

AUTOFECUNDACION E HIBRIDACION EN UN CLON
SEXUAL DEL ZACATE APOMICITICO

Cenchrus ciliaris L.

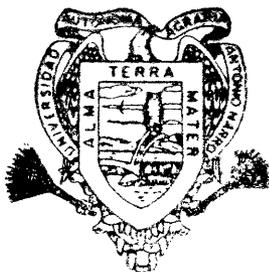
SUSANA GOMEZ MARTINEZ

T E S I S

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.

JUNIO DE 1994

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:

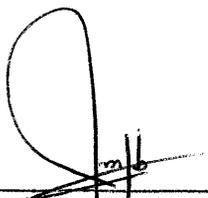


Dr. Eleuterio López Pérez

Asesor:



M.C. Jose L. Chávez Araujo



Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Postgrado



FACULTAD DE AGRICULTURA
EGIDIO C. ROSALES
UNIVERSIDAD DE COAHUILA
SALTILO, COAH.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio de 1994

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge R. González Domínguez, que fue parte medular en el desarrollo de esta investigación, la cual sin su participación difícilmente habría alcanzado los objetivos propuestos. Por la transmisión de experiencias en el área del fitomejoramiento y su amistad con la que me ha distinguido. Por siempre, gracias.

Al Dr. Eleuterio López Pérez. Por su contribución en mi formación académica y por sus aportaciones y sugerencias al presente trabajo.

Al M. C. José L. Chávez Araujo, por sus enseñanzas en el mejoramiento de plantas y su valiosa colaboración en esta investigación.

Al M. C. Juan M. Martínez Reyna Por su invaluable amistad, apoyo y sugerencias al trabajo de investigación.

A los trabajadores del Campo Experimental de Ocampo, Coahuila por su disponibilidad y eficiencia en los trabajos de campo. A los Srs. Salvador Salas S. y Salvador Ruiz C. por su colaboración en los trabajos de invernadero.

A la TLQ Norma Leticia Portos D. por su apoyo en los trabajos de laboratorio. Mi más sincero agradecimiento a amigos y compañeros que directa o indirectamente participaron en la realización de este trabajo.

A mi *Alma Mater* que a través del tiempo ha formado hombres útiles a la patria. Mi agradecimiento por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

DEDICATORIA

A DIOS:

*Que es parte esencial en mi vida
y su presencia es fuente
inagotable de amor*

A MIS PADRES:

Manuel Gómez G. y Andrea Mtz C.

*Que son lo mas valioso que me ha
brindado el señor y porque han
inculcado en mi un espíritu de
trabajo y tenacidad para alcanzar
las metas que me he propuesto.*

A MIS HERMANOS, SOBRINOS Y CUÑADOS:

*Con inmenso amor y agradecimiento
por su cariño y estímulo
para seguir superandome.*

COMPENDIO

AUTOFECUNDACION E HIBRIDACION EN UN CLON SEXUAL
DEL ZACATE APOMICTICO *Cenchrus ciliaris* L.

POR:

SUSANA GOMEZ MARTINEZ

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 1994

Dr. Jorge R. González Domínguez -Asesor-

Palabras claves: *Cenchrus ciliaris*, Clon sexual, Apomixis, Autofecundación, Hibridación.

Con los objetivos de producir y evaluar plantas S₁ y F₁ de zacate buffel y seleccionar genotipos superiores de reproducción apomíctica, se realizaron autofecundaciones y cruzamientos en el clon sexual TAM-CRD B1-s de zacate buffel en invernadero. El clon sexual se utilizó como progenitor hembra en los cruzamientos con tipos apomícticos. En los dos ciclos de hibridación realizados se demostró la superioridad de Z-115 para cruzarse con el clon sexual y la

incompatibilidad de la línea 414513 con el clon sexual. Se determinó que la compatibilidad en cruza de materiales apomícticos con el clon sexual depende en gran medida del nivel de ploidía de los progenitores macho utilizados.

Las evaluaciones de plantas S_1 y F_1 se realizaron en Ocampo, Coahuila, la progenie de la planta sexual autofecundada mostró una amplia variabilidad para características morfológicas. Los rendimientos de forraje fueron muy bajos en comparación a las plantas F_1 .

La progenie F_1 producto de la cruza del clon sexual con Z-115 resultó en plantas vigorosas muy parecidas morfológicamente a Z-115. Se seleccionaron 108 híbridos para determinar su modo de reproducción mediante pruebas de progenie y para mayor evaluación de campo. La muestra utilizada en esta prueba (15 plantas) permitió diferenciar los híbridos sexuales de los apomícticos y se observó una proporción de 1:9.8 sexuales a apomícticos. Los híbridos apomícticos superaron en vigor y producción de materia seca a los híbridos sexuales que produjeron progenies menos vigorosas. Veintidos híbridos apomícticos fueron superiores en producción de materia seca a la media de Z-115. Se concluye que por hibridación es más factible obtener genotipos apomícticos superiores para generar nuevas variedades de zacate buffel.

ABSTRACT

SELFING AND HYBRIDIZATION ON A SEXUAL CLON OF THE
APOMICTIC GRASS *Cenchrus ciliaris* L.

By

SUSANA GOMEZ MARTINEZ

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE 1994.

Dr. Jorge R. González Domínguez -Advisor-

Key words: *Cenchrus ciliaris*, Sexual Clon, Apomixis,
Selfing, Hybridization.

With the objectives of developing and evaluate S₁ and F₁ plants of buffel grass and select superior genotypes with apomictic reproduction, selfings and crossing were made on the sexual clon TAM- CRD B-1s of buffel grass in a green house. The sexual clon was used as the female parent in crosses with apomictic types. The two cycles of hybridization made showed high and poor cross-compatibility with the sexual clon for variety Z-115 and strain 414513, respectively.

It was determined that the cross-compatibility of apomictic materials with the sexual clon depends mostly of the ploidy level of the male parents used.

The evaluation of S₁ and F₁ plants was conducted in Ocampo, Coahuila. The selfed progeny of the sexual clon showed a great variability in morphological characteristics. The forage yields were very low compared to the F₁ plant yields.

