

ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD EN CRUZA DE  
MACHOS APOMICTICOS DE ZACATE BUFFEL  
(*Cenchrus ciliaris*), CON EL CLON SEXUAL  
TAM-CRD B-1s.

MARIO ALBERTO BRIONES RODRIGUEZ

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



T E S I S

B I B L I O T E C A

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1995

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
FITOMEJORAMIENTO

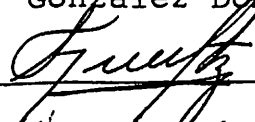
COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:



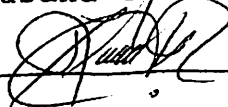
Dr. Jorge R. González Domínguez

Asesor:



M.C. Susana Gómez Martínez

Asesor:



M.C. Francisca Ramírez Godina

---

Dr. Jesús Fuentes Rodríguez

Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo Coahuila, México

Diciembre de 1995.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge Raúl González Domínguez, que fungió como asesor principal en la presente investigación; así como también por su valiosa amistad y su desinteresada colaboración, mil gracias.

A la Ing. M.C. Susana Gómez Martínez, por sus valiosos consejos y colaboración que hicieron posible realizar este trabajo, sinceramente gracias.

A la Bióloga M.C. Francisca Ramírez Godina, por su gran apoyo en el trabajo de laboratorio y sus sugerencias a la presente investigación.

A la TLQ Sra. Norma Leticia Portos, por su colaboración en el laboratorio.

A los señores Salvador Salas y Salvador Ruíz, por su apoyo en el trabajo de invernadero y campo, así como también por su colaboración en los cruzamientos.

A mi Alma Terra Mater para que en un futuro siga formando profesionistas conforme a las necesidades del campesino por hoy y siempre.

## DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR:

Que me dio salud y sabiduría  
para llegar a mi objetivo.

A MIS PADRES:

Sr. Julio Briones Balderas

Y

Emma Rodríguez Alvarez

A MIS HERMANOS:

Antonio, Ana María, Diamantina, Eduardo,  
Socorro, César, Graciela, Aracely y  
Gerardo.

A ti Ana Lucía Lara Casas:

Por tu apoyo y comprensión

A MIS SOBRINOS Y CUÑADOS.

## COMPENDIO

Estudio de la Compatibilidad en Cruza de Machos Apomícticos de Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*), con el Clon Sexual TAM-CRD B-1s.

POR:

MARIO ALBERTO BRIONES RODRIGUEZ

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. DICIEMBRE 1995

DR. JORGE RAUL GONZALEZ DOMINGUEZ-ASESOR-

Palabras Claves: *Cenchrus ciliaris*, Buffel sexual, Apomixis, Compatibilidad en cruza, Hibridación.

Con los objetivos de estudiar la compatibilidad de varios materiales apomícticos de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* como progenitores macho en cruza con un clon sexual y evaluar en el campo los híbridos obtenidos de estos cruzamientos, se realizaron cruzamientos de zacate buffel en invernadero.

El clon sexual TAM-CRD B-1s se utilizó como progenitor hembra en los cruzamientos con tipos apomícticos. Se realizó el estudio de fertilidad per se de machos apomícticos para compararla con su compatibilidad en cruza con el clon sexual.

Los resultados obtenidos para la fertilidad en cruza muestran que las líneas africanas denominadas para lugares altos difícilmente se cruzan con el clon sexual, por lo que constituyen germoplasma poco favorable para un programa de hibridación en zacate buffel.

La variedad Z-115 supera ampliamente la capacidad de las líneas africanas y aun de las otras variedades comerciales utilizadas para cruzarse con el clon sexual. En base al vigor observado de las plantas F<sub>1</sub> y la producción de forraje estimada, los híbridos derivados de la cruza del clon sexual con las líneas africanas y las variedades comerciales carecen del potencial necesario para ser útiles como nuevas variedades, con excepción de la variedad Z-115 que produjo algunos híbridos superiores.

ABSTRACT

Study of cross compatibility of apomictic males of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) with the sexual clon TAM-CRD B-1s.

By

MARIO ALBERTO BRIONES RODRIGUEZ

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO COAH. DECEMBER 1995.

DR. JORGE RAUL GONZALEZ DOMINGUEZ

Key words: *Cenchrus ciliaris*, Sexual buffel, apomixis, cross compatibility, hybridization.

With the objectives of studying the compatibility of various apomictic materials of buffel grass *Cenchrus ciliaris* L. as male parents in crosses with a sexual clon, and to evaluate the hybrids in the field, hybridizations were made in the greenhouse.

The sexual clon TAM-CRD B-1s was used as the female parent when crosses were made with the apomictic types. The study of fertility *per se* of apomictic males was used to compare with their compatibility in cross with the sexual clon.

The results for cross fertility show that the high altitud african strains are difficult to cross with the sexual clon and they are not good germoplasm for a hybridization program in buffel grass.

The variety Z-115 has a better capacity than the african strains and the other comercial varieties tested for crossing with the sexual clon. On the basis of the observed vigor of the F<sub>1</sub> plants and the estimated production of forage, the hybrids do not have the necessary potential to be used as new varieties with exception of the Z-115 variety, that produced some vigorous hybrids.



## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
CENTROS DE ORIGEN .....	5
ORIGEN DEL ZACATE BUFFEL.....	5
DISTRIBUCION GEOGRAFICA.....	6
VARIETADES.....	6
NUMERO CROMOSOMICO.....	12
REPRODUCCION.....	13
APOMIXIS.....	15
HISTORIA DE LA APOMIXIS.....	16
FORMAS DE APOMIXIS.....	17
TIPOS DE APOMIXIS.....	17
EFECTOS DE LA APOMIXIS .....	18
APLICACION DE LA APOMIXIS.....	19
HERENCIA DE LA APOMIXIS.....	20
MEJORAMIENTO DEL ZACATE BUFFEL.....	22
SELECCION DE ECOTIPOS.....	22
USO DE MATERIALES SEXUALES.....	23
AUTOFECUNDACION.....	24
HIBRIDACION.....	24
FERTILIZACION DE HUEVOS NO REDUCIDOS.....	25
MATERIALES Y METODOS.....	27
DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	27
MATERIAL GENETICO UTILIZADO.....	28
TAM-CRD B-1s.....	28
ZARAGOZA-115.....	28
LINEAS DE LUGARES ALTOS.....	29
COMUN.....	29
T-1754.....	29
T-704.....	30
METODOLOGIA.....	30
DETERMINACION DE LA FERTILIDAD Per se.....	30
HIBRIDACIONES.....	31
SIEMBRA EN INVERNADERO.....	32
MULTIPLICACION DEL CLON SEXUAL.....	33
EMASCULACION.....	33
POLINIZACION.....	34
MADURACION Y COSECHA DE SEMILLA.....	35
EVALUACION DE HIBRIDOS.....	36
SIEMBRA EN INVERNADERO.....	36
ESTABLECIMIENTO.....	36
PRODUCCION DE FORRAJE VERDE.....	36
VIABILIDAD DE POLEN.....	37

NUMERO CROMOSOMICO.....	38
RESULTADOS Y DISCUSION.....	43
FERTILIDAD <i>Per se</i> .....	43
COMPATIBILIDAD EN CRUZA.....	45
VIABILIDAD DEL POLEN.....	48
NUMEROS CROMOSOMICOS.....	51
EVALUACION DE HIBRIDOS.....	54
CONCLUSIONES.....	62
RESUMEN.....	64
LITERATURA CITADA.....	67

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		página
3.1	PROGENITORES APOMICTICOS MACHOS UTILIZADOS EN CRUZA CON EL CLON SEXUAL TAM-CRD B-1s UAAAN, 1993.....	32
4.1	PORCIENTO DE FERTILIDAD Per se DE MACHOS APOMICTICOS UTILIZADOS EN CRUZA CON EL CLON SEXUAL TAM-CRD B-1s .....	44
4.2	PORCENTAJES DE FERTILIDAD DEL CLON SEXUAL DE ZACATE BUFFEL TAM-CRD B-1s POLINIZADO CON LOS PROGENITORES MACHO APOMICTICOS DEL GRUPO I. UAAAN, 1991....	46
4.3	PORCENTAJES DE FERTILIDAD DEL CLON SEXUAL DE ZACATE BUFFEL TAM-CRD B-1s POLINIZADO CON LOS PROGENITORES MACHO APOMICTICOS DEL GRUPO II. UAAAN, 1991...	47
4.4	PORCENTAJES DE FERTILIDAD DEL CLON SEXUAL DE ZACATE BUFFEL TAM-CRD B-1s POLINIZADO CON LOS PROGENITORES MACHO APOMICTICOS DEL GRUPO III. UAAAN, 1991..	49
4.5	PORCENTAJES DE VIABILIDAD DE POLEN DE PROGENITORES MACHOS UTILIZADOS EN CRUZA CON EL CLON SEXUAL TAM-CRD B-1s UAAAN. 1993.....	52
4.6	NUMERO CROMOSOMICO DE MACHOS APOMICTICOS UTILIZADOS EN CRUZA CON EL CLON SEXUAL TAM-CRD B-1s.....	60
4.7	RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE EN KG/HA DE PLANTAS F1 OCAMPO, COAH. 1994.....	61

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		página
4.1	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409236 EN PROMETAFASE DE MITOSIS 2N = 4X = 36.....	55
4.2	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409253 EN METAFASE DE MITOSIS 2N = 4X = 36.....	55
4.3	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409189 EN PROFASE II DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	56
4.4	CROMOSOMAS DE LA VARIEDAD NUECES EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	56
4.5	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409244 EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	57
4.6	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409266 EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	57
4.7	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409248 EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	58
4.8	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409400 EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 5X = 45.....	58
4.9	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409205 EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	59
4.10	CROMOSOMAS DE LA LINEA 409211 EN DIACINESIS DE MEIOSIS 2N = 4X = 36.....	59

## INTRODUCCION

El norte de nuestro país constituye una zona ecológica árida y semiárida debido a la precipitación baja y errática que ocurre en la mayoría de los años. En estas regiones el zacate buffel (Cenchrus ciliaris L.), tiene gran importancia como planta forrajera por su tolerancia a la sequía, como lo demuestra el hecho de que actualmente existen en México entre 1.5 y 2.0 millones de ha. ocupadas con zacate buffel con las superficies mas grandes en los Estados de Tamaulipas, Nuevo León, Sonora y Coahuila, principalmente en sitios con alturas menores de 1000 msnm (Ibarra et al., 1991; Saldívar, 1991). Además de su tolerancia a la sequía el zacate buffel presenta otras características favorables como lo son su facilidad de establecimiento, rápida respuesta a la lluvia, rápido crecimiento y buena aceptación por el ganado.

La variedad Común es la mas utilizada en las áreas buffeleras del Sur de Texas y Norte de México, variedad que fue seleccionada en Texas como material sobresaliente en la década de los cuarentas e introducida a México en los cincuentas. Buffel Común presenta una buena producción de forraje y semilla, sin embargo la desventaja principal que tiene esta variedad es su baja tolerancia a heladas ya que

a temperaturas de  $-10$  a  $-12^{\circ}\text{C}$  pueden morir las plantas. Existen materiales rizomatosos que toleran temperaturas más extremas, pero estos materiales no fácilmente están disponibles por su poca capacidad de producción de semilla y alto costo de la misma, lo que ha limitado el uso del zacate buffel en lugares superiores a 1000 msnm.

En nuestro país los programas de mejoramiento genético de especies forrajeras son escasos en comparación con otras especies cultivadas y por otro lado el modo de reproducción apomíctico presente en la especie ha contribuido a que exista una marcada escasez de variedades mejoradas de zacate buffel. El descubrimiento de la reproducción sexual en la especie abrió las puertas a otras posibilidades del mejoramiento como el desarrollo de líneas endocriadas y la hibridación.

