fértiles de sorgo, los cuales consistían en cubrirlas con bolsas de polietileno (transparentes y negras) antes de la floración, durante 2, 3 y 5 días, con el propósito fundamental de aprovechar la radiación solar dentro de las bolsas para provocar estérilidad. La mayor efectividad se encontró en la bolsa negra, la cual en el período de 2 a 3 días provocó un 97% de efectividad en el cruzamiento (Williams, 1982). Esta tecnología ha sido medular en los trabajos posteriores de mejoramiento genético, ya que de esta manera se han realizado todos los cruzamientos entre plantas fértiles.

Para 1980 se liberaron los sorgos INIA RB-3030 e INIA RB-3006 recomendados para condiciones de riego y temporal, con un potencial de rendimiento superior en 500 a 600 kg/ha, a la serie anterior de híbridos, resistentes a mildiú velloso y carbón de la panoja y de amplio rango de adaptación (Williams, 1981). Estos dos híbridos son producidos actualmente por la PRONASE y de hecho se adaptaron a las principales áreas sorgueras del país ("El Bajio", Sinaloa, etc).

Durante los años de 1979-1982 y 1986-1988 se realizó mejoramiento en varias poblaciones formadas con la fuente de androesterilidad genética de Coes. ms_1 (en donde ms_1ms_1 = estéril y MS_1MS_1, MS_1ms_1 = fértil) introducidas de EUA y enriquecidas con germoplasma adaptado a las condiciones del norte de Tamaulipas. No se concretó nada de estas investigaciones debido a la deserción de personal, reducción de presupuesto, cambio de estructura en el INIFAP, ya que, como es de esperarse, estas investigaciones dan fruto sólamente a largo plazo.

La problemática del cultivo de sorgo en la región ha cambiado, ya que mientras en la década de los 60's y 70's el 70% de la superficie total cultivada con este cereal era bajo riego (por lo cual la investigación se enfocaba para éstas condiciones), en la década de los 80's se abrieron grandes extensiones al cultivo en el área de temporal cambiando la proporción a 82%, en estas condiciones y 18% en riego. Así mismo enfermedades como el mildiú velloso que fue problema serio en la década de los 70's disminuyó a principios de los 80's como resultado de la siembra másiva de híbridos resistentes, mientras que el carbón de la panoja cobró importancia al aumentar en virulencia y aparecer nuevas razas fisiológicas. Debido a estos cambios, en 1980 se dividió el programa de mejoramiento genético para áreas de riego y de buen temporal, y para áreas de temporal crítico.

Observando que todos los sorgos comerciales utilizan el sistema de androesterilidad génico-citoplásmica A_1 para la producción de semilla híbrida (condición que los puede hacer más vulnerables al ataque de plagas y enfermedades), en 1982 se empezó a introducir la fuente de androesterilidad génico-citoplásmica A_2 a las líneas élite del programa. Schertz (1977) reporta que este tipo de androesterilidad se descubrió en la línea IS-12662C (SC-171), perteneciente al grupo *Caudatum nigricans* de la raza Guinea originaria de Etiopía. La fuente de genes nucleares se encontró en la línea IS5322C (SC-250), del grupo *Roxburghi* de la raza Guinea originaria de la India.

En 1984 se contempló la posibilidad de aumentar la calidad nutritiva de los sorgos liberados por el Campo Experimental Río Bravo, al introducir la característica planta canela (tan) a las líneas élite.

En el año de 1987 se cambió la problemática del cultivo de sorgo en temporal, debido a que la enfermedad pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina*), estaba produciendo pérdidas considerables a

nivel comercial, al provocar la caída del sorgo antes de la cosecha. Considerándose desde entonces la resistencia a esta enfermedad como el principal criterio de selección para genotipos propios para temporal.

En el año de 1989 se liberó el híbrido RB-4000 que se recomendó para condiciones de riego. Este demostró un potencial de rendimiento superior en 500 a 600 kg/ha, al de los mejores sorgos comerciales recomendados; sus panojas de tipo abierto son más tolerantes al daño de pájaros y tienen una mejor penetración de los insecticidas para el control de plagas; sus tallos son fuertes, bien anclados y resistentes al acame; las plantas son de crecimiento rápido y follaje frondoso que facilita el control de malezas; mayor acumulación de materia seca por planta, que puede ser útil para el empleo de esquilmos como forraje. Las líneas A y R de este híbrido fueron obtenidas por el Campo Experimental Río Bravo y se empezaron a derivar a partir del ciclo P-V 1977 (Williams, 1988).

En ese mismo año se dio fuerte impulso a la formación de híbridos con grano apto para consumo humano. Para esto se seleccionaron líneas de ICRISAT, de EUA (principalmente Texas) y líneas avanzadas de Río Bravo, para seleccionar las de mejor adaptación a la región y con mayor resistencia a las enfermedades del carbón de la panoja y pudrición carbonosa del tallo.

A la vez, debido a que la línea R progenitora del híbrido RB-4000 demostró poseer un potencial de rendimiento similar a los híbridos comerciales (por su amplia adaptación y por su excelente aptitud combinatoria), se pensó que sería ventajoso disponer de progenitores femeninos con estas características, lo que facilitaría la producción de semilla híbrida. De tal forma, que en 1989 se planeó la esterilización de esta línea y la transformación en línea A y B, para lo cual se utilizó el método de retrocruza a partir de ese año y en 1991 se obtuvieron familias RC_1F_2 que se cruzaron individualmente con la línea hembra ATx-623, para identificar el tipo de línea producida, encontrándose segregantes que fueron 100% estériles (Williams *et al.*, 1992). Se encontró algo similar en 1993 al evaluar 259 familias de la RC_1F_2, lo que nos indica que sí es factible la esterilización de líneas R por medio del método de retrocruza (Rodríguez *et al.*, 1994)

Resultado de la investigación en el área de temporal fue la obtención en el año de 1990 de líneas e híbridos experimentales con tolerancia a se-

quía. Sin embargo, no se liberó ninguno de éstos porque fueron susceptibles a la enfermedad de pudrición carbonosa del tallo, cuando ésta se presentó con mayor intensidad en el área de temporal (Williams *et al.*, 1993).

En los años de 1991 y 1992 se observó que a la vez que se seleccionaron líneas e híbridos con tolerancia a la enfermedad de pudrición carbonosa del tallo, indirectamente se seleccionaron plantas de follaje que se conserva verde hasta la etapa de madurez fisiológica del grano (planta no senescente). Esto coincide con lo encontrado por algunos investigadores quienes han correlacionado esta característica con la resistencia a esa enfermedad (Rosenow, 1984).