The F₁ progeny resulting from the cross of the sexual clon with Z-115 produced vigorous plants morphologically similar to Z-115. To investigate method of reproduction by progeny tests, and further field evaluation, 108 hybrids were selected. The sample used for each hybrid in these tests was 15 plants. The progeny tests permitted to differentiate the sexual from the apomictic hybrids. The ratio of sexual to apomictic hybrids was 1:9.8 respectively. The apomictic hybrids were more vigorous and superior for dry matter production than the sexual hybrids. Less vigorous progenies were obtained from the sexual hybrids. Twenty two apomictic hybrids outyielded Z-115 for dry matter production. It was concluded that hybridization is more effective to obtain superior apomictic genotypes to develop new varieties of buffel grass.

INDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
INDICE DE CUADROS.....	<i>xiv</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>xvi</i>
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	5
ORIGEN Y DISTRIBUCION DEL ZACATE BUFFEL	5
INTRODUCCION DEL ZACATE BUFFEL	
A AUSTRALIA.....	5
INTRODUCCION DEL ZACATE BUFFEL	
A AMERICA.....	6
ADAPTACION.....	8
CLIMA.....	8
SUELOS.....	11
ESTABLECIMIENTO.....	12
PERSISTENCIA.....	13
DISPERSION.....	13
DESCRIPCION MORFOLOGICA.....	14
VARIETADES.....	15
COEFICIENTE DE AGOSTADERO.....	16
VALOR NUTRITIVO.....	17
RELACIONES TAXONOMICAS.....	18
COMPLEJO AGAMICO.....	18
ESPECIES RELACIONADAS.....	19
NUMERO CROMOSOMICO.....	22

REPRODUCCION DE LA ESPECIE.....	23
APOMIXIS.....	25
CLASIFICACION DE LA APOMIXIS...	26
APOMIXIS Y EVOLUCION.....	28
INDICADORES DE LA APOMIXIS.....	29
VENTAJAS DE LA APOMIXIS.....	30
DESVENTAJAS DE LA APOMIXIS.....	30
CAUSAS DE LA APOMIXIS.....	31
HERENCIA DE LA APOMIXIS.....	33
TRANSFERENCIA DE LA APOMIXIS...	35
MEJORAMIENTO DE LA ESPECIE.....	35
SELECCION DE ECOTIPOS.....	36
HIBRIDACION.....	38
FERTILIZACION DE HUEVOS	
NO REDUCIDOS.....	41
MATERIALES Y METODOS.....	44
MATERIAL GENETICO.....	44
TAM-CRD B-1s.....	44
ZARAGOZA-115.....	44
LINEA 414513.....	45
BUFFEL COMUN.....	45
METODOLOGIA.....	45
PROPAGACION DEL CLON SEXUAL....	46
OBTENCION DE LA SEMILLA S ₁	46
OBTENCION DE LA SEMILLA F ₁	46
VIABILIDAD DEL POLEN.....	49
CICLOS DE HIBRIDACION.....	50
DETERMINACION DEL NUMERO CROMOSOMICO...	51

EVALUACIONES DE CAMPO.....	52
CLIMA.....	53
PLANTAS S ₁	53
PLANTAS F ₁	56
PRUEBA DE PROGENIE Y EVALUACION AGRONOMICA.....	58
RESULTADOS Y DISCUSION.....	61
PLANTAS S ₁	61
ESTABLECIMIENTO DE PLANTAS S ₁ ..	61
EVALUACION CUALITATIVA.....	61
RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE...	63
SELECCION DE PLANTAS S ₁	66
HIBRIDACION.....	66
PRIMER CICLO DE HIBRIDACION....	67
SEGUNDO CICLO DE HIBRIDACION...	68
NIVELES DE PLOIDIA Y COMPATIBILIDAD.....	75
PLANTAS F ₁	79
ESTABLECIMIENTO.....	79
EVALUACION VISUAL.....	79
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA....	80
PRUEBA DE PROGENIE PARA DETERMINACION DEL MODO DE REPRODUCCION.....	82
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA....	87
CONCLUSIONES.....	93
RESUMEN.....	<u>95</u>
LITERATURA CITADA.....	99
APENDICE.....	106

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i> No.		<i>Página</i>
2.1.	METODOS PARA DESARROLLAR NUEVAS VARIEDADES APOMICTICAS DE ZACATE BUFFEL.....	40
4.1.	CARIOPSIS PRODUCIDOS POR EL CLON SEXUAL EN CRUZA CON TRES MACHOS APOMICTICOS Y TRES TECNICAS DE POLINIZACION.....	72
4.2.	CROMOSOMAS DE LA VARIEDAD Z-115 EN METAFASE DE MITOSIS	77
4.3.	CROMOSOMAS DE LA VARIEDAD COMUN EN METAFASE DE MITOSIS.....	77
4.4	CROMOSOMAS DE LA LINEA 414513 EN METAFASE DE MITOSIS.....	78

INTRODUCCION

El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris L.*) es una gramínea introducida que se utiliza como forrajera y se caracteriza por su facilidad de establecimiento, por su resistencia a la sequía, por su buen potencial de rendimiento de forraje y semilla así como por su buena aceptación por el ganado. Estas características favorables del zacate buffel han determinado que actualmente sea el pasto de mayor importancia económica para la ganadería extensiva del sur de Texas y norte de México. Se estima que actualmente existen 700,000 ha sembradas con este zacate en el sur de Texas (Hanselka, 1988) y entre 1,500,000 (Ibarra et al., 1991) y 2,000,000 (Saldívar, 1991) en la República Mexicana con las mayores superficies en los Estados de Tamaulipas, Sonora, Nuevo León y Coahuila. El norte y centro del estado de Coahuila es una región predominantemente ganadera en la que el zacate buffel es una especie importante estimándose en la entidad 90,000 ha ocupadas con este pasto.

Prácticamente toda la superficie con zacate buffel, tanto en Texas como en México, está ocupada con la variedad apomíctica conocida como "buffel común". Desde la liberación informal de esta variedad en 1949, muy pocas variedades

nuevas han sido desarrolladas y éstas por una u otra razón no han podido competir con la variedad común, por lo que es de esperarse que la superficie de buffel se siga incrementando con la misma variedad. Esto constituye un peligro latente para la ganadería, pues es de sobra conocido que a mayor uniformidad genética de los cultivos mayor es la vulnerabilidad de los mismos cuando se presentan condiciones favorables para el desarrollo de epifitias. Ejemplos conocidos de estos son la hambruna de Irlanda en 1840, el tizón del castaño a principios del siglo y el tizón del maíz en E.U. en 1970 (Comitte on Genetic Vulnerability of Major Crops, 1972).