La hibridación en zacate buffel se realiza utilizando el clon sexual como hembra y materiales apomícticos como machos. La selección de plantas  $F_1$  sobresalientes y de reproducción apomíctica permitió la obtención de los primeros híbridos creados en Texas. Sin embargo, estos híbridos son rizomatosos y por lo tanto no son buenos productores de semilla. En las montañas de Africa del Sur, se han encontrado materiales sobresalientes que son tolerantes a heladas sin ser rizomatosos ya que esta tolerancia es debida a características genéticas y no

a la presencia de rizomas, son mejores productores de semilla por lo que podrían ser materiales deseables para involucrarlos en programas de cruzas con el clon sexual.

Asimismo, los cruzamientos realizados en esta Universidad han demostrado que la compatibilidad en cruce de machos apomícticos con el clon sexual es variable. El hecho de que exista sexualidad en la especie no implica que cualquier material apomíctico pueda ser cruzado con el clon sexual, ya que existen barreras genéticas que impiden que algunos materiales se crucen; por otro lado, otros estudios han mostrado que la fertilidad (promedio de granos por involucro) entre materiales de buffel también es variable.

Ambos resultados sugieren que la fertilidad *per se* en materiales de zacate buffel podría estar asociada directamente con su compatibilidad en cruce. Si esto es cierto, la determinación de la fertilidad *per se* en los trabajos de caracterización de materiales introducidos permitiría detectar desde el inicio ecotipos que podrían ser considerados como progenitores macho en programas de mejoramiento. De esta manera se evitaría involucrar en cruzamientos materiales que no van a ser compatibles con el clon sexual, ya que los cruzamientos en especies forrajeras son difíciles de realizar, y el desarrollo de híbridos de

especies perennes como el zacate buffel requiere de más tiempo de evaluación que especies anuales.

Con base en lo anteriormente expuesto se planeo el presente trabajo con los siguientes objetivos:

#### Objetivos Generales:

1. Estudiar la fertilidad *per se* de varios materiales de zacate buffel.
2. Estudiar la compatibilidad de varios materiales apomícticos de zacate buffel como progenitores macho en cruza con el clon sexual TAM-CRD B-1s.
3. Evaluar en el campo los híbridos obtenidos de estos cruzamientos.



## REVISION DE LITERATURA

### Centros de Origen

Briggs y Knowles (1977), consideran que los centros de origen son aquellas regiones donde existe la mayor diversidad genética; asimismo, consideran que la diversidad genética se debe en gran parte al efecto de las mutaciones que se fueron acumulando con el paso del tiempo, particularmente si estas fueron preservadas por una selección deliberada. Reconoce los centros de origen primarios donde existe la máxima diversidad genética y donde se piensa que los cultivos han sido domesticados, y los centros secundarios los cuales se han originado a partir de los centros primarios.

### Origen del Zacate Buffel

El zacate buffel es nativo del Norte de Africa, Africa Tropical, Africa del Sur, India e Indonesia pudiendo haberse originado en Africa Tropical (Whyte et al, 1959). Bashaw (1985) considera que esta especie se originó en Africa del Sur de donde se dispersó hacia el Norte a través

de las regiones más secas de Africa a los pastizales áridos del Oeste de la India.

### Distribución Geográfica

El zacate buffel se distribuye en forma natural entre los 30° de latitud Norte y 30° de latitud Sur, y se ha mostrado promisorio a 34° de latitud Sur en Australia (Flemons y Whalley, 1958).

### Variedades

Se han desarrollado variedades de zacate buffel adaptadas a diferentes condiciones ambientales utilizando la selección de ecotipos (Ayerza, 1981). Mediante este método fueron desarrolladas las siguientes variedades.

#### Zaragoza-115

Es una variedad de buffel liberada por el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Coahuila del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Las plantas tienen una altura promedio de 155 cm y son de color verde cenizo, con inflorescencias color crema y buena producción de forraje (Osuna, 1986).

### Molopo

El buffel Molopo es una línea alta rizomatoza, originaria del Oeste del Transvaal, Sudafrica. Fue recolectada a lo largo del río Molopo e introducida a Australia a principios de los 40's (Paull y Lee, 1978). Tiene altos rendimientos y un desarrollo vigoroso, sus rendimientos de semilla son bajos, es resistente a la sequía y tolera mas las heladas (Flemons y Whalley 1958; Ayerza, 1981).

### Biloela

La semilla de este cultivar fue recibida de Dodoma, Tanganika como tipo D en 1937. Se realizó una evaluación en 1950 en la Estación Experimental de Biloela y fue liberada a los productores comerciales en 1955 (Paull y Lee, 1978). Es una variedad de porte alto y robusto desarrollandose bien en suelos de textura pesada, no tolera las inundaciones (Ayerza, 1981).

### Boorara

Este cultivar es originario de Kenia. En 1955, una pequeña muestra de semilla fue enviada por el Departamento de Agricultura al Sr. W.H. Rich de "Boorara", Yalevoi quien rápidamente multiplicó la semilla para sembrarla en el campo (Paull y Lee, 1978). Es una planta alta moderadamente

rizomatosa, muy similar a la variedad Biloela, produce una mayor cantidad de hojas y su floración es mas tardía que Biloela.

#### Texas-4464

Conocido como Buffel Común, es la variedad mas difundida en E.U.A. y México, produce abundante follaje y es un buen productor de semilla, se comporta bien en suelos livianos hasta semipesados, es de color verde claro y es muy resistente a la sequía (Ayerza, 1981).

#### Nunbank

Nunbank importada de Uganda en 1949. Fue evaluada por C.S.I.R.O. en Australia en varios centros y dio particularmente buenos resultados en la propiedad del Sr. Clark, "Nunbank", Taroom, liberándose como cultivar comercial en 1961 (Paull y Lee, 1978).

#### Tarewinnabar

Semilla de este cultivar fue introducida de Kenia en 1950, fue probada por el Departamento de Agricultura y Ganadería de Queensland y por C.S.I.R.O en varios sitios de Queensland incluyendo la propiedad de W.A. Gunnz "Tarewinnabar". Fue liberado como cultivar comercial en 1962 (Paull y Lee, 1978).

### Lawes

Este cultivar fue derivado de semilla obtenida en Africa del Sur en 1951. Fue evaluada por C.S.I.R.O. y liberada en 1962. No se dispone de semilla comercial, es idéntica al cultivar americano T-3782 (buffel azul) y es muy similar a Molopo.

### Gayndah

Es originaria de Kenia fue incluida con varias especies de forrajes para ser evaluada en escuelas de Queensland, se volvió dominante en los terrenos de la escuela estatal de Gayndah distribuyéndose a productores locales (Paull y Lee, 1978). Posee rizomas subterráneos, es menos robusta que la variedad Biloela pero el ganado frecuentemente la prefiere, posee abundante follaje (Humphreys, 1967).

### Americano

Este cultivar fue importado comercialmente a Queensland de los Estados Unidos de América en 1956, o posiblemente antes y es idéntico al material americano T-4464 (Paull y Lee, 1978).

### Buffel Azul

Proviene de una selección realizada entre 21 ecotipos en San Antonio Texas. Es de porte mediano y posee rizomas cortos, tolera bien la sequía y medianamente las heladas. Produce poca semilla y dispareja lo que limita su utilización, se adapta bien a suelos arcillosos (Ayerza, 1981).

### Australiano del Oeste

Se cree que este cultivar fue introducido al noroeste de Australia entre 1870 y 1880 en arneses de camellos afganos (Paul y Lee, 1978).

El descubrimiento de la reproducción sexual en la especie permitió la utilización de otros métodos de mejoramiento para desarrollar nuevas variedades como las siguientes:

### Higgins

Se derivó de una planta S<sub>1</sub> apomíctica obtenida por autofecundación del clon sexual TAM-CRD B-1s. La apariencia y color del follaje es muy parecido a buffel Común, se diferencia de éste en que posee rizomas, es menos tolerante a bajas temperaturas siendo una excelente productora de semillas ( Bashaw, 1968; Ayerza, 1981).

## Nueces

Es un híbrido apomíctico F<sub>1</sub> producto de la cruce del clon sexual TAM-CRD B-1s X una planta rizomatosa de buffel azul. El follaje es de color azul-verdoso con una inflorescencia marrón obscura. Posee rizomas fuertes que le confieren mayor tolerancia a heladas que Común y Higgins. Tiene buena producción de forraje, en promedio de cinco años consecutivos rebasó a Higgins con un 21 por ciento (Bashaw, 1980a; Ayerza, 1981).

## Llano

Al igual que Nueces es un híbrido apomíctico F<sub>1</sub> desarrollado en Texas de la cruce del clon sexual X una planta rizomatosa. El color del follaje es parecido a Nueces pero se diferencia de este por el largo de la inflorescencia, es un 30 por ciento más pequeña que en Nueces (Bashaw, 1980a).

## Especies Relacionadas

Paull y Lee (1978) mencionan que existen una serie de especies que están relacionadas con el zacate buffel estas son: el buffel Cenclurry (C. pennisetiformis), zacate birdwood, zacate río Mossman (C. echinatus), zacate chancaquilla de la ladera (C. caliculatus), y la chancaquilla de arena (C. incertus). Todas tienen una

cubierta de la semilla espinosa y dura la cual es particularmente problemática en la lana.

### Número Cromosómico

Fisher et al. (1954) mencionan que de un total de 18 introducciones observaron números cromosómicos de  $2N=36$  en 13 introducciones  $2N=54$  en tres introducciones y 32 y 40 cromosomas en las dos introducciones restantes. Con base en estos resultados concluyen que el número básico para P.ciliare es de  $X=9$ . Snyder et al. (1955) citan que Hernández reportó números cromosómicos de  $2N=36$  en cinco líneas de P.ciliare y  $2N=54$  para una sexta línea.

El zacate buffel (Cenchrus ciliaris L.= Pennisetum ciliare (L) Link) y birdwoodgrass (Cenchrus setigerus Vahl), son miembros de un complejo agámico de especies poliploides, con número cromosómico básico de  $X=9$ . El zacate buffel y birdwoodgrass son tetraploides ( $4X= 36$ ) con un comportamiento similar de cromosomas meióticos y morfología reproductiva idéntica. Ambos se reproducen por aposporia y pseudogamia y sus características embriológicas son idénticas (Read y Bashaw, 1969).

Hignight et al. (1991) en un estudio de 13 materiales de zacate buffel, reportan que nueve materiales fueron tetraploides con  $4X=36$ ; y los cuatro restantes



pentaploides  $5X=45$ . Gómez (1994) reporta números cromosómicos de  $5X=45$  para la línea 414513 y  $4X=36$  para las variedades Z-115 y Común.

### Reproducción

Fisher et al. (1954) realizaron estudios citogénéticos en especies de Pennisetum ciliare y Cenchrus setigerus y reportaron evidencias de que el modo de reproducción del zacate buffel es por apomixis. Ellos condujeron extensos estudios citogenéticos en muchas introducciones de zacate buffel recibidas de Africa y de India; estudios de la megasporogénesis y el desarrollo del saco embrionario en 18 biotipos distintos mostraron que en todos los casos el megasporofito colapsaba y células nucelares tomaban la función de la megaspora y se desarrollaban en el gametofito femenino, el desarrollo del embrión ocurría solamente en estos gametofitos nucelares.

Snyder et al. (1955) citan que Hernández observó sacos embrionarios del tipo oenothera (4 núcleos), y determinaron que el mecanismo de apomixis es aposporia seguido por pseudogamia ya que la polinización es necesaria para la formación del endospermo, asumiéndose que la especie era apomíctica obligada debido a que ninguna entrada reveló evidencia de sexualidad.