Los primeros híbridos INIA liberados para el norte de Tamaulipas en el año de 1975 fueron producidos a partir de líneas formadas en el Campo Experimental "El Bajío" en Celaya, Gto. (Cuadro 3), en tanto los híbridos de la serie dos mil (liberados en 1978) y la tres mil (liberados en 1980) fueron producidos por el cruzamiento de líneas A (hembras) introducidas de "El Bajío" y de líneas R (machos) de la Universidad de Texas A & M (EUA). Se pensaba que al utilizar genotipos de diferentes orígenes seleccionados bajo diferentes condiciones ambientales se obtendría un mayor grado de heterósis (Williams y Betancourt, 1979).

No se tienen datos de rendimiento de grano entre los híbridos INIA liberados para el norte de Tamaulipas y los híbridos de la serie dos mil, ya que estos últimos se comparaban en relación a los mejores híbridos comerciales que contaban con mejores características agronómicas.

El híbrido RB-4000 se formó con líneas A, B y R originadas en el Campo Experimental Río Bravo. Se utilizó el método de esterilización de plantas fértiles por medio de bolsas de plástico negras, posteriormente a partir de la generación F_2 se aplicó el método de selección de sorgo por panoja o pedigree. La esterilización de las líneas B se realizó por el método de retrocruza, utilizando como hembra la línea ATx-623 (Williams, 1988). El avance obtenido en cuanto al potencial de rendimiento de grano para condiciones de riego y buen temporal respecto a la serie dos mil es de 1,100 kg/ha en un período aproximado de 11 años (Cuadro 3).

Cuadro 3. Síntesis de la investigación en mejoramiento genético de sorgo en el Campo Experimental Río Bravo (CIRNE).

Año	Resultados	Características sobresalientes
1973	Inicio	
1975	INIA Zacapil[1][2] INIA Tejón[2] INIA Maratín[2] INIA Mayapan[2] INIA Janambre[2] INIA Malinche[2]	- Potencial de rendimiento; adaptación local.
1978	INIA RB-2000[1] INIA RB-2010 INIA RB-2020[1]	- Potencial de rendimiento; susceptible a a mildiú y carbón de la panoja; amplio rango de adaptación.
1980	INIA RB-3030[1] INIA RB-3006[1]	- 500 a 600 kg/ha más de rendimiento de grano que los híbridos de la serie 2000; resistentes a mildiú velloso y carbón de la panoja; aptos para riego y temporal.
1989	RB-4000[1]	- Amplio rango de adaptación; 500 a 600 kg/ha más de rendimiento de grano que los híbridos de la serie 3000; apto para condiciones de riego; sorgo de doble propósito (grano y forraje).
1993	RB-4000 A_2 RB-4000 Planta canela	

[1] Producidos comercialmente.

[2] Sorgos INIA liberados en Celaya, Gto. para esta región.

Rooney y Miller (1981) indican que existen varios colores de planta en sorgo de acuerdo a la reacción del follaje al daño mecánico y al ataque de las enfermedades foliares. La planta roja está dada por los genes P_q'q', canela ppqq y púrpura P_Q_ o P_qq. Para el año de 1993 se cuenta con el híbrido RB-4000 isogénico en los sistemas de androesterilidad génico-citoplásmica A_1 y A_2, isogénico para el color de planta roja y canela, y las combinaciones rojo x canela y canela x rojo. Esto será útil para realizar investigaciones a nivel básico y aplicado en tales características.

Con información obtenida durante el año de 1993 en el lote demostrativo de sorgo del CERIB, con los distintos grupos de híbridos liberados en diferentes épocas para el norte de Tamaulipas, se observaron las tendencias en las características agronómicas (Cuadro 4).

En dicho cuadro se nota claramente que los valores de los caracteres de días a floración, altura de planta y número de hojas aumentan conforme es más reciente la época de liberación de los híbridos. Se exceptúan particularmente INIA Maratín e INIA Malinche que fueron los de altura de planta más alta y los más antiguos de los liberados. Esto significa que al aumentar el potencial de rendimiento de los híbridos más nuevos se han visto aumentados los valores de estas características. En forma opuesta el carácter longitud de excersión se ha visto disminuido debido probablemente a que se tenía en exceso en las primeras generaciones de híbridos sin representar ninguna ventaja aparente, ya que por ejemplo, para el híbrido RB-4000 no representa ningun problema para la cosecha mecánica el ser de menor excersión.

Respecto al carácter área foliar se observa una disminución hasta llegar a los sorgos de la serie tres mil, que tienen los valores más bajos y que cuentan con características propias para condiciones de temporal. En tanto que en el híbrido RB-4000 específico para condiciones de riego y con características de doble propósito (utilización del grano y forraje) se encuentra duplicada. También este mismo híbrido presentó el valor más alto para longitud de panícula.

Cuadro 4. Características agronómicas de híbridos liberados para el norte de Tamaulipas.

Híbridos	Días flor.	Altura planta cm	Longitud Excersión cm	Longitud Panícula cm	No. hojas	Area hoja bandera cm^2
INIA Zacapil	72	108	23.6	23.7	7.9	116
INIA Tejon	70	106	20.0	24.0	8.4	121
INIA Maratín	74	150	29.5	33.2	8.9	154
INIA Malinche	76	165	28.9	35.5	9.4	120
PROMEDIO	73	132	26 2	9.1	8.7	128
INIA RB-2000	74	132	24.7	25.4	8.1	92
INIA RB-2010	77	134	19.3	33.3	10.0	125
INIA RB-2020	76	137	16.4	28.8	9.4	126
PROMEDIO	76	134	20.1	29.2	9.2	114
INIA RB-3030	77	135	20.6	25.2	9.3	81
INIA RB-3006	76	132	14.5	28.3	8.6	83
PROMEDIO	76.5	134	17.6	28.8	9.0	82
RB-4000	84	141	4.8	42.1	10.2	226
RB-4000 Canela	84	138	7.1	36.6	10.0	166
PROMEDIO	84	140	6.0	39.4	10.1	196

Nota: Información no publicada obtenida del lote demostrativo del CERIB (1993) con los promedios de 10 plantas por variedad. Por el MC. Moé Montes García (Investigador del Programa de Cultivos Industriales-Sorgo y que trabaja actualmente en proyectos relacionados con agronomía).