Hay varias razones que han contribuido a la falta de variedades de zacate buffel pudiendo mencionarse entre éstas el reducido número de programas de mejoramiento genético de especies forrajeras y el modo de reproducción apomíctico (reproducción asexual a través de semillas) de la especie que impide el cruzamiento entre materiales. Sin embargo, la barrera de la apomixis puede romperse cuando existe sexualidad en la especie. El descubrimiento de una planta de zacate buffel capaz de reproducirse sexualmente por autofecundación o cruzamiento con otras plantas abrió nuevas posibilidades para el mejoramiento genético de esta especie, ya que la sexualidad hace ahora posible, mediante la hibridación, la obtención de nuevas combinaciones de genes para seleccionar híbridos apomícticos superiores en los que

el vigor híbrido es preservado por generaciones infinitas por la apomixis. Es así como la apomixis anteriormente considerada un obstáculo, ahora se ha convertido en una herramienta útil al mejoramiento genético de las plantas.)

Bajo estas circunstancias se diseñó un trabajo de mejoramiento genético del zacate buffel donde se planearon los siguientes objetivos:

Objetivos Generales

1. Producir, evaluar y seleccionar plantas S_1 apomícticas.
2. Producir, evaluar y seleccionar plantas F_1 apomícticas.

Objetivos Específicos

1. Producir plantas S_1 por autofecundación del clon sexual TAM-CRD B-1s.
2. Evaluar agronómicamente las plantas S_1 bajo las condiciones de Ocampo, Coahuila.
3. Producir híbridos experimentales F_1 por cruzamiento del clon sexual con materiales

apomícticos.

4. Determinar en el laboratorio el número cromosómico de los progenitores apomícticos machos.
5. Evaluar los híbridos F_1 bajo las condiciones de Ocampo, Coahuila.
6. Determinar el modo de reproducción de los híbridos F_1 sobresalientes mediante pruebas de progenie en el campo.
7. Seleccionar las progenies F_2 de los híbridos apomícticos para someterlos a una evaluación agronómica más rigurosa.

Hipótesis

1. Es factible producir y seleccionar plantas S_1 apomícticas superiores.
2. Se pueden obtener y seleccionar materiales apomícticos superiores a través de hibridaciones.

REVISION DE LITERATURA

Origen y Distribución del Zacate Buffel

Bashaw (1985) lo considera originario de Sudáfrica, por la enorme variabilidad encontrada en el Transvaal y Provincias del Cabo, según este autor de ahí se extendió hacia el norte a través de las regiones áridas de Africa y dentro de los pastizales áridos del oeste de la India.

En muchas áreas del mundo el zacate buffel está limitado a latitudes de 30° Norte a 30° Sur. Sin embargo, en Australia tiene buen desarrollo a 34° latitud Sur. Es nativo del noreste de Africa e India y se le encuentra en una amplia área desde Arabia y Madagascar hasta India (Flemons y Whalley, 1958).

Pandeya y Jayan (1970) mencionan que se le encuentra a lo largo de Africa, Islas Canarias, Madagascar y al este hacia la India donde ocurre en los estados occidentales de Rajasthan, partes de Punjab y Guajarat.

Introducción del Zacate Buffel a Australia

El zacate buffel se introdujo accidentalmente a

Australia entre 1870 y 1880 en los arneses de unos camellos afganos, por Wallal algunas 150 millas al noreste del Puerto de Hedland (Flemons y Whalley, 1958; Humphrey, 1967).

Introducción del Zacate Buffel a América

Hoverson (sin fecha) menciona que en 1917 se realizaron las primeras introducciones de zacate buffel a Estados Unidos, sembrándose en 1918 en Temple, Chillicothe en 1928 y Tyler en 1932. Sin embargo, estas pruebas fallaron ya que se realizaron demasiado al norte y sobre suelos arcillosos y pesados (Hanselka, 1988). Actualmente se conoce que estas condiciones no son las adecuadas para el desarrollo del buffel (Holt, 1985).

Después de muchas pruebas se observó que las plantas de zacate buffel provenientes de semilla colectada en regiones Centro-Norte de Kenia o Sureste de Afganistán eran más fáciles de establecer, persistían más y se dispersaban más rápido por semilla que otros zacates nativos e introducidos (Cox, 1991). Este material se introdujo a los Estados Unidos en 1946 como P.I. 153671 sembrándose primeramente en San Antonio Texas y debido al éxito obtenido, El Servicio de Conservación de Suelos lo liberó informalmente en 1949 identificándolo como T-4464 conocido como común americano (Holt, 1985).

Básicamente todo el buffel que se ha dispersado en el sur de Texas y norte de México descende de T-4464 (Hoverson, Sin fecha). Entre 1949 y 1985 los productores de semilla de Texas vendieron siete millones de kg de semilla de T-4464 (Cox, 1991).

[El zacate buffel se introdujo al noreste de México en 1954 por el Estado de Nuevo León y por el sureste fue introducido por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas a través del Campo Agrícola Experimental de Cotaxtla, Veracruz y posteriormente a otros estados de la República Mexicana (Ibarra *et al.*, 1991; Hanselka y Johnson, 1991 y Romero, 1981) y en poco tiempo se dispersó en casi todos los países americanos (Ayerza, 1981).]

Brasil lo ha utilizado en la región llamada "polígono de secas", zona de lluvias muy irregulares (400-1000 mm) y en Paraguay se le considera el principal colonizador en la región occidental especialmente en el área de Filadelfia (Ayerza, 1981).

Se estima que el zacate buffel ha sido establecido en 25-30 millones de hectáreas en los hemisferios norte y sur (Cox, 1991).

Adaptación

El establecimiento del zacate buffel en el sur de Texas aparece como automático en muchos casos (Williamson y Pinkerton, 1985). Se cree que el excelente comportamiento tanto en el sur de Texas como en el norte de México se debe a que las condiciones de clima y suelo de los países nativos son similares a las de estas regiones (Bashaw, 1985).