Bashaw (1962) reportó en Texas el descubrimiento de una planta de zacate buffel de reproducción sexual que fue denominada TAM-CRD B-1s la cual producía progenie totalmente variable resultante de sacos embrionarios reducidos enteramente normales del tipo polígono. Esta fuente de sexualidad está siendo usada en varios programas de mejoramiento para combinar características de varios progenitores.

Taliaferro y Bashaw (1966) mencionan que la progenie resultante de autofecundación de TAM-CRD B-1s, o de su cruzamiento con progenitores macho apomícticos parecía ser obligadamente sexual u obligadamente apomíctica analizadas tanto por las técnicas convencionales de parafina y seccionado, como por prueba de progenie; descartándose la apomixis facultativa en la muestra estudiada. Sin embargo, Bray (1978) observó que algunas plantas apomícticas de zacate buffel producían progenie fuera de tipo y en base a estas observaciones sugirió la apomixis facultativa en la especie.

Sin embargo, el encontrar progenie fuera de tipo no necesariamente da evidencia de apomixis facultativa. Gustafsson (1946) señala que en otros géneros apomícticos progenie fuera de tipo puede ser producida por fertilización de huevos no reducidos con un cambio en el nivel de ploidía.

Los estudios de Sherwood et al. (1980) comprobaron la hipótesis de la ocurrencia de la apomixis facultativa en la especie ya que por medio de estudios citológicos y pruebas de progenie en la línea 1835 reportaron que sacos embrionarios tipo Polygonum (sexual) y Oenothera (aposporo) se presentan en la misma inflorescencia y en ocasiones en el mismo pistilo. Alguna progenie variable presentó el mismo número cromosómico  $2N=36$  que el progenitor apomíctico materno con lo que quedó demostrada la apomixis facultativa en la especie.

### Apomixis

La apomixis es un método de reproducción asexual por semilla en el cual el embrión es formado sin la unión del huevo y el núcleo espermático, por lo cual las progenies originadas son uniformes e idénticas al progenitor femenino (Bashaw, 1975; Hanna y Bashaw, 1987). Hatch y Hussey (1991) definen la apomixis como el método natural de clonación de plantas mediante semilla. Es el reemplazo del proceso sexual por alguna forma de reproducción asexual (Brown y Emery, 1958).

Harlan y de Wet (1963) señalan que la apomixis ocurre en por lo menos 40 familias de Angiospermas, las familias en las cuales la reproducción apomíctica es común son: Gramineae, Compositae y Rosaceae. En zacates la prevalencia apomíctica se tiene en los géneros

Poa, Calamagrostis, Bouteloua, Deschampsia, Pennisetum,  
Panicum, Paspalum, Saccharum, Dichanthium, Bothriochloa,  
Capillipedium, Heteropogon, Tremeda y otros.

### Historia de la Apomixis

El término apomixis fue originalmente utilizado para distinguir varias formas de reproducción asexual de la reproducción sexual, pero ahora más genetistas de plantas usan apomixis para referirse sólo a la reproducción asexual por semilla. El desarrollo de semilla sin fertilización fue primeramente reportado en 1839, pero se reportó en un número reducido de plantas (Gustafsson, 1946). Desde un punto de vista evolutivo fue considerada como un escape a la esterilidad pero un escape a un callejón sin salida (Bashaw, 1980b). Cuarenta años después la panorámica de la apomixis cambió ya que los científicos empezaron a considerarla de valor potencial en el mejoramiento de plantas y actualmente se está tratando de incorporarla a especies cultivadas.

En el Octavo Congreso Internacional de Zacates Burton y Forbes (1960), reportaron el rompimiento de la barrera de la apomixis en Paspalum notatum, donde diploides sexuales fueron tratados con colchicina para producir tetraploides sexuales para ser utilizados como padres femeninos con tetraploides apomícticos como machos.

## Formas de Apomixis

Gustaffsson (1946), presentó una clasificación concisa de los diferentes mecanismos de apomixis; él separó las plantas que presentaban formación de semilla asexual en dos grupos: "apomixis obligada", son las plantas que se reproducen solo por apomixis, y "apomixis facultativa" plantas con capacidad de reproducción apomíctica y sexual en el mismo óvulo. Cuando la apomixis facultativa es utilizada, en los padres femeninos es necesario la emasculación y polinización de un gran número de florecillas (Harlan, 1965).

En programas de mejoramiento la apomixis obligada es el mecanismo mas deseable ya que la apomixis facultativa dificulta el mejoramiento (Hanna y Bashaw, 1987).

## Tipos de Apomixis

La apomixis puede ser considerada en tres tipos:

Embrionía adventicia. El embrión se origina directamente en el óvulo como una yema del tejido nucelar o integumental, ocurre principalmente en cítricos.

Aposporia. El saco embrionario se forma directamente de una célula somática diploide

(apomíctica) no reducida (sin meiosis). Es el desarrollo de un gametofito resultante de una serie de divisiones mitóticas.

Diplosporia. El saco embrionario proviene directamente o indirectamente de la célula madre de la megaspora.

Aposporia es el mecanismo más importante de apomixis en zacates forrajeros; diplosporia ha sido reportado en pocas especies. Ambas, aposporia y diplosporia, ocurren en ambas formas de apomixis (obligada o facultativa).

En las especies apomícticas no se lleva a cabo la fertilización es decir la fusión de los gametos; sin embargo es necesario el estímulo del polen para el desarrollo de la semilla, a dicho proceso se le conoce como pseudogamia. Según Bashaw y Hanna (1990) en algunos zacates la pseudogamia puede ser incluso estimulada por polen de especies completamente diferentes.

### Efectos de la Apomixis

En la reproducción apomíctica el embrión se origina de divisiones mitóticas de la célula madre de la megaspora o de una célula somática del óvulo. La meiosis y fertilización generan el desarrollo del embrión y por lo tanto la progenie de las plantas apomícticas son

réplicas exactas al progenitor hembra del cual provienen (Hanna y Bashaw, 1987).

### Aplicación de la Apomixis

Burton y Forbes (1960) reportan buen éxito en la manipulación y control de la apomixis obligada en Bahiagrass; ellos doblaron el número cromosómico de el diploide sexual cultivar "Pensacola", obteniendo autotetraploides sexuales los cuales resultaron ser compatibles en cruza con el tetraploide apomíctico del cultivar común. Los experimentos con buffelgrass el cual normalmente se reproduce por aposporia obligada ilustra la eficiencia que es posible lograr en el mejoramiento apomíctico

Lo anterior demuestra que la apomixis obligada anteriormente considerada un obstáculo al mejoramiento de plantas ahora se ha convertido en una herramienta útil, ya que fija el genotipo y previene toda variación genética excepto por mutación (Taliaferro y Bashaw, 1966).

Transfiriendo la apomixis a cultivos importantes podra hacerse posible el desarrollo y mejoramiento de híbridos, y producción comercial de híbridos sin la necesidad de citoplasma masculino y altos costos de intensas labores de cultivo. Los procesos de reproducción

de híbridos comerciales pueden ser simplificados en híbridos apomícticos (Hanna y Bashaw, 1987).

La apomixis ofrece la única oportunidad para el desarrollo de combinaciones de genes superiores y proporciona un método rápido para la incorporación de genes de características deseables.

### Herencia de la Apomixis

Powers (1945), propuso uno de los primeros modelos genéticos para la herencia de la apomixis basado sobre la progenie de un híbrido de guayule (Parthenium argentatum Gray); concluyó que de manera general la apomixis es recesiva a la sexualidad y depende de la homocigocidad de varios genes recesivos involucrando en la especie tres pares de genes.

Stebbins (1950) estableció que como una regla, la condición apomíctica es recesiva a la sexualidad, aunque incrementando el número de cromosomas frecuentemente incrementa su tendencia hacia la dominancia.

Burton y Forbes (1960) reportan que los híbridos de autotetraploides sexuales X tetraploides apomícticos de bahíagrass (Paspalum notatum F.) proporcionó rangos en las F<sub>2</sub> los cuales indican que la apomixis obligada fue recesiva a la sexualidad y controlada por pocos genes recesivos.



Bashaw (1975) menciona que la mayoría de los investigadores creen que la apomixis está controlada genéticamente pero de una manera muy compleja.

Taliaferro y Bashaw (1966) cruzaron plantas sexuales de zacate buffel heterocigotas para el modo de reproducción con apomícticos obligados y obtuvieron sexuales y apomícticos; con base en dichos resultados ellos determinaron que la herencia de la apomixis en zacate buffel está controlada por dos pares de genes, proponiendo hipotéticamente que la constitución genética de la planta sexual es  $AaBb$  donde el gen B condiciona la sexualidad y es epistático al gen A el cual condiciona la apomixis.

Las investigaciones han demostrado que la apomixis está controlada por pocos pares de genes que pueden ser cualquiera de los dos recesivos o dominantes (Bashaw 1980b).

La apomixis controlada por genes recesivos puede ser heredada en cruzas a través de los progenitores masculinos o progenitores femeninos, sin embargo la apomixis controlada por genes dominantes puede ser heredada en cruzas únicamente a través del progenitor masculino (Hanna y Bashaw, 1987).

## Mejoramiento del Zacate Buffel

### Selección de Ecotipos

La selección de ecotipos consiste en la colecta o introducción de materiales de una región específica de una determinada especie nativa de esa región; colectando, clasificando y evaluando los ecotipos de esa región en un amplio rango de ambientes se puede llegar a obtener germoplasma que pudiera ser utilizado en otras regiones. Cuando este método de mejoramiento es realizado adecuadamente puede conducir a un rápido desarrollo y liberación de variedades excelentes (Vogel y Pedersen, 1993).

Dada la reproducción apomíctica del zacate buffel, las primeras variedades desarrolladas como Común en Estados Unidos (Holt, 1985) y Biloela y Molopo en Australia (Ayerza, 1981), resultaron de la introducción y selección de ecotipos superiores.

Por un lado la falta de variabilidad natural y por otro la apomixis obligada que impide la combinación de características deseables son los principales obstáculos al mejoramiento de plantas, ya que la apomixis restringe el flujo de genes en poblaciones silvestres e imposibilita el mejoramiento de plantas (Hussey y Bashaw, 1990).

## Uso de Materiales Sexuales

Los programas de mejoramiento apomíctico (siempre y cuando exista una fuente de sexualidad) son más efectivos que los programas de mejoramiento de plantas sexuales, la apomixis nos sirve como un escape a la esterilidad, cada híbrido apomíctico es un cultivar potencial que puede ser explotado inmediatamente (Voigt et al., 1977). Según este autor la eficiencia entre los programas de mejoramiento apomíctico dependen de los siguientes factores:

- 1) la facilidad con la cual los nuevos genotipos pueden ser creados a través de cruces o autofecundaciones.
- 2) la frecuencia de estos genotipos en la población creada.
- 3) la cantidad de genotipos sexuales en los híbridos apomícticos.

El descubrimiento de la sexualidad en zacate buffel hace ahora posible la manipulación de germoplasma el cual no estaba disponible al mejorador de plantas a causa de la apomixis obligada, considerada anteriormente un obstáculo al mejorador de plantas, ahora puede servir como una herramienta útil la cual causa la fijación del genotipo y permite el mantenimiento de caracteres

deseables, incluyendo la heterosis (Taliaferro y Bashaw, 1966).

Con base en los resultados obtenidos con el estudio de la progenie de la planta de reproducción sexual, Taliaferro y Bashaw (1966) proponen un modelo para desarrollar variedades de zacate buffel a través de técnicas de autofecundación e hibridación utilizando el clon sexual.

### Autofecundación

Es una técnica rápida que consiste en autofecundar la planta de reproducción sexual, evaluar las plantas S<sub>1</sub> o S<sub>2</sub> y seleccionar las superiores que sean de reproducción apomíctica. Ya que la planta sexual es heterocigota para el modo de reproducción, bajo esta técnica se espera obtener una proporción de sexuales a apomícticos de 13:3.