Sistemas de Producción

Variedades

Dentro de la colección de libros de campo pertenecientes al Programa de Sorgo del Campo Experimental Río Bravo, se encuentra que, en el año de

1957 se hicieron las primeras evaluaciones de variedades de sorgo en la entonces llamada Estación Experimental de Río Bravo. En éstas se incluyeron algunas variedades tales como Hegari, Caprock, Cambine Hegari, Cambine Shallu y Martin,así como algunos híbridos de Dekalb y RS de Texas.

Desde entonces año con año se hacen evaluaciones con las mejores variedades que se encuentran en el mercado. A partir del año de 1962 estas pruebas que se realizaban en las principales áreas agrícolas del país, por decreto, toman el nombre de evaluaciones para el Comité Calificador de Variedades y Plantas (CCVP) y se constituye desde entonces en el organismo encargado de recomendar las mejores variedades por regiones y cultivos agrícolas a nivel nacional. En el año de 1987 se creó el Comité Técnico Estatal de Semillas (COTESE), correspondiendo al Campo Experimental Río Bravo la evaluación de las variedades de maíz y sorgo de las diferentes compañías semilleras interesadas en probar sus materiales. Como resultado de estas evaluaciones fueron seleccionados un pequeño grupo de híbridos comerciales para rendimiento de grano y tolerancia a las enfermedades de pudrición carbonosa del tallo y carbón de la panoja. Un híbrido sobresaliente fue el Pioneer 8358, de tal forma que, para 1993 y 1994 fue el híbrido más vendido, con un mejor precio en el norte de Tamaulipas. Estas evaluaciones se hicieron a la par con las del CCVP con el objeto de tratar de encontrar un mecánismo más ágil para la aprobación de las variedades por parte del CCVP.

En 1966 Ortiz, Medina y Alarcón reportaron recomendaciones en sorgo para la región norte de Tamaulipas sobre variedades, fechas de siembra, método de siembra, densidad de siembra, cultivos, riegos, fertilización, combate de plagas y cosecha.

Fecha de Siembra

Con información obtenida durante los años de 1974, 1975, 1976 y 1978, sembrando diferentes híbridos de sorgo de ciclos vegetativos precoces, intermedios y tardíos en fechas de siembra realizadas cada 15 días, en 1981 se hizo un ajuste a la fecha de siembra recomendada del 1 de febrero al 8 de marzo en lugar del 1 de febrero al 15 de marzo como se recomendaba anteriormente (Herrera y Betancourt, 1981).

Densidad de Población

En 1989 se determinó que la mejor densidad de población para condiciones de temporal es aquella comprendida entre 125 a 150 mil plantas por hectárea a la cosecha, con las siguientes ventajas sobre poblaciones más altas que se recomendaban anteriormente: reducción del 30 al 50% en la semilla utilizada, eficacia en la utilización de nutrientes, efectos compensatorios, evasión de enfermedades y rendimientos similares a densidades superiores (Montes, 1989). En 1994 se afina la recomendación de acuerdo a las diferentes áreas agroclimáticas en que se ha dividido la región norte de Tamaulipas (100 a 200 mil plantas/ha), (Montes y Rodríguez, 1994).

Se observa que en los años 90's se adopta rápidamente esta tecnología, ya que la mayor parte de los agricultores siembran a densidades bajas, sin embargo no se tienen datos para evaluar esto.

Preparación del Suelo

Magallanes, Méndez y García (1993) recomiendan la utilización del método de labranza cincel de azadas para la conservación de humedad en el área de temporal, en lugar del sistema de rastra utilizado por la mayor parte de los productores. Entre sus ventajas se encuentran las siguientes: Incrementa la captación y conservación de la humedad en el suelo, minimiza la pérdida de suelo mediante los residuos de cosecha superficiales, manteniendo además la superficie corrugada, reduce la compactación del suelo ocasionada por el excesivo paso de maquinaria, incrementa la penetración radical del cultivo, permite obtener una producción similar a la realizada mediante labranza profunda (arado, subsuelo) y mayor producción que la realizada a base de rastra.

Fitopatología

El carbón de la panoja *Sporisorium reilianum* se ha presentado en la región desde principios de los años 60's (Ortiz, Medina y Alarcón, 1966). Al evaluarse las líneas diferenciales para detectar las diferentes razas que se encuentran en la región en 1979 se identificó la raza 1; en 1980 aparece la raza 3; en 1981 aparecen las razas 1, 2 y 3, y en 1982 aparece la raza 4. Es considerada una enfermedad potencialmente peligrosa y

destructiva dado que afecta la parte reproductiva de la planta (Aguirre *et al.*, 1993).

A mediados de los 70's empezó a ser problema comercialmente la enfermedad de mildiú velloso, al resultar susceptibles la mayoría de los híbridos recomendados en aquel entonces. Posteriormente, poco antes de los 80's empezó a declinar rápidamente su incidencia, debido a la utilización de híbridos resistentes a la enfermedad, producto principalmente de la utilización másiva de híbridos de un progenitor masculino común resistente (Tx-430) liberado por la Universidad de Texas A & M (EUA).

En el año de 1976 se empezaron a seleccionar tanto líneas como híbridos para la enfermedad del carbón de la panoja, probándose en forma sistemática líneas introducidas así como material genético formado en el Campo Experimental Río Bravo. En 1978 se contrató un fitopatólogo que trabajaría de tiempo completo en sorgo y en cooperación con los investigadores de mejoramiento genético.

Por otra parte, en respuesta a los serios daños causados por la pudrición carbonosa del tallo *Macrophomina phaseolina* en el cultivo de sorgo a nivel comercial en 1987, durante el siguiente año se estableció un vivero específicamente para dicha enfermedad, utilizando en la localidad de "El Tapón" el método de inoculación artificial de el palillo de dientes, sin embargo debido a que no representó ninguna ventaja este método en relación al de selección en condiciones de infestación natural, a partir de 1990 se utilizó únicamente este último sistema (Williams *et al.*, 1994).

De los genotipos evaluados ha sobresalido especialmente la línea LRB-63 derivada en Río Bravo, Tam. de la cruza entre las líneas SC-103 x Tx-2536, la cual en siete años de evaluación ha presentado 0% de incidencia al carbón de la panoja (Williams *et al.*, 1990). Sin embargo al cobrar importancia la enfermedad de pudrición carbonosa del tallo esta línea resultó susceptible. Por otra parte se han seleccionado alrededor de 100 pares de líneas A y B, y 54 líneas R que han resultado tolerantes a estas dos enfermedades (Williams *et al.*, 1994).