Ibarra et al. (1991) mencionan que el clima y el suelo son los factores que determinan el establecimiento y persistencia del zacate; por lo tanto si se toman en cuenta estos factores se pueden reducir considerablemente las probabilidades de fracaso en una siembra.

Clima

Kelk y Donaldson (1983) mencionan que para un crecimiento adecuado del zacate buffel se requiere de temperaturas e intensidades de luz altas, ya que cuando las temperaturas diurnas son altas pero las temperaturas nocturnas son moderadas o bajas, la producción se ve seriamente afectada. Señalan además estos autores que investigaciones en Australia han mostrado que cuando no existen otros factores limitantes la temperatura favorable es 37 °C.

En los Estados Unidos de América el buffel común está adaptado a lugares donde las temperaturas raramente bajan hasta -17°C (Hanson, 1972). Reportes de Texas indican que temperaturas de -12°C ha causado la muerte del zacate buffel común mientras que el buffel azul puede probablemente tolerar temperaturas de -19 ó -20°C (Wheeler y Hill, 1957).

Hanselka y Johnson (1991) mencionan que el factor limitante de la especie es la falta de tolerancia a las heladas, ya que cuando se siembra en regiones con inviernos severos la sobrevivencia es errática y la producción de forraje muy limitada. Este factor limita su rango de adaptación al sur de Texas, a las planicies costeras y al sur de México que son áreas con inviernos no muy fríos (Ibarra *et al.*, 1991). Sin embargo, los tipos rizomatosos tienen la habilidad de tolerar más frío y sobreviven en partes mas altas ya que los rizomas proveen a la planta de un mecanismo de protección que resulta en mayores probabilidades de sobrevivencia al invierno (Bashaw, 1985).

La variedad Llano, un híbrido apomíctico obligado desarrollado en Texas (Bashaw, 1980a) ha mostrado tener mayor tolerancia al frío que Común y Higgins y hace algunos años era considerado la variedad más tolerante (Bashaw, 1981 y Bashaw, 1985). En Navidad, N.L. este híbrido rizomatoso mostró una sobrevivencia de 100 por ciento el año de establecimiento cuando se registraron temperaturas de 0°C o

menores en 130 ocasiones y la mínima extrema alcanzó -12°C . Después de una reducción en sobrevivencia de 10 por ciento registrado el segundo invierno, la población de Llano permaneció constante después de cinco inviernos más (González et al., 1990).

Materiales no rizomatosos colectados en las montañas de Africa del Sur han mostrado una verdadera tolerancia al frío. En College Station 49 de estos sobrevivieron en 1983 una temperatura de 7°F (-13.7°C). De estos se seleccionó una línea liberada como variedad T-704 considerada en la actualidad como el zacate buffel más resistente al frío (Bashaw, 1985; Hussey y Bashaw, 1990). Se desprende de la información más reciente que la probable tolerancia al frío de buffel azul mencionada en los primeros años (Wheeler y Hill, 1957), fue sobreestimada.

El zacate buffel ha demostrado ser una planta tolerante a la sequía (Taliaferro y Bashaw, 1966) siendo los tipos bajos los que por lo general toleran más este factor, no obstante algunas variedades altas como Biloela y Molopo fueron colectadas en regiones muy secas.

Paull y Lee (1978) mencionan que el uso del zacate en Australia está restringido a áreas semiáridas y trópicos y subtropicos húmedos de 375 a 750 mm de precipitación, donde aproximadamente el 60 por ciento de la lluvia cae

durante el verano.

Marriot y Anderssen (1953) reportaron que el zacate buffel en Australia estaba adaptado a lugares con bajo promedio anual de lluvia (500mm) y recomendaron que la especie se probara en áreas más secas.

En Arizona la especie se adapta bien en lugares con 280 a 400 mm de lluvia (Arizona Interagency Range Technical Sub-Committee, 1973).

Suelos

Cox *et al.* (1988) mencionan que los suelos de textura de migajón arcilloso son los más aptos para el establecimiento del zacate buffel y dentro de esta textura los ligeramente alcalinos son más adecuados que los ligeramente ácidos.

Bajo temporal los suelos extremadamente arenosos y arcillosos son totalmente inadecuados para la siembra del zacate buffel. Bajo estas condiciones se empieza a tener problemas con 20 por ciento de arcilla pero suelos con un contenido de 30 por ciento son especialmente inadecuados (Williamson y Pinkerton, 1985). Sin embargo, bajo condiciones de riego El Programa de Pastos de la Universidad ha establecido en Ocampo, Coahuila lotes de zacate buffel en

suelos con texturas de hasta 52 por ciento de arcilla.

En cuanto al *pH* Ibarra *et al.* (1991) reportan que el zacate se establece y persiste en *pH* de 5.1 a 8.4 y en suelos hasta con 1400 ppm de sales solubles totales. La reacción del suelo óptima para el buffel es neutra o ligeramente alcalina (Paull y Lee, 1978).

Establecimiento

Ibarra *et al.* (1991) mencionan que de manera general, el zacate buffel es de fácil establecimiento sin embargo, este falla o tiende a desaparecer cuando se presentan las condiciones siguientes:

1. Cuando el promedio de las temperaturas mínimas del mes más frío es cercano a los 5 °C.
2. Cuando el contenido de arena excede el 90, la arcilla 50 y el limo el 60 por ciento.
3. En siembras realizadas en sitios con menos de 250 mm de lluvia anual sin sistemas de captación de escurrimientos.
4. En siembras realizadas en suelos salinos o ácidos.
5. Cuando hay exceso de arbustos en la pradera.
6. Cuando la pradera está sujeta al sobrepastoreo y no se le permite recuperarse.

Persistencia

El buffel puede establecerse inicialmente en casi todas las texturas de suelo pero su persistencia a largo plazo depende del tipo específico de textura. Persiste en suelos bien drenados de textura de migajón, migajón-arenoso, migajón-arcilloso y migajón-areno-arcilloso (Humphreys, 1967).