### Hibridación

Esta técnica no solamente proporciona nuevas combinaciones de genes, sino que además incrementa la progenie apomíctica comparada con poblaciones autofecundadas. Consiste en la hibridación de la planta sexual con tipos apomícticos, de esta técnica se espera obtener una proporción de sexuales a apomícticos de 5:3, respectivamente.

Los híbridos superiores de reproducción apomíctica pueden ser liberados como nuevas variedades debido a su pureza genética, mientras que los híbridos sexuales pueden ser usados como fuente de germoplasma para usarse en cruza con materiales apomícticos. Puesto que la apomixis obligada fija el genotipo y previene toda variación genética excepto por mutación, cualquier línea apomíctica de zacate buffel que pruebe ser superior a los tipos comerciales existentes puede ser incrementada y liberada inmediatamente (Taliaferro y Bashaw, 1966).

Las cruzas de sexuales por apomícticos, frecuentemente presentan una gran cantidad de variación genética a causa de la heterocigosidad de los progenitores apomícticos, se ha observado que la heterocigosidad en los apomícticos obligados generalmente no es transmitida a su descendencia en las cruzas de progenitores masculinos con progenitores femeninos (Hanna y Bashaw, 1987).

Burton (1948) señala que como los zacates se reproducen en forma vegetativa únicamente se necesita encontrar una planta superior para seguirla explotando en programas de mejoramiento, ya que las pruebas de progenie no serían necesarias.

#### Fertilización de huevos no reducidos

La fertilización de huevos no reducidos consiste en

la fertilización del progenitor femenino apomíctico. Este fenómeno permite la incorporación de genomas extraños completos mientras se retiene el complemento cromosómico somático entero del progenitor femenino apomíctico, la fertilización de huevos no reducidos ofrece la única oportunidad para hibridación de plantas apomícticas obligadas, las cuales forman solamente sacos embrionarios  $2N$  (Bashaw y Hignight, 1990).

La fertilización de huevos no reducidos es una técnica que actualmente se está utilizando en los programas de mejoramiento genético del zacate buffel. Harlan, mencionado por Bashaw y Hignight (1990), postula que la forma general mas común de poliploidía espontánea es producida por reproducción  $2n+n$  ello es un fenómeno general que probablemente tiene lugar a una baja pero significativa frecuencia en casi todas las plantas de especies sexuales.

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en dos etapas: la primera etapa se desarrolló en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista Saltillo, Coah, a los  $25^{\circ} 22' 41''$  de latitud Norte, y  $101^{\circ} 02' 00''$  longitud Oeste, con una altitud de 1743 msnm. El clima es seco, semiárido con invierno fresco, muy extremo y con lluvias de verano (García, 1973).

La segunda etapa se realizó en el Campo Experimental de Zonas Áridas Mardoqueo Ramos Ibarra de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", situado a 32 Km al Norte de la Villa de Ocampo, Coah. El Campo Experimental se localiza a  $27^{\circ}36'$  latitud Norte y  $102^{\circ}33'$  longitud Oeste, a una altitud de 1200 msnm. La temperatura y precipitación media es de  $17.1^{\circ}\text{C}$  y 270 mm respectivamente. El clima es muy seco, templado, muy extremo, con lluvias escasas todo el año, siendo más abundantes en el verano, las heladas son intensas y frecuentes en enero, principiando en noviembre aunque se pueden presentar desde octubre para

terminar en marzo y en ocasiones pueden presentarse hasta abril (Mendoza, 1982).

### Material Genético Utilizado

#### TAM-CRD B-1s

Es un clon de reproducción sexual liberado en 1966 en Texas, se obtuvo por propagación vegetativa de una planta sexual estudiada en Texas por E.C. Bashaw. Las plantas son vigorosas, rizomatosas y heterocigotas para el modo de reproducción (Bashaw, 1969; Hanson, 1972). Este clon fue introducido a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para utilizarlo en programas de hibridación (Gómez, 1994). Este material fue utilizado como progenitor hembra en los cruzamientos con materiales apomícticos. Los progenitores apomícticos que fueron incluidos como machos en este ciclo de cruzamientos fueron:

#### Zaragoza-115

Las plantas de esta variedad son de color verde cenizo, inflorescencias color crema, y buena producción de forraje (Osuna, 1986). Este material fue incluido como testigo en la serie de cruzamientos realizados ya que ha probado ser compatible en cruza con el clon sexual (Gómez, 1994).



## Líneas de Lugares Altos

Fueron utilizadas 24 líneas catalogadas de lugares altos con mayor tolerancia al frío que las variedades Común, Llano y Nueces, que en 1980 fueron enviadas al Dr. Jorge R. González Domínguez por el Dr. E.C. Bashaw de la Universidad de Texas A & M (González et al., 1990).

### Común

Se incluyó además, en este programa de cruzamientos a la variedad Común que es la más utilizada en las áreas buffeleras. Las plantas son de color verde claro y las espigas moradas (Taliaferro y Bashaw, 1966). Hanson (1972) la describe como una variedad con buen vigor de plántula, plantas de hojas verde fuerte y tolerantes a la sequía, que se adaptan bien a suelos arenosos profundos, con tallos que alcanzan hasta 1.20 m de altura y buena producción de semilla.

### T-1754

Esta línea presenta un extenso desarrollo radicular, así como excelentes características forrajeras y de producción de semilla; es tolerante a bajas temperaturas y se cree que debe ser una excelente variedad para las áreas donde el buffel común crece actualmente (Hussey y Bashaw, 1990).

T-704

Esta variedad produce menos forraje que Llano y Nueces, su producción es similar a Común y superior a P. orientale. Actualmente se está evaluando en todo el Sur de Texas y en el Norte de México. Los resultados obtenidos en México en el invierno de 1989-1990 indican que resiste mas el frío que la variedad Común, (Hussey y Bashaw, 1990).

### Metodología

#### Determinación de la Fertilidad per se

Se determinó la fertilidad *per se* de todos los progenitores macho incluidos en los cruzamientos; para ello, el 9 de Octubre de 1992, se realizó una colecta de 10 espigas maduras y completas de cada uno de los materiales establecidos en Ocampo, Coahuila. El material colectado fue trasladado a bodega donde se procesaron manualmente las espigas para extraer los cariósides. Se contó el número de granos y el número de involucros por espiga para determinar el promedio de granos por involucro por espiga. El promedio de las 10 espigas de cada material multiplicado por 100 constituyó el porcentaje de fertilidad. Con base en estos resultados se formaron tres grupos: materiales de alta fertilidad, mediana fertilidad, y baja fertilidad.

## Hibridaciones

Las hibridaciones se realizaron en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro colocando en invernaderos diferentes al progenitor hembra y a los progenitores macho. Antes de los cruzamientos se realizaron una serie de actividades para obtener un buen desarrollo de los progenitores involucrados en los cruzamientos y lograr coincidencia en la floración para llevar a cabo los trabajos de emasculación y polinización.

La imposibilidad de realizar todos los cruzamientos al mismo tiempo obligó a dividir los machos apomícticos en tres grupos de nueve machos. Con el propósito de preveer un posible efecto de la época del año sobre alguno de los grupos, dentro de cada grupo de nueve machos se incluyeron tres materiales de alta, mediana, y baja fertilidad. En cada grupo se incluyó la variedad Z-115 como testigo (Cuadro 3.1).

## Siembra en Invernadero

La siembra de semilla de los progenitores macho del primer y segundo grupo se realizó en el invernadero el día 4 de marzo de 1993, en charolas de nieve seca, utilizando como sustrato tierra de jardín esterilizada, proporcionando la atención adecuada para un buen desarrollo de las plántulas. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 25 a

Cuadro 3.1 Progenitores apomícticos machos utilizados en cruza con el clon sexual TAM-CRD B-1s U A A A N. 1993.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
NUECES A <sup>1</sup>	409248 A	409400 A
COMUN A	409244 A	409266 A
409236 <sup>2</sup> A	409205 A	409189 A
409209 M	409178 M	409359 M
409264 M	409238 M	409240 M
409211 M	409234 M	T-1754 M
409256 B	409282 B	409377 B
409253 B	409250 B	T-704 B
409254 B	409433 B	414513 B

1. A= Alta fertilidad, M= Mediana fertilidad, B= Baja fertilidad.
2. Número original de entrada (accession number).

30 cm fueron trasplantadas a macetas utilizando cinco plantas por cada progenitor, éstas fueron fertilizadas periódicamente utilizando raizal (9-45-15) o foligrol (20-30-10) en una dosis de 3 gr/l y aplicando un litro de la solución por maceta. La siembra del tercer grupo se realizó el 22 de abril de 1993 de la manera anteriormente mencionada con el primer y segundo grupo.

## Multiplicación del Clon Sexual

El clon sexual se propagó vegetativamente utilizando 20 macetas para tener espigas suficientes para realizar los cruzamientos, se proporcionaron los riegos y fertilización necesarios para obtener un buen desarrollo de las plantas.

## Emasculación

Se hizo coincidir la floración del progenitor hembra y los progenitores macho. Para realizar la emasculación se siguió parte de la técnica descrita por Richardson (1958) de la siguiente manera:

Se cubrieron con glassines espigas del clon sexual antes de que emergieran los estigmas para tener la seguridad de que las florecillas no hubieran sido polinizadas. Las espigas en el estado adecuado, (aquellas en las cuales los estigmas que son blanquecinos al principio se tornan púrpura lo cual ocurre un día antes de la aparición de las primeras anteras (Gómez, 1994 ); fueron emasculadas utilizando agujas de disección, pinzas y lentes de aumento. Previamente se aclaró la espiga dejando alrededor de 40 a 50 fascículos, se eliminó la florecilla mas pequeña de las dos que ocurren en cada fascículo y se eliminaron las tres anteras que contiene la otra florecilla. Una vez terminada la emasculación se

volvió a cubrir con el glassin anotando la fecha en que se realizó la emasculación sosteniendo las espigas con hilos que colgaban del techo del invernadero, para evitar que con el peso del glassin la espiga se doblara. Las espigas emasculadas fueron polinizadas ese día.

### Polinización

Una manera de asegurar la disponibilidad de polen de los progenitores macho, fue siguiendo las recomendaciones de Bashaw (1962):

Un día antes se recolectaban espigas que estuvieran a punto de iniciar la antesis, y se ponían en recipientes con agua, identificando previamente cada macho, de tal manera que a la mañana siguiente había polen suficiente para polinizar las espigas emasculadas.

Las polinizaciones se realizaron al mediodía, que es la hora que existe mayor cantidad de polen, evitando las corrientes de aire. Para iniciar esta actividad el glassin era cortado con tijeras en la parte superior, se introducía la espiga del progenitor macho procurando que los estigmas del progenitor hembra se impregnaran de polen, utilizándose una espiga del macho por una espiga de la hembra. Después el glassin volvía a ser grapado, identificándolo con el macho utilizado y la fecha en que se realizó la

polinización. Se realizaron 12 cruzamientos con cada uno de los machos, procurando utilizar un macho por día.

### Maduración y Cosecha de Semilla

Una vez terminados los cruzamientos del primer y segundo grupo, se continuó atendiendo las plantas hasta el llenado de grano realizándose posteriormente la cosecha de las espigas el día 4 de octubre de 1993, estas fueron procesadas manualmente para evitar posibles errores como quebrado de grano o pérdida del mismo en la florecilla, obteniendo de esta forma la semilla F<sub>1</sub>.

Una vez cosechada la semilla F<sub>1</sub> de los cruzamientos realizados con los grupos I y II las plantas hembras fueron podadas con el fin de rejuvenecerlas y prepararlas para los cruzamientos con el tercer grupo; estos fueron iniciados el día 26 de noviembre de 1993 de la misma forma que para el primer y segundo grupo terminándose el día 29 de diciembre del mismo año y cosechándose las espigas en febrero de 1994.