Los resultados sobre híbridos de sorgo liberados por el CERIB con tolerancia a varias enfermedades y de amplia adaptación es producto del trabajo en equipo entre los investigadores de mejoramiento genético y el fitopatólogo.

Tecnología de Semillas

Revisando la colección de libros de campo del programa de sorgo del Campo Experimental Río Bravo que datan del año de 1957, se encuentra que en 1973 se efectuó por primera vez un ensayo de líneas progenitoras originarias del Bajío en seis fechas de siembra. En esa ocasión se probaron 135 líneas A y R que intervenían en la formación de los sorgos híbridos experimentales del INIA, con el objetivo principal de obtener información de la producción comercial correcta de estos híbridos (Betancourt y Valdivia, 1973). Estos estudios se continuaron durante los años siguientes con menor número de líneas progenitoras y con los mismos objetivos.

Cuando se hicieron las primeras liberaciones de híbridos del Bajío para esta región en 1975, no se conocía muy bien la tecnología de producción para los mismos, siendo éste uno de los factores principales por el cual no fueron producidos comercialmente por PRONASE. Las liberaciones efectuadas posteriormente en 1978, 1980 y 1989 no tuvieron ningún problema.

En esta área de trabajo la poca investigación que se ha efectuado, la han realizado los investigadores en mejoramiento genético, ya que no han existido investigadores en tecnología de semillas, excepto en 1988 cuando se contrató uno, cuya estancia fue muy breve debido a cambio de trabajo.

Sin embargo, existen ciertos factores que influyen en la problemática de la producción de semilla de sorgo en la región norte de Tamaulipas, en donde se produjeron 28 mil toneladas de semilla certificada para siembra en una superficie de 21 mil hectáreas (SNICS, 1985). Estos factores son: Presencia de "blasting" o esterilidad genética ambiental en las líneas A (hembras); diseminación de maleza de zacate Johnson, correhuela y caña brava; mal manejo y cuidado de los lotes de producción; dificultades en el aislamiento y falta de coincidencia en floración en las líneas A (hembras) y R (machos). Por otra parte, dentro de los programas de mejoramiento genético se han tomado en cuenta para la selección de progenitores, aspectos de importancia para la producción de semilla híbrida tales como: Líneas A rendidoras, estables y sin problema de "blasting"; líneas R buenas polinizadoras en cantidad y duración, y pocos días de diferencia en floración entre los progenitores (Williams, 1986).

Control de Malezas

Dentro de los factores que limitan la producción de sorgo en la región se encuentran las malas hierbas, las cuales compiten con el cultivo por luz, agua y nutrientes, y dificultan la cosecha mecánica. En este aspecto se han conducido investigaciones a partir de 1968 para determinar la biología, daños y control de las malas hierbas que se asocian al sorgo en el norte de Tamaulipas.

Los daños que las malas hierbas ocasionan al sorgo dependen principalmente de las especies presentes, época de aparición y condición de humedad. Así pues, infestaciones tempranas de polocote *Helianthus annuus* L. en sorgo de temporal, pueden reducir su rendimiento de 40 a 60% (Acosta, 1969), y en caso de presentarse la oreja de ratón o correhuela perenne *Convolvulus arvensis* L. o bien el zacate johnson *Sorghum halepense* (L.) Pers., el rendimiento de sorgo comunmente se reduce en más del 80% (Castro, 1986 y Rosales, 1993).

Por otra parte, cuando la maleza que se asocia al sorgo se presenta en épocas avanzadas de su desarrollo y cuenta con características de hábito trepador, como la correhuela *Ipomoea purpurea* (L.) Roth., o bien de gran altura, como el polocote y el quelite *Amaranthus hybridus* L., los daños que ocasionan son principalmente dificultar y encarecer la trilla, además de causar pérdidas en el valor del grano cosechado al incrementar la humedad e impurezas, se estima que por este problema se pierde alrededor de 15% del rendimiento potencial y además se reduce el valor del grano cosechado (Castro, 1986).

El control de maleza en sorgo se inicia con la preparación del suelo para la cama de siembra, ya que se evitan que las malas hierbas "asemillen" y se reduce la cantidad de semillas en el suelo. Una vez establecido el cultivo el paso de escardas complementa el control de maleza a la vez que sella grietas en el suelo, para evitar pérdidas de humedad. En caso de que el control mecánico no elimine por completo a la maleza, se sugiere integrarlo al uso de herbicidas o control químico. Se han determinado los herbicidas, dosis óptima económica y mejor época de aplicación en sorgo para el control de diferentes especies de maleza para riego y temporal (Castro, 1986 y Rosales, 1993).

Climatología

Para clima se tienen identificadas cuatro zonas homoclimáticas (Villarreal, 1990), las que difieren en las posibilidades de producir sorgo con éxito.

Area de suficiencia con riesgo mínimo.- Cubre la zona aledaña a la costa, sobre los municipios de Matamoros y San Fernando. Aquí la cantidad de lluvia durante las etapas de carga, recarga del perfil y durante el ciclo vegetativo es suficiente para el sostenimiento del sorgo con un riesgo mínimo.

Area de suficiencia con riesgo bajo.- Está colindando con la anterior por la parte oeste y al norte está delimitada por la costa de los 200 msnm. En esta área la cantidad de lluvia presente en algunos años es insuficiente para el cultivo de sorgo.

Area de deficiencia con riesgo bajo.- Tomando como vértice la sierra de Pamoranes se forma un cono que tiene como límites en su porción oriental el poblado de "El Control" y recorre el sur del municipio de Reynosa y noroeste del municipio de San Fernando. Existe una alta siniestralidad, debido a que la captura de agua durante la época de carga es mínima.

Area de deficiencia con riesgo alto.- Se presenta a lo largo de la zona ribereña; aquí la precipitación promedio anual es por abajo de los 450 mm, presentándose escasez de la misma en el período de crecimiento del cultivo durante el ciclo OI.