Ibarra et al. (1991) reportan que cuando las lluvias en la época de crecimiento exceden los 440 mm en el noreste de Australia y sureste de México, y ésta durante la época de latencia generalmente excede 300 mm las praderas de zacate buffel establecidas persisten pero no se dispersan a sitios adyacentes.

El zacate buffel también persiste en la parte Centro-Oeste de Texas, Centro de India y Centro-Sur de Sudáfrica, cuando las temperaturas mínimas promedio de los meses más fríos son menores de 6°C o la lluvia durante la latencia excede 400 mm o no existe un período prolongado de sequía (Cox, 1991).

Dispersión

Para una dispersión activa del zacate buffel sobre suelos de migajón-arcilloso, migajón-areno-arcilloso y arena

migajonosa se requieren aproximadamente de 90 días de crecimiento en el verano e inviernos relativamente templados y secos (Ibarra et al., 1991).

Cox et al. (1988) mencionan que el zacate se disemina en forma natural en elevaciones de seis hasta 830 msnm y temperaturas mínimas y máximas promedio mensual de 5 a 45 °C, cuando la precipitación anual fluctúa de 200 mm, en los desiertos de Turkana y Sonora a 1250 mm, en el noroeste de Australia.

Ibarra et al. (1991) reportan que el zacate buffel coloniza activamente agostaderos adyacentes en Kenia, Sudafrica, noreste de Australia y noroeste de México y en las regiones menos húmedas y menos frías del noreste de México y sur de Texas, cuando la lluvia en estas localidades durante el crecimiento activo de las plantas, varía de 700 a 2400 mm mientras que la lluvia durante la época de latencia es de 10 a 285 mm y la temperatura en el mes más frío varía entre 0 y 23 °C (Cox et al., 1991).

Descripción Morfológica

El zacate buffel es un zacate amacollado, perenne, vigoroso y polimórfico de la tribu Paniceae (Taliaferro y Bashaw, 1966).

Es un zacate de raíz profunda, erecto y amacollado. Los brotes se originan de la corona la cual está abajo de la superficie del suelo y algunos cultivares tienen rizomas cortos. Los tallos son frecuentemente ramificados, erectos, lisos, glabros y por lo regular geniculados hacia la base, las hojas son verdes o azulosas de hasta 28 cm de largo y ocho mm de ancho (Whiteman et al., 1974; Paull y Lee, 1978).

Paull y Lee (1978) describen la inflorescencia del zacate buffel como una espiga cilíndrica de 2.5 a 15 cm de longitud y de 8 a 16 mm de diámetro. El raquis de la espiga es cerrado y los fascículos están unidos por pedúnculos muy cortos en grupos de una a tres espiguillas. Cada grupo o fascículo está rodeado por un anillo de cerdas en forma de taza (involucro) en dos hileras. La exterior es más fina que la interior, las cerdas interiores están unidas en la base en una longitud de 0.1 a 0.2 mm.

Variedades

Cenchrus ciliaris cuenta con variedades adaptadas a diferentes condiciones ambientales. Ayerza (1981) las clasifica de acuerdo al desarrollo de sus rizomas y a la altura de las plantas en altas, medianas y bajas.

Las variedades altas se caracterizan por la presencia de rizomas y alcanzan alturas de 1.5m bajo

condiciones favorables, entre estas se pueden mencionar: Biloela, Molopo, Llano, Nueces y Boorara.

Las plantas de las variedades de altura media son más postradas que las variedades altas, llegan a alcanzar un metro de altura y pueden no poseer rizomas, entre estas se encuentran: Común, Higgins, Gayndah y el clon sexual TAM-CRD B-1s.

Las variedades bajas raramente superan los 70 cm de altura y no poseen rizomas, entre estas se incluyen: Las variedades West Australian, Manzimnyama y Sebungwe

Coeficiente de Agostadero

El zacate buffel reduce el coeficiente de agostadero de los ranchos del sur de Texas de 30 a 10 acres/UA (unidad animal) (Hanselka, 1988), ya que una vez establecido el zacate resiste la presión de pastoreos severos (Humphreys, 1967).

El zacate buffel ha aumentado la capacidad de carga animal por lo menos un 300 por ciento. En Sonora con una precipitación de 300 mm el coeficiente de agostadero de la vegetación nativa en condición buena es de 27 ha/UA. Según un estudio realizado por COTECOCA el coeficiente de agostadero en praderas de buffel es de 3 ha/UA. Técnicos del

Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora (CIPES) estiman una carga animal adecuada de 89,000 UA para las 300,000 ha de pradera de zacate buffel del estado (Hanselka y Johnson, 1991).

En el estado de Sinaloa los coeficientes de agostaderos naturales son de 30, 20 y 15 ha/UA estudios realizados en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte (CIAPAN) con praderas de buffel indican que es posible que una UA se mantenga todo el año en 2 ha (Romero, 1981).

Valor Nutritivo

La calidad nutricional del zacate buffel es alta cuando es pastoreado o cosechado antes de la madurez. Bajo estas condiciones la digestibilidad *in vitro* es de 61 por ciento y aún la variedad Llano que tiene menor digestibilidad (56 por ciento) se encuentra dentro del rango aceptable de calidad para zacates de tiempo cálido (Bashaw, 1981).

Se recomienda que el zacate buffel se aproveche para pastoreo antes de que la planta asemille, pues de otra manera su calidad disminuirá debido a que la cantidad de proteínas baja considerablemente (hasta 2 por ciento), aunque se reportan algunas líneas de Australia que tuvieron

23 por ciento de proteína (Flemons y Whalley, 1958).

Pruneda (sf) reporta el valor nutritivo para buffel:

Proteína	8.6%
Fibra cruda	26.6%
Ceniza	6.4%
Grasa	1.8%
E. libre no nitrogenado	57.1%

Relaciones Taxonómicas

Complejo Agámico

Un complejo agámico es un complejo de especies relacionadas donde prevalece la poliploidía y la apomixis. Entre las formas apomícticas existe un gran número de "microespecies" que forman una serie más o menos continua de formas intergradantes sin que ninguna tenga alguna característica morfológica nueva en relación a las presentes en los miembros sexuales diploides del complejo. Cada rasgo de los apomícticos puede explicarse como resultado de la recombinación de características presentes en dos o más de los sexuales diploides o como el resultado directo de un incremento en el número de cromosomas. La dificultad para distinguir entre especies se debe enteramente a la presencia

de autopoliploides y alopoliploides apomicticos (Stebbins, 1941).