### Evaluación de Híbridos

#### Siembra en Invernadero

La semilla F<sub>1</sub> obtenida de los cruzamientos fue sembrada en charolas de nieve seca colocando una semilla

por cavidad con el fin de obtener el mayor número de plántulas posible, las charolas fueron colocadas dentro del invernadero regándose y fertilizándose periódicamente utilizando raizal en una dosis de 3 gr/l; una vez obtenidas las plántulas se trasplantaron en el campo.

### Establecimiento

Las plántulas fueron trasplantadas a una distancia entre plantas de 1 m y una distancia entre surcos de 0.80 m. Se utilizó la variedad Z-115 como testigo ocupando los dos surcos orilleros, luego tres surcos de los híbridos del progenitor Z-115, un surco de la línea 409254, dos surcos de la línea 409250, y dos surcos del progenitor de la variedad Común. Una vez concluido el trasplante se regó y fertilizó con el fin de asegurar su establecimiento.

### Producción de Forraje Verde

Se estimó el rendimiento de forraje verde de los híbridos producidos con los diferentes progenitores macho realizando un corte de forraje el día 14 de noviembre de 1994 obteniendo el peso verde por planta individual y sacando una media del rendimiento por planta para la progenie de cada macho apomíctico.



## Viabilidad del Polen

Se realizaron estudios de viabilidad del polen de cada uno de los progenitores macho apomícticos que intervinieron en los cruzamientos, procurando efectuar este trabajo el mismo día en que se efectuaban las polinizaciones, utilizando la técnica descrita por Hashemi et al. (1986):  
         

Se recolectó polen de los materiales a analizar en cubreobjetos añadiendo una gota de carmín propiónico tapándose con un cubreobjetos. Una vez tomadas las muestras, estas eran llevadas al laboratorio para el exámen microscópico cuidando que el colorante de la preparación no se secase.

Para observación de los granos de polen se utilizó una cámara de dibujo de 90° adaptada al microscopio marcando directamente sobre el dibujo, los granos de polen reflejados, los coloreados y no coloreados. Se consideró los granos coloreados como fértiles y los incoloros como inviábiles obteniendo el promedio de viabilidad del polen de la planta.

### Número Cromosómico

Para la determinación del número cromosómico se utilizó inicialmente el método de aplastado en mitosis

propuesto por García (1977), que contempla las siguientes fases:

a) Obtención del Material

Se sembraron cariósides de los machos apomícticos en cajas petri con papel filtro como sustrato, para obtener los ápices de raíces en crecimiento activo. Los ápices radiculares fueron sometidos a pretratamientos, utilizando el paradicloro benceno saturado por un período de cuatro horas. Posteriormente los ápices se pasaron a una solución fijadora FARMER en el cual permanecieron por un espacio de 24 hr.

El material fue trasferido a alcohol etílico al 70 por ciento durante 24 hr, para desalojar la mayor cantidad de fijador de los tejidos, después se lavó el material en agua destilada durante unas cuatro hr, para desalojar el alcohol de los tejidos. Se hidrolizaron los ápices de raíz con ácido clorhídrico 1N a una temperatura controlada de 60°C por un período de 15 minutos; posteriormente se eliminó el ácido y se les puso colorante Feulgen por hora y media, inmediatamente se enjuagaron con

agua y se colocaron en caracolaza por un tiempo de dos hr. Por último el material previamente enjuagado se puso en colorante y después de una semana el material estaba listo para ser trabajado en el microscopio.

#### b) Procesamiento del Material

Se saca un ápice del frasco que contiene material y colorante con una espátula y se coloca en un portaobjetos agregándosele una pequeña gota de colorante.

Con un escalpelo se aplasta el tejido hasta que las células se hubiesen separado, colocando un cubreobjetos limpio sobre la preparación.

Se calienta cuidadosamente sobre la flama de una lámpara de alcohol y se presiona el cubreobjetos con la yema del dedo pulgar. La cantidad del líquido que se coloca sobre el portaobjetos debe ser justo para extenderse hacia los bordes del cubreobjetos.

La preparación es examinada para realizar el conteo cromosómico. Si la preparación está pálida se añade colorante por los bordes del

cubreobjetos y se calienta de nuevo, para añadir color a las células.

Si los resultados son los deseados, se procede a sellar la preparación en forma temporal o definitiva.

Debido a la dificultad que representaba el trabajar con las raicillas tan pequeñas la determinación del número cromosómico se realizó también por el método de Frotis propuesto también por García (1977).

Las preparaciones hechas por este método son adecuadas para el estudio del número de cromosomas y su morfología en general por medio de las fases de diacinesis, metafase I y paquiteno de la división meiótica.

En este método se recomienda utilizar material fresco o previamente fijado. Es un método muy rápido y fácil porque combina la fijación y coloración de los tejidos en un mismo proceso.

Primeramente se recolectaron espiguillas jóvenes de los machos apomícticos, estas se colocaron en fijador Farmer, por un período de 24 hr, de donde se pasaron a alcohol de 70 por ciento y se conservaron listas para trabajar al microscopio.

**Procedimiento:**

Las anteras fijadas en Farmer, se colocan en un portaobjetos y se agrega una gota de solución colorante. Con un escapelo se cortan las anteras por la mitad y por presión con la punta del mismo escapelo se extraen las masas de microsporocitos. Las envolturas de las anteras se extraen con unas pinzas de disección. Se dejan colorear los microsporocitos por espacio de 2 a 3 minutos.

Se coloca cuidadosamente un cubreobjetos sobre la gota de colorante con los esporocitos, se calienta la preparación haciéndola pasar por encima de la flama de una lámpara de alcohol y se presiona muy suavemente sin movimientos laterales sobre un papel filtro o toalla de papel absorbente.

La preparación está lista para ser examinada en el microscopio. Para la mayoría de los estudios citológicos es deseable que las células estén aplanadas a punto de reventar y con buen contraste de color entre cromosomas y citoplasma. Si la preparación está pálida se añade colorante a los esporocitos por los bordes del cubreobjetos, calentándola

nuevamente. Al realizar el conteo cromosómico se procede a sellar la preparación en forma temporal o definitiva según se desee.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Fertilidad per se

La fertilidad per se (expresada como el porcentaje de involucros conteniendo un carióspside) de 28 materiales se presenta en el Cuadro 4.1. Los valores de fertilidad variaron de 63.5 con el híbrido apomíctico Nueces a 0.0 con la línea 414513. La fertilidad de 56 por ciento de la variedad Común fue la segunda mas alta concordando este resultado con los de otras investigaciones que reportan 60 y 64 por ciento de fertilidad para esta variedad (Briones, 1991; González y Gómez, 1992); los resultados en conjunto muestran que la variedad Común es bastante consistente en este aspecto.

La variedad Z-115 tuvo una fertilidad per se de 36.5 siendo este porcentaje muy inferior a los reportados por Briones (1991), y González y Gómez (1992) de 53 y 54 por ciento respectivamente.

Gómez y González (1992) reportaron que la variedad Z-115 produjo mucho menos semilla en Septiembre y Octubre que en Junio, puesto que la fertilidad per se fue

Cuadro 4.1. Porcentaje de fertilidad per se de machos apomícticos utilizados en cruza con el clon sexual TAM-CRD B-1s.

LINEA O VARIEDAD	FERT. (A) %	LINEA O VARIEDAD	FERT. (M) %	LINEA O VARIEDAD	FERT. (B) %
NUECES	63.5	409209	38.2	409256	21.8
COMUN	56.0	Z-115	36.5	409253	21.2
409236	52.7	409264	33.7	409254	20.3
409248	50.0	409211	33.5	409282	20.0
409244	48.1	409178	32.8	409250	18.9
409205	46.9	409238	32.2	409433	18.7
409400	46.7	409234	31.0	409377	18.3
409266	45.2	409359	30.4	T-704	15.9
409189	43.7	409240	28.1	414513	0.0
		T-1754	26.7		

1. A= alta; M= mediana; B= baja.

determinada en inflorescencias de Z-115 producidas a principio de otoño, la fertilidad probablemente también es afectada adversamente en esta época del año.



Los resultados obtenidos con la línea 414513 coinciden también con los resultados de Briones (1991) y González y Gómez (1992) que reportan esta línea como uno de los materiales con más bajo porcentaje de fertilidad *per se*. Los bajos porcentajes observados en las líneas 409256 y 409433 también coinciden con fertilidades bajas reportadas previamente. Por otra parte la línea 409400 se mostró consistente ya que anteriormente se ha reportado fertilidad de 43 y 48 por ciento. Bashaw y Hignight (1990) reportaron una fertilidad de 43 por ciento para la variedad T-704. Hignight et al. (1991) reportaron en cinco materiales de zacate buffel porcentajes de fertilidad de 40.0, 62.5, 66.0, 93.5, y 103.0.

#### Compatibilidad en Cruza

Para el primer grupo de machos se encontró un rango de 14.85 a 0.0 por ciento de fertilidad en cruza correspondiendo el mayor valor a la variedad Z-115. El segundo porcentaje más alto correspondió a la variedad Común que tuvo 4.08 por ciento de fertilidad y el resto de los materiales tuvo porcentajes muy bajos de fertilidad variando este de 1.1 a 0.0 por ciento como se puede ver en el Cuadro 4.2.

Los resultados obtenidos para el segundo grupo de machos se presentan en el Cuadro 4.3. La variedad Z-115 nuevamente fue el progenitor masculino que mostró mayor

Cuadro 4.2. Porcentajes de fertilidad del clon sexual de zacate buffel TAM-CRD B-1s polinizado con los progenitores macho apomícticos del Grupo I. UAAAN, 1991.

LINEA O VARIEDAD	ESPIGAS EMASC.	No. DE INVOLUCROS	GRANOS OBTENIDOS	PORCENTAJE DE FERTILIDAD
Z-115	10	505	75	14.85
Común	10	416	17	4.08
409254	10	544	6	1.10
409209	10	430	3	0.69
409264	10	436	3	0.68
Nueces	10	523	2	0.38
409253	10	518	2	0.38
409256	10	529	2	0.37
409236	10	441	1	0.22
409211	10	487	0	0.00

compatibilidad en cruza con el clon sexual con un porcentaje de fertilidad de 16.70 por ciento. La línea 409244 tuvo una fertilidad de 5.96 por ciento y las ocho líneas restantes tuvieron fertilidades muy bajas variando estas de 2.26 a 0.0 por ciento. Como puede observarse en ambos Cuadros, los resultados obtenidos son muy similares en ambos grupos de machos donde se evidencia una compatibilidad superior de la variedad Z-115 en cruza con el clon sexual, compatibilidad menor que intermedia para la

variedad Común y la línea 409244 y una compatibilidad muy pobre de todas las otras líneas tolerantes al frío las cuales resultan difíciles de cruzar con el clon sexual. La pobre compatibilidad de las líneas tolerantes al frío fue mas evidente en el tercer grupo de machos ya que cinco líneas tuvieron fertilidad de 0.0 por ciento asi como la variedad comercial T-704 que es del mismo tipo.

Cuadro 4.3. Porcentajes de fertilidad del clon sexual de zacate buffel TAM-CRD-B1s polinizado con los progenitores macho apomícticos del Grupo II. UAAAN, 1991.

LÍNEA O VARIEDAD	ESPIGAS EMASC.	No. DE INVOLUCROS	GRANOS OBTENIDOS	PORCENTAJE DE FERTILIDAD
Z-115	10	419	70	16.70
409244	10	520	31	5.96
409250	10	485	11	2.26
409282	10	424	9	2.12
409248	10	488	4	0.81
409234	10	469	3	0.63
409205	10	518	3	0.57
409178	10	506	2	0.39
409238	10	526	2	0.38
409433	10	438	0	0.00

Es muy importante hacer notar que este grupo de machos fue cruzado con el clon sexual entre el 26 de

Noviembre y el día último de Diciembre lo cual parece haber afectado la producción de polen de calidad ya que la variedad Z-115 tuvo una fertilidad en este caso de 1.37 por ciento (Cuadro 4.4). Por otra parte, Bashaw y Hignight (1990) cruzaron el clon sexual TAM-CRD B-1s durante el invierno utilizando T-704 como macho apomíctico y obtuvieron un buen número de híbridos (693) que fueron faltos de vigor, en su mayoría sexuales y sin la tolerancia al frío del progenitor T-704.