Entomología

La mosquita del sorgo *Contarinia sorghicola* es un insecto que se piensa tenga sus orígenes en Africa, en donde se ha extendido a casi todas las áreas sorgueras del mundo. Sus hospederos principales son todas las plantas del género *Sorghum*. Es la plaga más importante en la región norte de Tamaulipas y las pérdidas ocasionadas en el cultivo de sorgo pueden ascender a varios millones de pesos. Durante el año de 1979 dentro de los lotes de fechas de siembra en el CERIB, se procedió a hacer un muestreo diario de número de insectos de la mosquita de sorgo durante 27 semanas a partir del mes de junio. Encontrándose que sólamente durante 6 semanas

el promedio de adultos estuvo abajo del umbral económico Las poblaciones más altas se detectaron en el mes de junio y las más bajas se presentaron en las primeras semanas de noviembre (Vargas, 1979)

PERSONAL INVESTIGADOR EN 20 AÑOS

Durante el año de 1973 la investigación en sorgo recibió un fuerte impulso al contratarse dos investigadores (un Maestro en Ciencias (MC) y un pasante de licenciatura) exclusivos para trabajar en este cultivo en Mejoramiento Genético y a uno más para el Control de Malezas (licenciatura) para los cultivos de maíz y sorgo Esto coincide con el inicio de los trabajos en Mejoramiento Genético de sorgo en este Campo Experimental.

En el período 1977-1979 hubo un incremento considerable en el personal investigador que laboró en el INIA, lo cual vino a fortalecer el equipo de trabajo de la siguiente manera: dos licenciados en Sistemas de Producción; dos en Agronomía (evaluación de variedades); uno en Mejoramiento Genético y uno en Fitopatología; un MC en Entomología y un doctor en Fisiología Al mismo tiempo se realizó la separación de la investigación en los cultivos de maíz y sorgo. En la década de los 80's se contrataron un licenciado y un MC más en Mejoramiento Genético, además un licenciado en Fisiología y Agronomía y tres licenciados en Sistemas de Producción (Cuadro 5).

Esta región durante muchos años ha sido una de las áreas más importantes en la producción de semilla de sorgo en México; sin embargo, se le ha dado poca importancia a la investigación en tecnología de semillas, ya que sólamente durante 1988 estuvo un investigador. Además esta disciplina deberá de trabajar conjuntamente con mejoramiento genético, en la obtención de híbridos o variedades de sorgo para minímizar los problemas en la producción de semilla.

Por otra parte, aunque el cultivo del sorgo en el norte de Tamaulipas es el más importante y se ha comportado de manera estable. se ha visto poco afectado por la reducción de los precios del grano al competir con el precio del importado. La política del INIFAP a principios de la década de los 90's ha sido tanto a nivel nacional como para el estado de Tamaulipas,

Cuadro 5 Personal que ha trabajado en el cultivo de sorgo en el CERIB durante el período 1973-1993.

Grado	Nombre	Area de trabajo	Período
Dr.	Jorge E. Rosas G.[3]	Entomología	68-79
Dr.	José Ma. Villarreal G.[3]	Fisio. y Agroclim.	70-93
Dr.	Roberto Valdivia B.[6]	Mejoramiento genético	73-74
Dr.	Alberto Betancourt V.[3]	Mejoramiento genético	73-76
MC.	Eduardo Castro M.[6]	Control de malezas	73-87
MC.	Rafael Valdez O.[3]	Fertilidad	74-86
MC.	Héctor Williams A.[1]	Mejoramiento genético	76-94
MC.	Enrique Rosales R.[2]	Control de malezas	77-94
MC.	Jaime R. Salinas G.[4][7]	Sistemas de producción	77-92
Ing.	José R. Macías Q.[3]	Agronomía	78-83
Ing.	Aristeo Herrera Y.[3]	Agronomía	78-83
Ing.	Gilberto López A.[5][7]	Sistemas de producción	78-91
Ing.	José L. Esparza M.[3]	Mejoramiento genético	78-83
MC.	Julio I. Aguirre R.[1]	Fitopatología	78-94
Dr.	Jesús Vargas C.[2]	Entomología	79-92
Ing.	Ricardo Sánchez C.[5][7]	Sistemas de producción	80-91
MC.	Heriberto Torres M.[4]	Mejoramiento genético	84-94
MC.	Noé Montes G.[1]	Fisiología y agronomía	84-94
MC.	Agustín Magallanes E.[2]	Sistemas de producción	87-92
MC.	Enrique Adame B.[2]	Sistemas de producción	88-92
MC.	Enrique Medina[3]	Tecnología de semillas	88
MC.	Raúl Rodríguez H.[4]	Mejoramiento genético	89-94
MC.	Mario M. Silva S.[2]	Sistemas de producción	90-92

El grado académico es el que tienen actualmente.

[1] Personal que aún labora en el CERIB en sorgo.
[2] Personal que aún labora en el CERIB en otros cultivos.
[3] Personal que se salió de trabajar de la institución.
[4] Personal que se encuentra estudiando el doctorado.
[5] Personal que se encuentra estudiando la maestría.
[6] Personal que labora en otro Campo Experimental del INIFAP.
[7] Personal que después de terminar sus estudios no se incorporará a trabajar en sorgo.

la de reducir el apoyo a la investigación en este cultivo Esto se ha visto reflejado en una disminución en el personal investigador que la-bora en sorgo, al cambiarse investigadores a otros cultivos

De tal forma que para el año 1994 se contaba con el siguiente personal investigador de tiempo completo en el cultivo de sorgo: tres MC en Mejoramiento Genético (dos estudiando el doctorado); un MC en Agronomía (se irá a estudiar el doctorado en agosto de 1996) y un MC en Fitopatología. No se cuenta por el momento con investigadores de tiempo parcial.

Si bien como se observa en un principio el nivel académico del personal que realizaba investigación en sorgo era generalmente de nivel de licenciatura (con muy escasos MC), esto se ha ido superando gradualmente. El contar con un equipo de trabajo con un alto porcentaje de integrantes a nivel de doctorado es lo deseable, ya que es la única forma en que se puede obtener la investigación de alta calidad que requiere el país. Sin embargo, el contar con un alto grado académico no lo es todo, sino que requiere llevar también consigo la mística de trabajo y la capacidad de integrarse en grupos de trabajo, aspectos que son fundamentales para lograr un óptimo avance en los objetivos que se han planteado.