Pennisetum ciliaris y *Cenchrus setigerus* son especies morfológicamente diferentes, pero son similares citológicamente. De acuerdo a los estudios realizados por Read y Bashaw (1969), estas especies forman parte de un mismo complejo agámico entre las cuales no existe una barrera genética. Ellas fueron aisladas en la naturaleza por la apomixis obligada y sus diferencias morfológicas permitieron ubicarlas taxonómicamente como especies diferentes.

Especies Relacionadas

Cenchrus y *Pennisetum* pertenecen a la tribu *Paniceae* que consta de alrededor de 100 géneros y 2100 especies de zacates (Hatch y Hussey, 1991).

Clayton y Reinvolve, citados por Hatch y Hussey (1991), situaron a *Cenchrus* y *Pennisetum* en la subtribu *Cenchrinae*, que se caracteriza por la presencia de vellosidad y desarticulación de la espiga bajo los pelos. Se encuentran clasificados actualmente en esta subtribu 13 géneros siendo *Cenchrus* y *Pennisetum* los géneros más grandes de *Cenchrinae*.

De las 22 especies de *Cenchrus* identificadas por Clayton y Renvoize solamente *C. ciliaris*, *C. setigerus* y *C. pennisetiformis* han sido usadas como pasturas (Pengelly et al., 1992).

Cenchrus setigerus

Nicholson et al. (1985) en un estudio sobre morfología del fascículo determinaron que esta especie se caracteriza por tener cerdas cortas (3.0 a 5.5 mm de longitud) cerdas de los involucros basales anchas y aplanadas unidas en la base por 1.6-2.0 mm.

Paull y Lee (1978) mencionan que esta especie se distingue de *Cenchrus ciliaris* por sus cerdas erectas y rígidas, usualmente de color púrpura y su producción es menor que la del zacate buffel. Esta especie no esta aislada reproductivamente de *P. ciliare* (Hatch y Hussey, 1991).

Pennisetum flaccidum Griselo in Guett

Es un pasto amacollado perenne con rizomas cortos y densos, culmos de altura erecta de 20-110 cm, muy ramificado en la base. Las hojas de 8-45 cm de largo, 4-15 mm de ancho (Hatch y Hussey, 1991).

Pennisetum massiacum Stapf

Esta especie difiere de *P. megianum* por tener un ápice escabroso más peludo en las hojas y una panícula más suelta. No está considerada como una buena especie.

Pennisetum megianum Leeke

Es similar morfológicamente a *P. massiacum*, tiene un ápice glabro comparado con esta especie. La inflorescencia es una panícula de 1-3 cm de largo de ovalada a oblonga, cilíndrica. Las estipas envueltas de 0-5 mm de largo, base contra-cónica. Pubescencia en dos series, la mayor de 4-10 mm de longitud, una sola espiguilla de 3-4.6 mm de largo (Hatch y Hussey, 1991).

Pennisetum orientale

Es una especie muy resistente al frío, tiene buena calidad forrajera. La inflorescencia de esta especie es una panícula de 8-33 cm de largo, estípulas de 0.5-1.5 mm de largo. Pubescencia en dos series la mayor de 15-35 mm de largo de 1-3 espiguillas por grupo de 4.4-6.4 mm de largo lanceoladas (Hatch y Hussey, 1991).

Cenchrus pennisetiformis

Las cerdas de los involucros de esta especie están fusionadas por 2.0 mm en la base, unidos arriba de 1-3 mm de la base (Nicholson et al., 1985).

Número Cromosómico

Fisher et al. (1954) mencionan que un número cromosómico de $2N=36$ y $2N=34$ fueron reportados para el zacate buffel por Avdulow y por Darlington y Janaki Ammal, respectivamente. 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. De 18 introducciones estudiadas por Fisher et al. (1954) un número cromosómico $2N=36$ fue observado en 13 introducciones, $2N=54$ en tres introducciones y 32 y 40 cromosomas en las dos introducciones restantes. En base a sus resultados mencionan estos investigadores que el número cromosómico básico de *P. ciliare* parece ser $X=9$. Snyder et al. (1955) confirmaron el número $2N=36$ en dos de las líneas estudiadas por Hernández y encontraron el mismo número para otras tres líneas. Además en una planta estudiada de la línea 202513 encontraron un número cromosómico de $2N=43$ y en dos plantas de la línea 156540 $2N=48$.

Considerando como número cromosómico básico $X=9$, los biotipos de buffel con 36 cromosomas son tetraploides, los de 54 hexaploides y las plantas con 32, 40 y 48 cromosomas son aneuploides.

Reproducción de la Especie

El conocimiento del modo de reproducción de la especie es importante para un mejoramiento genético eficiente (Burton, 1981).

Los primeros estudios citogenéticos para determinar el modo de reproducción del zacate buffel fueron los realizados por Fisher et al. (1954) en introducciones de zacate buffel recibidas de Africa e India. Ellos sugirieron que el modo de reproducción era apomíctico en base a las evidencias siguientes: la similitud de los rasgos morfológicos entre el progenitor femenino y su progenie, el carácter protogíneo de la especie que descarta la autofecundación como explicación a esta semejanza, la ocurrencia de biotipos aneuploides y el desarrollo del embrión proveniente de gametofitos nucelares como evidencia principal.

Snyder et al. (1955) en estudios posteriores realizados en Puerto Rico en siete colecciones de zacate buffel observaron la presencia de sacos embrionarios con

cuatro núcleos del tipo *Oenothera*, detectándose asimismo la presencia de sacos embrionarios múltiples (seis a ocho por óvulo), además ellos demostraron que la polinización era necesaria para el desarrollo del endospermo, con base en estas observaciones ellos determinaron que el mecanismo de la apomixis era aposporia seguido por pseudogamia, y debido a que ninguna de las entradas reveló evidencia de sexualidad se asumió que el zacate buffel era un apomíctico obligado. Bajo estas circunstancias había poca posibilidad de mejorar la especie a través del mejoramiento genético.