Los resultados de esta investigación confirman los reportes de los cruzamientos realizados por Gómez (1994). Ella utilizó, en una primera ocasión, como machos apomícticos a la variedad Z-115 y la línea 414513 para cruzarlas con el clon sexual y encontró una buena compatibilidad de Z-115 en tanto que la línea 414513 resultó difícil de cruzar. En un segundo ciclo de cruzamientos que incluyó como un tercer macho apomíctico a la variedad Común, los resultados para Z-115 y la línea 414513 fueron confirmados encontrándose una situación intermedia para buffel Común (Gómez, 1994).

#### Viabilidad del Polen

Se cree que la fertilización de los núcleos polares es esencial para el desarrollo de la semilla en todas las especies de zacates apomícticos conocidos y no se sabe por

Cuadro 4.4. Porcentajes de fertilidad del clon sexual de zacate buffel TAM-CRD B-1s polinizado con los progenitores macho apomícticos del Grupo III. UAAAN, 1991.

LINEA O VARIEDAD	ESPIGAS EMASC.	No. DE INVOLUCROS	GRANOS OBTENIDOS	PORCENTAJE DE FERTILIDAD
Z-115	10	364	5	1.37
T-1754	10	432	3	0.69
409400	10	396	2	0.50
409266	10	413	1	0.24
414513	10	369	0	0.00
409189	10	387	0	0.00
409240	10	404	0	0.00
409377	10	448	0	0.00
409359	10	440	0	0.00
T-704	10	439	0	0.00

otra parte, de especie alguna de zacate en la cual se desarrolle semilla madura sin la polinización (Bashaw y Hanna, 1990).

Puesto que la polinización (no necesariamente la fertilización de los núcleos polares) es un requisito, conocido como pseudogamia, para el desarrollo de la semilla en los apomícticos pseudogamos como el buffel, la calidad del polen producido es de gran importancia para su sobrevivencia. Cuando la calidad del polen es demasiado baja para una estimulación efectiva del

desarrollo de la semilla, el uso de un polinizador aún de especie diferente puede incrementar la producción de semilla. Bashaw y Hanna (1990) reportan que el amarre de semilla en Pennisetum flaccidum incrementó de menos de 10 a 80 por ciento cuando se utilizó polen de P. mezianum.

En la presente investigación la mayoría de los machos apomícticos produjeron polen de alta viabilidad encontrándose un rango de 94.7 a 62.2 por ciento correspondiendo el valor más alto a la línea 409178 y el más bajo a la línea 409209 (Cuadro 4.5).

Porcentajes de viabilidad de polen inferiores todavía al observado para la línea 409209, han sido reportados en la literatura entre y dentro de líneas de zacate buffel; Snyder et al. ., (1955) observaron porcentajes de 50 a 60 en la línea 185641 y de 50 a 70 en plantas de la línea Puerto Rico y cuatro líneas mas. En una planta aneuploide de 43 cromosomas encontraron una apreciable variación en el tamaño de los granos de polen maduros y una tinción de polen de 18 por ciento; para plantas de 48 cromosomas observaron porcentajes de tinción de 5 a 9 por ciento.

La variedad Z-115 produce polen de buena viabilidad como lo demuestra el porcentaje estimado de 91.1 y la viabilidad observada por Gómez (1994) quién determinó un porcentaje de tinción del polen del 86.0. El porcentaje

(83.5) de viabilidad de polen para la línea 414513 fue ligeramente superior al reportado previamente de 80.7 por ciento (Gómez, 1994). Buffel Común fue otra de las variedades comerciales que mostró producción de polen de buena viabilidad con un porcentaje de 90 en tanto T-704 fue la variedad comercial de menor viabilidad con 77.3 por ciento.

Los resultados de fertilidad en cruza y viabilidad de polen muestran que los materiales de zacate buffel para lugares altos o con mayor tolerancia al frío (heladas) son difíciles de cruzar con el clon sexual TAM-CRD B-1s y que dicha dificultad no puede ser atribuida a la formación de polen no viable como fue observado también por Gómez (1994) para la línea 414513; la dificultad para cruzar la línea 414513 con el progenitor sexual fue atribuida a la naturaleza pentaploide de dicha línea. El número impar de genomas básicos en triploides, pentaploides, etc. ocasiona irregularidades en la distribución de los cromosomas durante la meiosis. En tales poliploides algunos cromosomas frecuentemente están presentes como univalentes y son distribuidos al azar a cualquier polo o pueden ser perdidos en anafase I o anafase II (Shulz, 1980).

#### Números Cromosómicos

El conteo de cromosomas y la determinación del nivel de ploidia se realizó solamente en 10 de los machos

apomícticos utilizados sin incluir las variedades Común y Z-115 así como la línea 414513 ya que estos tres materiales han sido estudiados recientemente. Estas investigaciones anteriores indican que las variedades Común y Z-115 tienen 36 cromosomas, es decir son tetraploides en tanto que la línea 414513 es pentaploide (Gómez, 1994).

Cuadro 4.5. Porcentajes de viabilidad de polen de progenitores machos utilizados en cruza con el clon sexual TAM-CRD B-1s. UAAAN. 1993.

LINEA O VARIEDAD	VIABILIDAD DE POLEN %	LINEA O VARIEDAD	VIABILIDAD DE POLEN %
409178	94.7	409359	82.6
409400	92.5	409238	82.6
409433	91.9	409234	82.4
Z-115	91.9	409211	80.6
COMUN	90.0	409240	80.5
409377	88.9	409189	80.5
NUECES	87.6	409236	78.2
409244	86.6	T-704	77.3
409248	86.0	409250	75.2
409266	84.4	409253	72.8
409205	84.2	409282	72.5
T-1754	83.9	409254	68.9
409264	83.8	409256	67.1
414513	83.5	409209	62.2



Los resultados de números cromosómicos se presentan en el Cuadro 4.6 y de acuerdo a ellos hay líneas tetraploides y pentaploides.

El complemento cromosómico de los materiales estudiados se presenta en las Figuras 1-10. El nivel de ploídia mas comúnmente observado fue el tetraploide con 36 cromosomas lo cual está de acuerdo con otras investigaciones donde se ha observado tambien una prevalencia de tetraploides (Fisher et al, 1954; Hignight et al., 1991).

Gómez (1994) concluyó que los materiales tetraploides son machos mas compatibles en cruza con TAM-CRD B-1s que los materiales pentaploides (línea 414513) lo cual cabría esperarse en términos generales. Hignight et al. (1991) observaron una fertilidad de 16 por ciento como promedio de cuatro machos tetraploides en cruza con TAM-CRD B-1s en tanto que la fertilidad de la línea pentaploide 409233 fue de ocho por ciento; los valores extremos de fertilidad para los cuatro tetraploides fueron de 43 y 2 por ciento.

La presente investigación demuestra que la compatibilidad en cruza con el clon sexual no es solo función del nivel de ploídia ya que solo uno de los nueve tetraploides, la línea 409244, mostró cierta compatibilidad en cruza en tanto que el resto de ellos tuvieron

porcentajes de fertilidad menores a uno por ciento. La línea 409400 que resultó pentaploide mostró muy poca compatibilidad en cruza con el clon sexual así como la línea 414513. La baja compatibilidad de esta última línea también fue reportada por Gómez (1994).

Estudios del apareamiento cromosómico de los tetraploides cruzados con el clon sexual por Hignight et al. (1991) así como de los híbridos F<sub>1</sub> indicaron un grado de apareamiento similar indicando esto que no existen diferencias entre los machos tetraploides en relación con el clon sexual que puedan explicar las diferencias observadas en su compatibilidad en cruza. Las diferencias encontradas por ellos en la hibridación las atribuyen a un posible efecto del aislamiento genético de mucho tiempo impuesto por la apomixis.

#### Evaluación de Híbridos

Los híbridos obtenidos provenientes de las cruzas fueron establecidos en el campo para su evaluación agronómica. En la primera estación de crecimiento las plantas del testigo (Z-115), fueron más vigorosas y más desarrolladas que las de los híbridos. Por lo que respecta a los híbridos de Z-115 se pudo apreciar que las plantas fueron más vigorosas y de mayor altura y producción de follaje, que aquellas de las cruzas con las líneas de lugares altos y con la variedad Común.

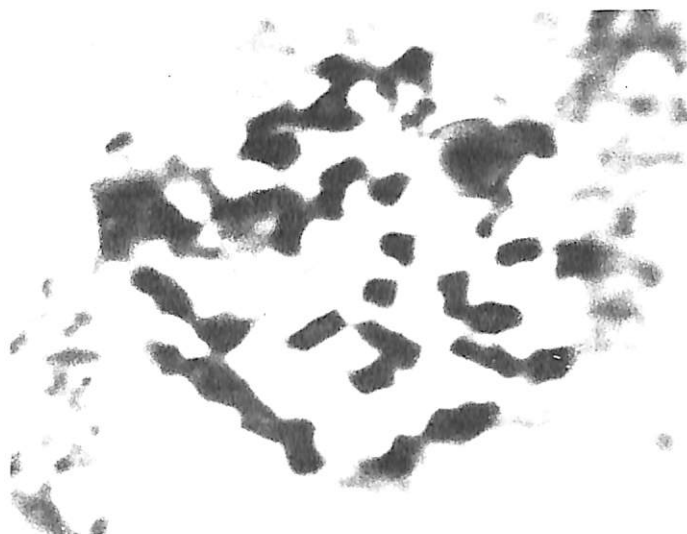


Figura 4.1 Cromosomas de la línea 409236  
en prometafase de mitosis  
 $2n = 4x = 36$

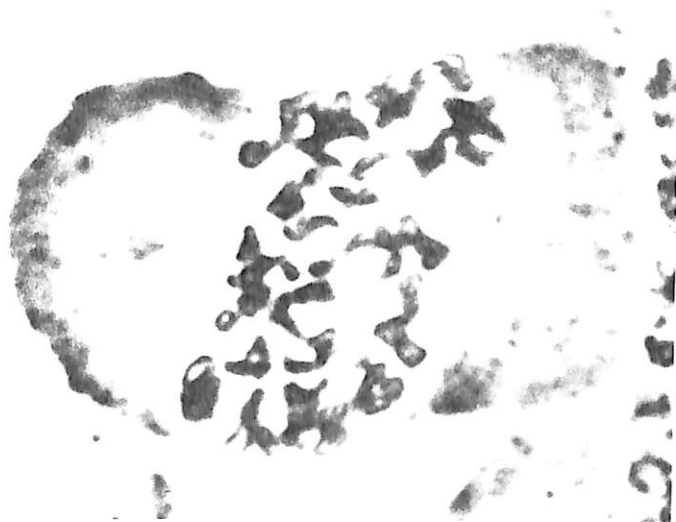


Figura 4.2 Cromosomas de la línea 409253  
en metafase de mitosis  
 $2n = 4x = 36$