Dada la rusticidad del cultivo, su tolerancia a sequía, a altas temperaturas y adaptación a todo tipo de suelos, su futuro se presenta principalmente en las áreas de temporal y debido a la importancia de la ganadería en el país, como un cultivo de doble propósito (aprovechamiento del grano y forraje). En el área de sistemas de producción aunque aparentemente según el número de investigadores se ha trabajado bastante, éstos han enfocado sus investigaciones hacia el cultivo del maíz y sobre todo para condiciones de riego. Se considera que el área de temporal en cuanto a investigación es altamente redituable; sin embargo, falta mucho por hacer en cuanto a fertilización, métodos de siembra y captura de agua de lluvia.

En mejoramiento genético, la constante búsqueda de nuevas y mejores variedades debe continuar en conjunción con los especialistas de Fitopatología, Entomología y Fisiología considerando no sólo el potencial de rendimiento sino su plasticidad bajo condiciones adversas, valor nutritivo de grano y forraje, características de la planta, tolerancia a diferentes tipos de estrés, tolerancia a enfermedades y plagas, etc.

Si consideramos que en este campo está ubicado un centro de Mejoramiento Genético de sorgo para el norte de México y que los híbridos liberados aquí han tenido adaptación en otras áreas sorgueras del país y que además, la tecnología obtenida se puede utilizar en otras regiones, es necesario contar con todo un equipo de investigadores en las disciplinas de Tecnología de Semillas, Agronomía, Fisiología, Entomología, Fitopatología, Agroclimatología, Economía y Control de Malezas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Necesidades de investigadores en Sorgo para el norte de Tamaulipas. INIFAP-CIRNE-CERIB. 1994.

Disciplina	Actual	Necesidades adicionales
Mejoramiento genético[1]	3	0
Tecnología de semillas	0	1
Agronomía	1	1
Fisiología	0	1
Fitopatología	1	0
Entomología	0	1
Economía	0	½
Control de malezas	0	½
Agroclimatología	0	½

[1] Dos están realizando sus estudios de doctorado.

PRODUCCION DE SEMILLA DE SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

En la planta de la PRONASE de Río Bravo se encuentra un acta (con fecha 31 de marzo de 1960) de cesión de terreno propiedad de la estación agrícola Experimental de Río Bravo, a la Comisión Nacional del Maíz para la construcción de esta planta de procesamiento.

A principios de los 70's dicha planta empezó a producir los híbridos liberados por INIFAP. Uno de los primeros híbridos que se produjeron para

comercializar en la región de "El Bajío" fue el INIA-Purépecha, del cual se llegaron a obtener volúmenes importantes de semilla hasta mediados de la década de los 80's, cuando dejó de producirse debido a que frecuentemente se presentaban bajos rendimientos en la hembra por problemas de "blasting".

Además, gradualmente se empezaron a producir nuevos híbridos liberados por el INIFAP, los cuales no presentaban problemas en la producción de semilla (INIA RB-2000,INIA RB-2020,INIA RB-3030, INIA RB-3006, BJ-83 y RB-4000). Actualmente PRONASE comercializa los híbridos INIA RB-3030, INIA RB-3006, BJ-83 y RB-4000. Pero los tres primeros han presentado cierta susceptibilidad a la pudrición carbonosa del tallo en las áreas de temporal y el último sólo se recomienda para condiciones de riego. Estos híbridos se comercializan también principalmente en las áreas agrícolas de Apatzingán, Mich., Zacatepec, Mor. y Las Huastecas

Actualmente se comercializan en la región norte de Tamaulipas, semillas de sorgo principalmente de las compañías Pioneer, Asgrow, WAC y Dekalb. Los híbridos liberados por el INIFAP y producidos por PRONASE compiten bien con el de compañías particulares. Sin embargo PRONASE no ha tenido el impacto esperado en la comercialización de estos materiales por algunas de las siguientes razones: Falta de una política agresiva de penetración en el mercado por medio de publicidad; falta de una política estable de producción de acuerdo a las necesidades del mercado, por ejemplo, en 1990 no se produjo semilla de sorgo y como consecuencia se perdió mucho mercado que fue acaparado rápidamente por otras compañías; El material genético va perdiendo paulatinamente pureza genética, al experimentar continuas multiplicaciones de semilla, sin que se solicite a INIFAP semilla original de una pureza adecuada, lo cual va repercutiendo en la calidad final de la semilla de los híbridos; la planta de Río Bravo no cuenta con infraestructura de almacenamiento de la semilla con control de temperatura y humedad, tal como lo tienen otras plantas productoras de semilla. Esto causa ineficiencia y pérdida de material por baja en germinación y vigor; por último, ocasionalmente falta honestidad y profesionalismo al producir y vender semilla de mala calidad.

COMENTARIOS FINALES

Tamaulipas es el principal productor de sorgo en el país. En el norte se encuentra el Campo Experimental Río Bravo, donde se ubica un centro de Mejoramiento Genético que ha trabajado desde el año de 1973 para toda el área del norte de México.

En este documento se describen los principales resultados, observaciones y enfoques de 20 años de investigación en sorgo del Campo Experimental Río Bravo. Los resultados mas importantes son los siguientes: en mejoramiento genético se han liberado seis híbridos de sorgo, de los cuales tres de ellos son producidos actualmente por PRONASE para su comercialización en varias partes de la república. Sin embargo, estos no han tenido el impacto esperado de acuerdo a su potencial genético debido a deficiencias en la comercialización, producción y conservación de la semilla. También se han realizado algunas investigaciones sobre sorgos aptos para consumo humano, el carácter planta canela en sorgo, utilización del sistema de androesterilidad génico-citoplásmico A_2 y la esterilización de una línea restauradora de sorgo; se han determinado las mejores prácticas agronómicas para el cultivo de sorgo en la región, además de presentarse avances de investigación en las áreas de Tecnología de Semillas, Fitopatología, Entomología y Control de Malezas.

La investigación en sorgo en este período ha sido afectada por diversos factores, siendo los mas importantes los siguientes: durante las décadas de los 70's y 80's se impulsó fuertemente la investigación agrícola en general por parte del Gobierno Federal, reflejándose esto en un incremento de los recursos destinados a la investigación en sorgo, tanto a nivel nacional como para el estado de Tamaulipas. En cambio a principios de los 90's se presenta una disminución de los recursos destinados a investigación y una fuerte política restrictiva por parte del INIFAP hacia la investigación en este cultivo. Esto coincide con una acelerada apertura comercial, la consecuente liberación del precio del sorgo a nivel internacional y la firma del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLC). De esta forma bajo la tesis de que el sorgo no es importante, se produce a nivel nacional una desbandada de investigadores hacia otros cultivos, mientras que en Tamaulipas, si bien se resintieron los efectos al disminuirse el número de investigadores y recursos para sorgo en un porcentaje aproximado del 40%, esto fue menos drástico que en el resto del país.