Bray (1978) observó la presencia de pro genie fuera de tipo en plantas de reproducción apomíctica en zacate buffel, por lo cual sugirió la apomixis facultativa en la especie. Sin embargo, el encontrar pro genie fuera de tipo en una línea apomíctica no necesariamente da evidencia definitiva de apomixis facultativa, ya que las plantas fuera de tipo no son forzosamente de origen sexual sino que estas pueden resultar de la fertilización de sacos embrionarios no reducidos (Sherwood *et al.*, 1980) con un correspondiente cambio en el número cromosómico (Bashaw *et al.*, 1980b).

Sherwood *et al.* (1980) realizaron pruebas de pro genie y estudios citológicos, en la línea 1835, en algunas muestras estudiadas observaron que los sacos embrionarios sencillos tipo polígono se presentan en la misma inflorescencia con pistilos apósporos y en ocasiones

ambos se desarrollan en el mismo pistilo. Parte de la progenie fuera de tipo presentó el mismo número de cromosomas ($2N=36$) que el progenitor apomítico materno, por lo cual quedó demostrada la apomixis facultativa en *Cenchrus ciliaris*.

Sin embargo, Bashaw (1962) reportó el descubrimiento de una planta de zacate buffel de reproducción sexual (TAM-CRD B-1s) cuya progenie segregaba en tipos reproductivos discretos siendo estos completamente sexuales o apomíticos obligados, sin evidencia de apomixis facultativa en la muestra estudiada. Posteriormente como se señaló en los párrafos anteriores se comprobó la existencia de apomixis facultativa en la especie.

En virtud de que la sexualidad en zacate buffel permitió visualizar mayores oportunidades de mejoramiento en las especies apomíticas, en seguida se hace una revisión amplia del fenómeno de la apomixis.

Apomixis

La apomixis ocurre en la naturaleza en muchas familias de plantas y por lo general va unido a niveles de ploidía y heterocigocidad lo cual dificulta aún más su manejo, se ha reportado en 35 familias y en mas de 300 especies (Hanna y Bashaw, 1987; Hatch y Hussey, 1991). Las

familias con una alta frecuencia de apomixis son compositae, rosaceae y gramineae (Brown y Emery, 1958) y en esta última se ha reportado que existe en 125 especies (Bashaw, 1975).

* 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 así 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.

La apomixis está considerada como un reemplazo total o en partes del ciclo sexual, por alguna forma de reproducción asexual (Asker, 1979; Brown y Emery, 1958). Implica dos desviaciones principales de la reproducción sexual: La formación de sacos embrionarios no reducidos y la capacidad de la célula huevo para desarrollarse partenogénicamente (Asker, 1979).

Clasificación de la Apomixis

Se han propuesto varios sistemas para la clasificación del fenómeno de apomixis; sin embargo se hará una descripción de la clasificación propuesta por Winkler, por considerarse una clasificación completa y sencilla (Gustafsson, 1946). Define a los apomícticos como los

organismos en los cuales la reproducción no está asociada con la fertilización por lo cual el proceso tiene un retroceso completo o parcial.

Divide a la apomixis en: Agamosperma que es la reproducción por medio de semillas y en reproducción vegetativa que son las especies en las cuales la reproducción se efectúa por partes vegetativas como son bulbos, estolones etc.

De acuerdo a su origen clasificó la apomixis o agamosperma en tres grupos:

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

Diplosporia. El gametofito o saco embrionario se origina directa o indirectamente de la célula madre de la megaspora.

Aposporia. El saco embrionario se origina de células somáticas no reducidas del núcelo o la chalaza. Es el mecanismo de apomixis mas común en zacates y ocurre en más del 95 por ciento de las especies apomícticas conocidas (Bashaw y Hanna, 1990).

Aposporia y diplosporia pueden continuar dos caminos: Partenogénesis llamada así al proceso en que la célula huevo de manera autónoma desarrolla un embrión sin fertilización y Apogametia en la cual el embrión es formado por una de las otras células del gametofito, este fenómeno es raro en plantas superiores.

Aún cuando en las especies apomícticas no se realiza la fertilización (fusión de gametos) se comprobó que en algunas especies la polinización es necesaria para la formación de la semilla, a este fenómeno se le conoce como pseudogamia. En algunos zacates la pseudogamia puede ser estimulada por polen de especies completamente diferentes (Bashaw y Hanna, 1990).

Apomixis y Evolución

Anteriormente se había considerado a la apomixis como un obstáculo al progreso del mejoramiento y un amortiguador a la evolución (Bashaw, 1980b). Por lo cual desde un punto de vista evolucionario, originalmente fue visualizada por Darlington, citado por Bashaw (1980b), como un callejón sin salida que condena a todos los apomícticos a la extinción. Sin embargo, investigaciones posteriores han demostrado que la apomixis es un fenómeno frecuente en el reino vegetal y actualmente se reconoce que juega un papel dinámico en la evolución de muchas especies de pastos y

contribuye a varios problemas taxonómicos dentro de los complejos agámicos (Hatch y Hussey, 1991).

La apomixis posee un gran potencial en el mejoramiento de zacates forrajeros. Su manipulación en el mejoramiento de plantas depende de la existencia de plantas sexuales y apomícticas, y de la habilidad de cruzamiento de la planta sexual con la apomíctica (Dujardin y Hanna, 1982).

Por otra parte el descubrimiento de plantas sexuales compatibles en cruza del zacate buffel (Bashaw, 1962), zacate llorón (Voigt et al., 1977) sugieren que la mayoría de las especies apomícticas obligadas probablemente tienen plantas sexuales en algún lugar de su habitat natural que pueden ser cruzadas con las apomícticas (Bashaw, 1975).

Indicadores de la Apomixis

El modo de reproducción apomíctico en las plantas se determina por medio de estudios citológicos, la presencia de sacos embrionarios múltiples y tetranucleados son indicadores de apomixis (Snyder, 1955; Brown y Emery, 1958). En el campo, las pruebas de progenie son indicadores confiables del modo de reproducción (Taliaferro y Bashaw, 1966). Las plántulas gemelas son otros indicadores confiables de apomixis (Snyder, 1955).

Ventajas de la Apomixis

La apomixis ha sido un mecanismo importante en la evolución de muchos zacates y puede ser igualmente un marcador importante para el mejoramiento de plantas (Harlan, 1965).