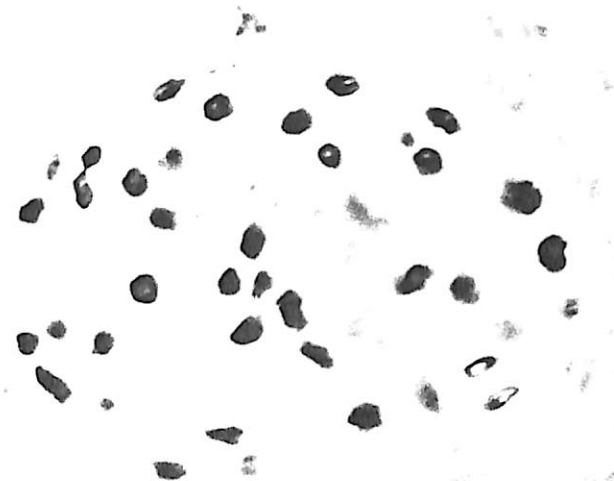


Figura 4.3 Cromosomas de la línea 409189  
en profase II de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

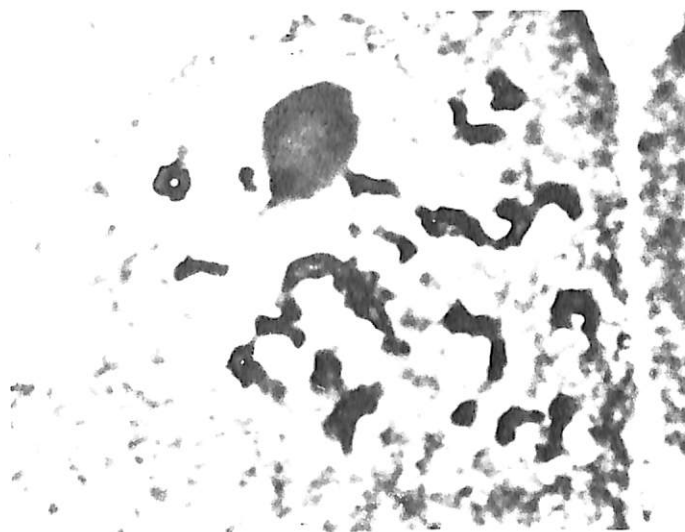


Figura 4.4 Cromosomas de la variedad Nueces  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

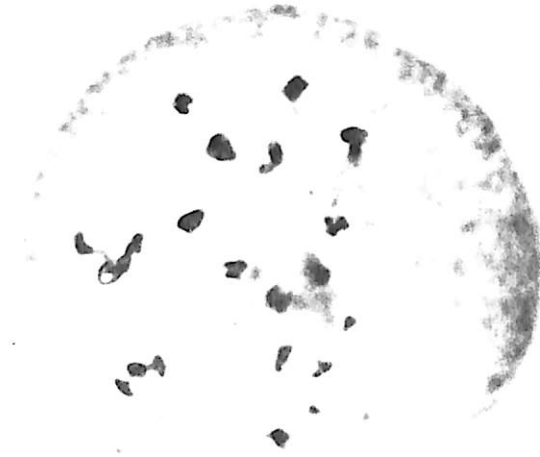


Figura 4.5 Cromosomas de la línea 409244  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

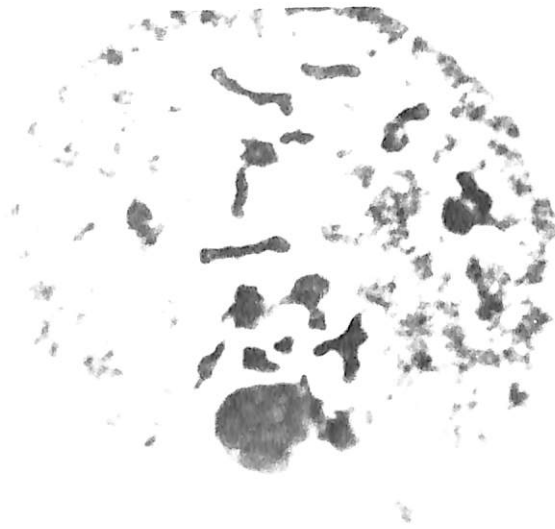


Figura 4.6 Cromosomas de la línea 409266  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

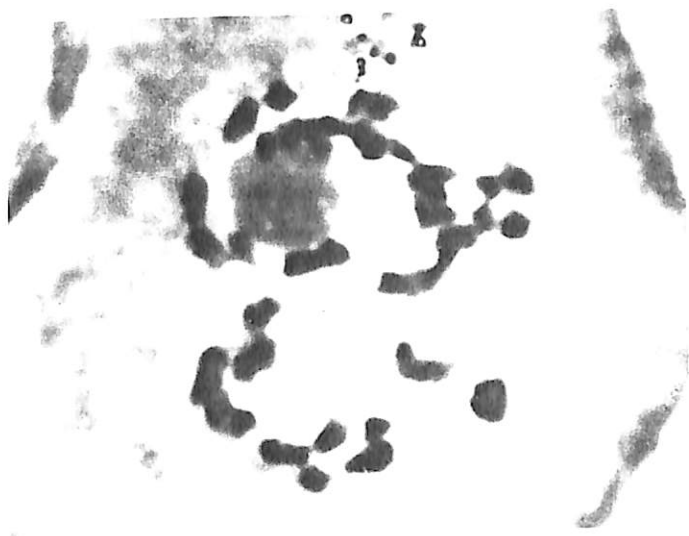


Figura 4.7 Cromosomas de la línea 409248  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

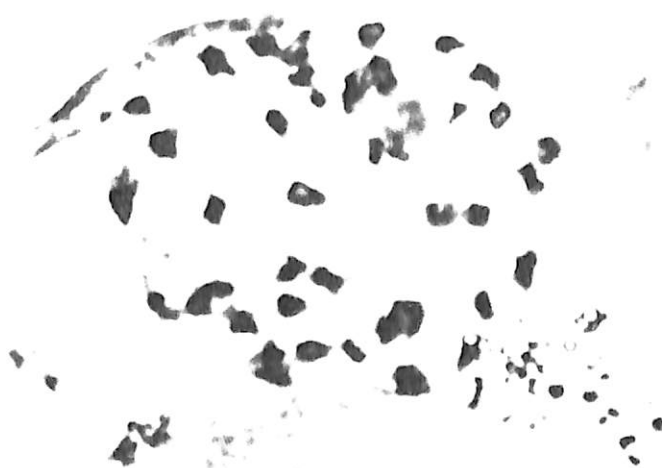


Figura 4.8 Cromosomas de la línea 409400  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 5x = 45$

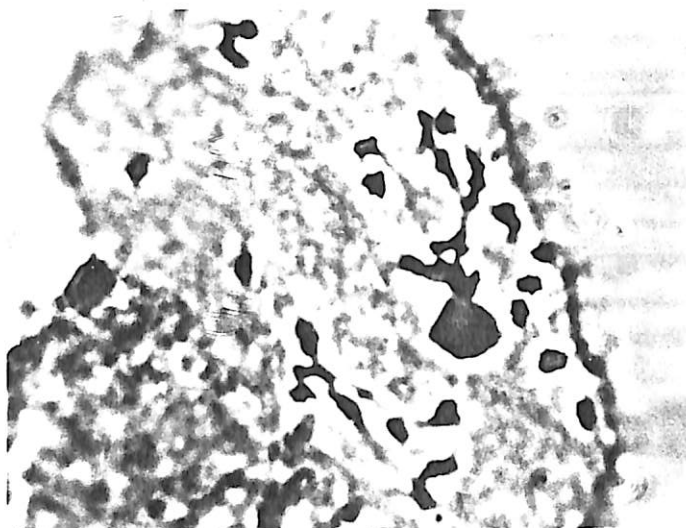


Figura 4.9 Cromosomas de la línea 409205  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

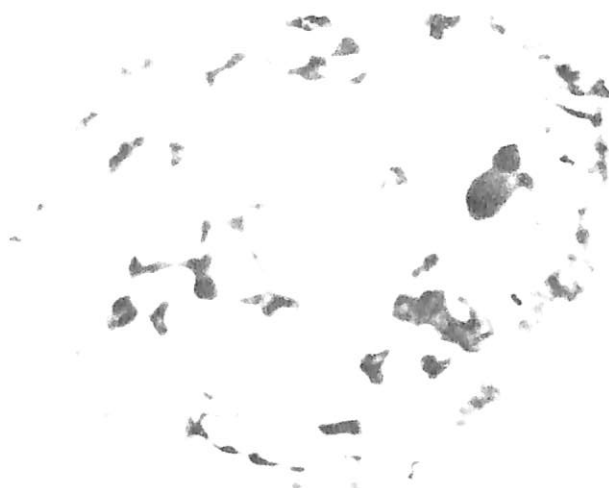


Figura 4.10 Cromosomas de la línea 409211  
en diacinesis de meiosis  
 $2n = 4x = 36$

Cuadro 4.6 Número cromosómico de diez machos apomícticos utilizados en cruza con el clon sexual TAM-CRD B-1s.

LINEA O VARIEDAD	NUMERO CROMOSOMICO	NIVEL DE PLOIDIA
NUECES	36	TETRAPLOIDE
409189	36	TETRAPLOIDE
409205	36	TETRAPLOIDE
409211	36	TETRAPLOIDE
409236	36	TETRAPLOIDE
409244	36	TETRAPLOIDE
409248	36	TETRAPLOIDE
409253	36	TETRAPLOIDE
409266	36	TETRAPLOIDE
409400	45	PENTAPLOIDE

La producción de forraje verde se aprecia en el Cuadro 4.7. La mayor producción se obtuvo con el testigo (Z-115) con una media de 13912 kg/ha, seguido de las plantas F<sub>1</sub> de su cruza con el clon sexual las cuales promediaron 12562 kg/ha. Únicamente las plantas F<sub>1</sub> de la cruza de el clon sexual con la línea 409250 tuvieron un rendimiento promedio superior a los híbridos de Común y el



promedio de las cuatro líneas se aleja bastante del obtenido con esta variedad comercial como progenitor masculino.

Cuadro 4.7 Rendimiento de forraje verde en kg/ha. de plantas F<sub>1</sub>. Ocampo, Coah. 1994.

LINEA O VARIEDAD	No. DE PLANTAS	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION ESTANDAR	Rango	
					Min	Max
409244	16	7897	1075	3675	1250	17500
409250	10	11562	1200	3875	5937	17500
409254	3	9375	150	1350	8125	11250
409282	8	5825	912	3375	312	10000
COMUN	13	9950	1387	4162	312	17500
Z-115	136	12562	3412	6537	1250	36250
TESTIGO	28	13912	4300	7337	1250	31250

De los resultados anteriores se desprende que la variedad Z-115 utilizada como progenitor masculino produce mejores híbridos cuando se cruza con el clon sexual que los producidos por Común y las líneas de lugares altos cuando estas últimas se logran cruzar con dicho clon sexual. Los resultados de esta investigación concuerdan estrechamente con los obtenidos por Gómez (1994).

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación y los objetivos planteados desde el inicio de la misma se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los resultados de fertilidad per se muestran que la producción de semilla bajo polinización libre de los materiales estudiados, está afectada por factores ambientales y genéticos. Ejemplos de materiales con genotipos desfavorables para producción de semilla son las líneas 409256, 409433 y 414513.
2. Los resultados obtenidos para la compatibilidad en cruza muestran que las líneas africanas denominadas "para lugares altos" difícilmente se cruzan con el clon sexual por lo que constituyen germoplasma poco favorable para un programa de hibridación en zacate buffel.
3. La variedad Z-115 supera ampliamente la capacidad de las líneas africanas y de las otras variedades comerciales utilizadas

para cruzarse con el clon sexual TAM-CRD B-1s.

4. En base al vigor observado de las plantas F<sub>1</sub> y la producción de forraje estimada, los híbridos formados con las líneas africanas como machos, carecen del potencial necesario para ser útiles como nuevas variedades.
  
5. En virtud de la mayor facilidad de cruzamiento con el clon sexual TAM-CRD B-1s así como de la producción de híbridos superiores, la variedad Z-115 debe seguirse utilizando en programas de hibridación en tanto no se disponga de otros machos que la superen.