Es indudable que los frecuentes cambios políticos y de estructura ocurridos dentro del INIFAP (particularmente dentro de los últimos diez años) afectan a la investigación en sí, pero son de difícil medición. Uno de los factores que más debieran de afectar es la desaparición de los coordinadores nacionales de cultivos, ya que éstos eran los encargados de integrar la investigación por cultivo en todo el país, y sin éstos, tal integración no ha sido posible. Es de esperarse que las actividades de investigación deberían ser óptimas bajo un clima de confianza y estabilidad estructural en la institución.

En el análisis realizado de la investigación en sorgo en el Campo Experimental Río Bravo, destaca el hecho de que dada la importancia que representa este cultivo para el estado y a que los híbridos liberados se han adaptado bien a las principales áreas sorgueras del país, es importante el de continuar con estos trabajos. Sin embargo, se ha descuidado investigar al cultivo en forma integral, de tal manera, se hace necesario reforzar áreas como Tecnología de Semillas, Entomología y Fisiología. También es importante contar con un equipo de investigadores con un alto porcentaje a nivel de doctorado y que sepan integrarse en grupos interdisciplinarios.

BIBLIOGRAFIA

Acosta N., S. 1969. Determinación del período crítico de competencia por malas hierbas en sorgo. Informe de Labores. Campo Experimental Río Bravo, INIA.

Aguirre R., J., H. Torres M., H. Williams A. y M.A. García G. 1993. Physiological races of sorghum headsmut in the north of Tamaulipas, Mexico. Grain sorghum the crop of the future. 18th Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference. Febrero 28 - Marzo 2. Lubbock, Tx. EUA. 149 pp.

Betancourt V., A. 1975. Resumen de los trabajos de maíz y sorgo del CIAT. *En*: II Reunión Nacional de Investigadores de maíz y sorgo. INIA. 26-27 de julio. Cotaxtla, Ver.

_____ y A. R. Valdivia V. 1973. Informe anual de maíz y sorgo del Campo Experimental de Río Bravo. SAG-INIA-CIAT. 127 pp.

Castro M., E. 1986. La maleza en sorgo. Manual Fitosanitario Regional. Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal. SARH Tamaulipas Norte. pp. 41-43.

Cerecero G., J. 1985. Producción de semillas básicas y registradas. Documento interno PRONASE. 44 pp.

Dewalt, B. y D. Barkin. 1984. La crisis alimentaria mexicana e investigaciones en sorgo. *En*: Primera Reunión Nacional Sobre Sorgo. Potencial y Uso del Sorgo Granífero en México, Memorias, 22-26 de octubre. FAUANL. Marín, N.L. pp. 98-122.

Estrada G., A. 1977. Consideraciones generales para definir los centros de mejoramiento genético de sorgo para grano, dependientes del Departamento de Maíz y Sorgo. *En*: III Reunión Departamental de Maíz y Sorgo. INIA 25-27 de julio. Puebla, Pue.

FAO. 1990. Estadísticas de producción de 1961-1988. Información en diskette. ICRISAT-CIMMYT. El Batán, México.

FIRA. 1970. Resumen del programa de desarrollo agropecuario para la región de Matamoros, Tamaulipas. Ed. FIRA. pp. 6-8.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2a. Ed. UNAM. 246 pp.

Herrera Y., A. y A. Betancourt V. 1981. Fecha óptima de siembra en sorgo. Folleto técnico No. 1. SARH-INIA-CIAGON. Río Bravo, Tam. 15 pp.

INIA. 1976a. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del Campo Experimental Río Bravo. CIAT-INIA. 7 pp.

_____. 1976b. Mejoramiento fitotécnico del sorgo y su cultivo en las zonas templadas y cálido-húmedas del país. *En*: INIA. XV años de investigación agrícola. SAG-INIA. pp. 269-289.

_____. 1977. Mejoramiento genético del sorgo y su cultivo en las regiones cálidas-secas del país. *En*: III Reunión Departamental de Maíz y Sorgo. INIA. 25-27 de julio. Puebla, Pue.

_____. 1981. Logros y aportaciones de la Investigación Agrícola en el estado de Jalisco. Veinte años del INIA. Celaya, Gto. pp. 32-36.

Magallanes A., E., A. Mendez R. y M.A. García, G. 1993. Cincel de azadas. Alternativas para la captación de humedad en el área de temporal del norte de Tamaulipas. Desplegable para productores No. 18. SARH-INIA-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo.

Montes G., N. 1989. Densidad de población para el sorgo de temporal. *En*: Demostración de sorgo de temporal. Memoria. SARH-INIFAP-CIFAP-TAM. Campo Experimental Río Bravo. pp. 4-7.

_____ y R. Rodríguez H. 1994. Densidad de población para la producción de sorgo en temporal. Desplegable para productores No. 19. SARH-INIFAP- CIRNE. Río Bravo, Tam.

Morales P., A., F. Leal de la L., H. Villarreal M., J.A. González de L. y J. Valero G. 1980. Marco de referencia del área de influencia del CAERIB. SARH-INIA-CIAGON-CAERIB. 319 pp.

Ortiz C., J., J. Medina A. y J.E. Alarcón. 1966. Sorgo para grano en la región de Matamoros, Tam. Recomendaciones para su cultivo. Circular CIAT No. 10. INIA-CIAT-CAERIB. Río Bravo, Tam. pp. 1-2.

Pitner, J.B., N. Sánchez D. y J.L. Puertas F. 1950. Sorgo para grano. Folleto de divulgación No. 11. OEE. SAG. México 24 pp.

Reyes C., P. 1985. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas. 4a. Ed. México pp. 12-13.

Rodríguez H., R., H. Williams A., H. Torres M. y N. Montes G. 1994. Introducción de androesterilidad a una línea restauradora de sorgo. III. Segregación de generaciones avanzadas. Memoria XV Congreso Nacional de Fitogenética. 25-30 de sept. FAUANL. Marín, N.L. 497 pp.

Rodríguez V., J. 1984. El futuro del sorgo en México. En primera Reunión Nacional sobre Sorgo. Potencial y uso del sorgo granífero en México. Memoria, 22-26 de octubre. FAUANL. Marín, N.L. pp. 46-63.