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: la primera consistió en realizar cruzamientos en el invernadero y la segunda fue la evaluación de híbridos en el Campo Experimental de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Los objetivos generales fueron: estudiar la fertilidad *per se* de varios machos apomícticos de Zacate buffel (Cenchrus ciliaris L); estudiar la compatibilidad en cruza de los machos apomícticos con el clon sexual TAM-CRD B-1s; y la evaluación en el campo de los híbridos producidos.

Se realizó el estudio de la fertilidad *per se* de machos apomícticos clasificándolos en tres grupos de acuerdo al grado de fertilidad que tuvieron (alta fertilidad, mediana fertilidad y baja fertilidad). Estudios de viabilidad del polen fueron realizados de cada macho apomíctico en el laboratorio de la Universidad observándose que la mayoría de los materiales presentaron buena viabilidad. Se realizó el conteo de números cromosómicos en algunos machos apomícticos dado que la especie presenta diferentes

niveles de ploidía; detéctándose materiales tetraploides y pentaploides.

Para la realización de los cruzamientos primeramente se emascularon las espigas de el clon sexual procurando dejar alrededor de 40-45 involucros por espiga y posteriormente polinizar con polen proveniente de los machos apomícticos. Los machos se dividieron en tres grupos incluyendo en cada uno de ellos genotipos de alta, mediana y baja fertilidad *per se*. Se polinizaron diez espigas por macho, el primer y segundo grupo se trabajaron en los meses de Julio y Agosto y el tercer grupo se trabajo en Noviembre y Diciembre. Una vez cosechadas las espigas estas se procesaron manualmente para obtener la semilla F<sub>1</sub>. La mayor cantidad de cariósides se logró con Z-115 seguido de otros materiales como Común.

Las evaluaciones visuales realizadas en el campo muestran que los híbridos provenientes de la cruza con el progenitor Z-115 son mas vigorosos, con un mayor crecimiento y fenotípicamente similares a la variedad Z-115. Se observó que el testigo Z-115 presenta una

mayor producción seguido de los híbridos provenientes de su cruce con el sexual y luego los híbridos de Común.

Los resultados de fertilidad *per se* muestran que la producción de semilla bajo polinización libre de los materiales estudiados, está afectada por factores ambientales y genéticos. Ejemplos de materiales con genotipos desfavorables para producción de semilla son las líneas 409256, 409433 y 414513.

Los resultados obtenidos para fertilidad en cruce muestran que las líneas africanas denominadas "para lugares altos" difícilmente se cruzan con el clon sexual por lo que constituyen germoplasma poco favorable para un programa de hibridación en zacate buffel.

La variedad Z-115 supera ampliamente la capacidad de las líneas africanas y aún de las otras variedades comerciales utilizadas para cruzarse con el clon sexual TAM-CRD B-1s. En base al vigor observado de las plantas F<sub>1</sub> y la producción de forraje estimada, los híbridos formados con las líneas africanas como machos carecen del potencial necesario para ser útiles como nuevas variedades. En virtud de la mayor facilidad de cruzamiento con el clon sexual TAM-CRD B 1s así como de la producción de híbridos superiores, la variedad Z-115 debe seguirse utilizando en programas de hibridación en tanto no se disponga de otros machos que la superen.

## LITERATURA CITADA

- Ayerza, R.H. 1981. El Buffel Grass: utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- Bashaw, E.C. 1962. Apomixis and sexuality in buffelgrass. *Crop Sci.* 2:412-415.
- \_\_\_\_\_ 1968. Registration of Higgins buffelgrass. *Crop Sci.* 8:397-398.
- \_\_\_\_\_ 1969. Registration of buffelgrass germplasm. *Crop Sci.* 9:396.
- \_\_\_\_\_ 1975. Problems and possibilities of apomixis in the improvement of tropical forage grasses. In: E.C. Doll and G.O. Mott (eds.) *Tropical forages in livestock production systems.* Am. Soc. Agron. Special Pub. No.24 pp. 23-30.
- \_\_\_\_\_ 1980a. Registration of Nueces and Llano buffelgrass. *Crop Sci.* 20:112.
- \_\_\_\_\_ 1980b. Apomixis and its application in crop improvement. In W.R. Fehr and H.H. Hadley (ed.) *Hybridization of crop plants.* Am. Soc. Agron. *Crop Sci.* pp. 45-63.
- \_\_\_\_\_ 1985. Buffelgrass origins. In *Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality.* The Texas Agricultural Experiment Station in cooperation with the Texas Agricultural Extension Service; U.S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service. College Station, Texas. MP1575. pp. 6-8.

- \_\_\_\_\_ and W.W. Hanna. 1990. Apomictic reproduction. In: G.P. Chapman (ed). Reproductive versatility in the grasses. Cambridge University Press. pp 100-130.
- \_\_\_\_\_ and K.W. Hignight. 1990. Gene transfer in apomictic buffelgrass through fertilization of an unreduced egg. *Crop Sci.* 30: 571-575.
- Bray, R. A. 1978. Evidence for facultative apomixis in Cenchrus ciliaris. *Euphytica* 27:801-804.
- Briggs, F.N. and P.F. Knowles. 1977. Introduction to plant breeding. Reinhold Publishing Corporation. pp. 22-33.
- Briones R. M.A. 1991. Características de producción de semilla de 10 materiales de zacate buffel Cenchrus ciliaris L. Tesis de Licenciatura. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coah, México. 57 p.
- Brown, W.L. and W. H. Emery. 1958. Apomixis in the gramineae: panicoideae. *Amer. Jour. Bot.* 45: 253-263.
- Burton, G.W. 1948. Artificial fog facilitates Paspalum emasculation. *Agron.J.* 40:281-282.
- \_\_\_\_\_ and I. Forbes, Jr. 1960. The genetics and manipulation of obligate apomixis in common bahía grass (Paspalum notatum Flugge). Proceedings of the Eighth International Grassland Congress pp. 66-71.
- Fisher, W.D., E.C. Bashaw and E.C. Holt. 1954. Evidence for apomixis in Pennisetum ciliare and Cenchrus setigerus. *Agron. J.* 46:401-404.
- Flemons, K.F. and R.D. Whalley. 1958. Buffelgrass Cenchrus ciliaris. *Agricultural Gazette New South Wales* 69:449-460.



- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2da. ed. U N A M México 246 p.
- García, V.A. 1977. Manual de citogenética. 2da. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 118 p.
- Gómez, M.S. 1994. Autofecundación e hibridación en un clon sexual del zacate apomíctico Cenchrus ciliaris L. Tesis de Maestría. UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah.
- \_\_\_\_\_ y J.R. González D. 1992. Comportamiento del rendimiento en tres cosechas de semilla en varios genotipos de zacate buffel. Resúmenes del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. p.465.
- González D., J.R., S. Gómez M. y M.L. Cortes J. 1990. Tolerancia a heladas y producción de forraje y de semilla de líneas y variedades de zacate buffel. Rev. Fitot. Mex. 13:76-86.
- \_\_\_\_\_ y S. Gómez M. 1992. Semilla pura y sus componentes en zacate buffel. Resúmenes del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. p. 467.
- Gustafsson, A. 1946. Apomixis in higher plants. Part I. The mechanism of apomixis. Lunds University Arskr 42: 1-68.
- Hanna, W.W. and E.C. Bashaw. 1987. Apomixis: its identification and use in plant breeding. Crop Sci. 27:1136-1139.
- Hanson, A.A. 1972. Grass varieties in the United States. Agricultural Research Service. USDA. Agriculture Handbook No. 170. pp. 39-40.
- Harlan, J.R. 1965. The use of apomixis in the improvement of tropical and subtropical grasses. Proceedings of the Ninth International Grassland Congress. pp. 191-193.

- \_\_\_\_\_ and J.M.J. de Wet. 1963. Role of apomixis in the evolution of the Bothriochloa-Dichantium complex. Crop Sci. 3:314-316.
- Hashemi, A., J.E. West and J.G. Warnes. 1986. Chromosome pairing and pollen fertility in interspecific hybrids of interspecies of Parthenium (Asteraceae) Amer. J. Bot. 73: 980-988.
- Hatch, S.L. y M.A. Hussey. 1991. Origen, taxonomía y oportunidades de mejora genética del zacate buffel y especies afines. Séptimo Congreso Nacional Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. Simposio Internacional Aprovechamiento Integral del zacate buffel. 20-23 Agosto. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 3-13.
- Hignight, K. W., E.C. Bashaw and M.A. Hussey. 1991. Cytological and morphological diversity of native apomictic buffelgrass, Pennisetum ciliare (L.) Link. Bot. Gaz. 152:214-218.
- Holt, E.C. 1985. Buffelgrass. A brief history. In: buffelgrass: adaptation, management and forage quality. The Texas Agricultural Experiment Station in cooperation with the Texas Agric. Ext. Serv: U.S. Department of Agricultural Soil Conservation Service. College Station, Texas. MP 1575 pp 1-6.
- Humphreys, L.R. 1967. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) in Australia. Tropical Grasslands 1:123-134.
- Hussey, M.A. y E.C. Bashaw. 1990. Avances en el mejoramiento genético del zacate buffel. IV Conferencia Internacional de Ganadería Tropical. 19 Oct. Cd. Victoria, Tamps. pp. 12-15.
- Ibarra, F.F., J.R. Cox y M.R. Martín. 1991. Efecto del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate buffel en México y Sur de Texas. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposio Internacional Aprovechamiento Integral

del Zacate Buffel. 20-23 agosto. Cd. Victoria  
Tamps. pp. 14-28.

Mendoza H., J.M. 1982. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agrometeorología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

Osuna R., O.M. 1986. Buffel Zaragoza-115 para el norte de Coahuila. CAEZAR-CIAN-INIFAP-SARH. Despegable CAEZAR 1.

Paull, C.J. and G.R. Lee. 1978. Buffel grass in Queensland. Queensland Agric. Journal 104:57-75.

Powers, L. 1945. Fertilization without reduction in guayule (*Parthenium argentatum* L.), and a hypothesis as to the evolution of apomixis and polyploidy. Genetics 39: 640-666.

Read, J.C. and E.C. Bashaw. 1969. Cytotaxonomic relationships and the role of apomixis in speciation in buffelgrass and birdwoodgrass. Crop Sci. 9: 805-806.

Richardson, W.L. 1958. A technique of emasculating small grass florets. Indian Journal of Genetics Plant Breeding. 18:69-73.

Saldívar F.A. 1991. Ecosistemas del zacate buffel en Tamaulipas. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. pp 20-23 agosto Cd. Victoria Tamps.

Schulz, S., Jurgen. 1980. Cytogenetics+Plants-Animals Humans. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlín.

Sherwood, R.T., B.A. Young and E.C. Bashaw. 1980. Facultative apomixis in buffel grass. Crop Sci. 20:375-379.

Snyder, L.A., A.R. Hernández and H.E. Warmke. 1955.  
The mechanism of apomixis in Penisetum ciliare.  
Botanical Gazette 116:209-221.

Stebbins, G.L. 1950. Variation and evolution in plants.  
Columbia University New York. p. 643.

Taliaferro, C. M. and E.C. Bashaw. 1966. Inheritance and  
control of obligate apomixis in breeding  
buffelgrass, Penisetum ciliare. Crop Sci.  
6:473-476.

Vogel, K.P. and J.F. Pedersen. 1993. Breeding systems  
for cross-pollinated perennial grasses. Plant  
Breeding Reviews 11:251-274.

Voigt, P.W., B.L. Burson and M.L. Engelke. 1977.  
Breeding apomictic grasses. Proc. 34th South.  
Past. Forage Crop Imp. Conf. 104-112.

Whyte, R.O., T.R.G. Moir and J.P. Cooper. 1959. Grasses  
in agriculture. FAO Agricultural studies, No.42.  
p 24.