Romo C., E. y A. Carballo C. 1980. Características de tres variedades de sorgo para los valles altos. Circular CIAMEC No. 130. SAR-INIA-CIAMEC. Chapingo, Méx. 10 pp.

Rooney, L.W. and F.R. Miller. 1981 Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. *In*: Proc. International Symposium on Sorghum Grain Quality. ICRISAT, India. pp. 143-162.

Rosales R., E. 1993. Control químico de la correhuela perenne *Convolvulus arvensis* L. en terrenos sin cultivo. Agricultura Técnica en México 39:115-120.

Rosenow, D.T. 1984. Breeding for resistance to root and stalk rots in Texas. *In*: Sorghum and Stalk Rots, a Critical Review. Proceedings of the Consultative Group Discussion on Research Needs and Strategies for Control of Sorghum Root and Stalk Rot Diseases. 27 de noviembre a 2 de diciembre. Bellagio Italy. ICRISAT. pp. 209-218.

Salcedo B., S. 1991. Competitividad y ventajas comparativas del sorgo en México. Asociación Agrícola de Matamoros, Tamaulipas. México 95 pp.

SARH. 1984. Banco de Información. Datos estadísticos de la región agrícola norte de Tamaulipas. 1955-1983.SARH. Dirección General de Economía Agrícola. Comité Mixto de Promoción Económica de Matamoros. 155 pp.

_____. 1993. Estadísticas de producción de cultivos en el norte de Tamaulipas de 1980-1993. Delegación zona Norte.

Shertz, K.F. 1977. Registration of A2Tx2753 and B2Tx2753 Sorghum germoplasm, Crop Sci. 17:988.

SNICS. 1985. Estadísticas de producción de semilla certificada de cultivos en el norte de Tamaulipas. Oficina Matamaros, Tam.

Sobrino A., L. 1985. Situación de la producción de semilla en México. (Evolución Histórica, Problemas y Perspectivas: sector publico). *En*: Memoria de la Reunión Nacional sobre Producción de Semillas. 23 al 25 de sept. Chapingo Edo. de México. pp. 26-33.

Talavera, F. y O. Guerra E. 1962. Agricultura y Ganadería en la región de Matamoros, Tam. Sociedad Agronómica Mexicana. Sección norte de Tamaulipas. 153 pp.

Tijerina M., A. 1984. Programa Nacional de Producción de Semilla de Sorgo PRONASE. *En*: Primera Reunión Nacional sobre Sorgo. Potencial y uso del sorgo granífero en México. Memoria. 22-26 de octubre. FAUANL. Marín, N.L. pp. 73-85.

Torres M., J. H. 1986. Estimación de parámetros de estabilidad de 49 híbridos de sorgo experimentales y comerciales en tres características de la planta en el norte de México y Bajío. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México p. 17.

Vargas C., J. 1979. Dinámica de población de la mosquita del sorgo. Sorgo-Entomología. Resultados de Investigación. Ciclo O-I 1979. pp. 5-8.

Vega Z., G. 1984. Programa Nacional de Investigación en Sorgo. *En*: Primera Reunión Nacional sobre Sorgo. Potencial y uso del sorgo granífero en México. Memoria. 22-26 octubre. FAUANL. Marín, N.L. pp. 65-72.

Villarreal G., J.M. 1990. Regionalización agroclimática del norte de Tamaulipas. Primer simposio regional de avances y perspectivas de la investigación de recursos abióticos del noreste de México. Abril 2-4. Cd. Victoria, Tam., México. p. 14.

Williams A., H. 1981. Dos nuevos sorgos híbridos de grano para el norte de Tamaulipas INIA RB-3030 e INIA RB-3006. Folleto técnico No. 2. SARH-INIA. Río Bravo,Tam. 11 pp.

_____. 1988. RB-4000 híbrido de sorgo para áreas de riego. Folleto técnico No. 8. SARH-INIA. Río Bravo, Tam. 12 pp.

_____ y A. Betancourt V. 1979. Mejoramiento del sorgo para grano en la región norte de Tamaulipas mediante híbridos provenientes del cruzamiento de líneas A y R mexicanas (INIA) por introducidas, E.U.A. *En*: X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas. 22 al 28 de abril. Acapulco, Gro. Méx. p. 72.

_____. 1982. Evaluación de la efectividad de varias formas de esterilización y cruzamientos de panojas de sorgo, mediante la utilización de bolsas de polietileno. IX Congreso Nacional de Fitogenética. Programas y resúmenes. Buenavista, Saltillo, Coah. 3-7 agosto.

_____, J.I. Aguirre R., R. Rodríguez H. y N. Montes G. 1990. LRB-63 nueva línea experimental de sorgo resistente al carbón de la panoja *Sporisorium reilianum*. *En*: XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Resúmenes. 3-7 sept. Cd. Juárez, Chih. p. 315.

_____, R. Rodríguez H. y J.I. Aguirre R. 1993. Resultados de 20 años de investigación en mejoramiento genético del sorgo en Río Bravo. Día del Agricultor Demostración de Cultivos. Publicación especial No. 20. CERIB-CIRNE-INIFAP. pp. 13-16.

_____. 1986. Problemática e investigaciones sobre la producción de semilla de sorgo en el norte de Tamaulipas. II Reunión Nacional sobre Sorgo. Memoria. 14-16 octubre. Culiacán, Sin. México. pp. 496-506.

_____, R. Rodríguez H. y H. Torres M. 1992. Esterilización génico-citoplásmica de una línea restauradora de sorgo. I. Segregación y efecto ambiental en el sistema Milo-Kafir (A_1). III Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Genética. Mazátlan, Sin. pp. 212-213.

_____, J.I. Aguirre R., R. Rodríguez H. y J.H. Torres M. 1994. Selección de sorgos resistentes al carbón de la panoja y pudrición carbonosa del tallo. XV Congreso de Fitogenética. Sept. 25-30. Monterrey, N.L. México p. 494.

Zavala, G.F. 1984. Estudios sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo en México. Folleto de divulgación No. 7 CIA-FAUANL. Marín, N.L. p. 5.

Este libro se terminó de imprimir el mes de septiembre de 1995
con un tiraje de 1000 ejemplares y sobrantes para reposición
en el Departamento de Imprenta de la Facultad de Agronomía
de la Universidad Autónoma de Nuevo León