Entre las ventajas principales que presenta la apomixis, Savidan (1990) menciona las siguientes:

Es el único sistema de reproducción que permite la fijación definitiva del vigor híbrido y la producción de semilla, al mismo tiempo. Por otro lado, la selección de nuevos cultivares es simplificada así como la producción de semilla híbrida.

Se obtiene un buen amarre de semilla independiente de disturbios meióticos; fijación de la heterosis sin el rompimiento de la combinación de genes por recombinación y la progenie es idéntica a la planta madre (Asker, 1979; Harlan, 1965).

Desventajas de la apomixis

La desventaja principal de la apomixis es la inhabilidad de combinar características deseables a través de la hibridación (Bashaw, 1975), por lo que esto debería incapacitar a los apomícticos para adaptarse a los cambios

ambientales (Asker, 1979). En este contexto tiene cabida la aseveración de Darlington, citado por Bashaw (1980b), quien menciona que los apomícticos desde un punto de vista evolucionario están en un callejón sin salida. Esto podría ocurrir siempre y cuando existiese un 100 por ciento de apomixis obligada, pero la amplia distribución de los mecanismos apomícticos en diversas familias vegetales y la frecuente presencia de apomixis y sexualidad en la misma especie, difícilmente pueden ubicar a la apomixis en un callejón ciego (Bashaw, 1975).

Causas de la Apomixis

Entre los factores que se han propuesto para explicar las causas de la apomixis se encuentran: la hibridación, la poliploidía, necrohormonas, factores fisiológicos y factores genéticos.

Hibridación

Esta hipótesis se basa en dos puntos: 1. Todos los apomícticos son de origen híbrido. 2. Los disturbios meióticos encontrados en apomícticos son ocasionados por la hibridación siendo estos disturbios responsables de la formación de gametofitos diploides y de la degeneración de gametofitos haploides. La objeción a esta hipótesis es que, de manera general, las anomalías meióticas de los

apomícticos frecuentemente son muy diferentes en los óvulos que las encontradas en las anteras (Stebbins, 1941).

Poliploidía

Teoría basada en que la mayoría de las especies apomícticas son poliploides en las cuales el número haploide se ha incrementado de 3 a 15 veces. Sin embargo, la poliploidía, no explica por si sola la presencia de la apomixis, ya que existe un mayor número de plantas poliploides sexuales que apomícticos poliploides (Stebbins, 1941).

Gustaffson (1946) rechazó las teorías de la hibridación y poliploidía como causas directas de apomixis pero señaló que estas condiciones favorecen su expresión.

Necrohormonas

Se cree que el estímulo para que ocurra la apomixis es influenciado por necrohormonas producidas por células que degeneran cerca de las células que se desarrollan como gametofitos. La objeción principal a esta hipótesis es que se ha observado que los gametofitos diploides se forman antes de que las células somáticas del óvulo empiecen a degenerar con lo cual se invalida esta hipótesis. (Stebbins, 1941).

Factores Fisiológicos

La apomixis puede estar asociada con un incremento de sustancias nutritivas en el óvulo y que el estado fisiológico de éste influye el desarrollo partenogenético (Stebbins, 1941).

Factores Genéticos

Gustafsson (1947) reporta que el resultado de cruzas entre plantas apomícticas y sexuales indicaron bases genéticas para la apomixis. Esta hipótesis ha sido confirmada actualmente ya que, se ha observado que la mayoría de las cruzas indican control genético del modo de reproducción, por lo que se acepta la teoría de los factores genéticos como la causa principal que promueve la apomixis (Bashaw, 1975), demostrándose que el método de reproducción puede ser controlado y manipulado en un programa de mejoramiento de plantas como cualquier otro carácter genético (Bashaw y Hanna 1990).

Herencia de la Apomixis

De acuerdo al modelo hipotético de Powers (1945) la apomixis de una manera general es recesiva a la sexualidad, el determinó que la apomixis depende de la homocigocidad de varios genes recesivos y en guayule involucra tres pares de

Factores Fisiológicos

La apomixis puede estar asociada con un incremento de sustancias nutritivas en el óvulo y que el estado fisiológico de éste influye el desarrollo partenogenético (Stebbins, 1941).

Factores Genéticos

Gustafsson (1947) reporta que el resultado de cruzas entre plantas apomícticas y sexuales indicaron bases genéticas para la apomixis. Esta hipótesis ha sido confirmada actualmente ya que, se ha observado que la mayoría de las cruzas indican control genético del modo de reproducción, por lo que se acepta la teoría de los factores genéticos como la causa principal que promueve la apomixis (Bashaw, 1975), demostrándose que el método de reproducción puede ser controlado y manipulado en un programa de mejoramiento de plantas como cualquier otro carácter genético (Bashaw y Hanna 1990).

Herencia de la Apomixis

De acuerdo al modelo hipotético de Powers (1945) la apomixis de una manera general es recesiva a la sexualidad, el determinó que la apomixis depende de la homocigocidad de varios genes recesivos y en guayule involucra tres pares de

genes en su control.

Stebbins, (1950) estableció que como una regla, la condición apomíctica es recesiva a la sexualidad, aunque incrementándose el número cromosómico de una especie se incrementa la tendencia hacia la dominancia.

* Estudios en *Paspalum notatum* por Burton y Forbes, (1960), reportan que la apomixis es recesiva a la sexualidad y controlada por muy pocos genes recesivos.

* Sin embargo en *Bothriochloa dichantium* la apomixis fue dominante pero independiente de la sexualidad y se concluyó que la apomixis y sexualidad no son modos alternativos de reproducción sino fenómenos simultáneos e independientes (Harlan et al., 1964).

Taliaferro y Bashaw (1966) reportan resultados de las cruces de una planta de reproducción sexual en zacate buffel. Con base en dichos resultados estos autores proponen que la herencia de la apomixis en zacate buffel esta controlada por dos pares de genes en los cuales el gen B condiciona la sexualidad y es epistático al gen A el cual condiciona la apomixis.

El descubrimiento de la sexualidad en zacate buffel ofrece considerables esperanzas para el mejoramiento

genético de esta especie (Bashaw, 1962) ya que la apomixis obligada, que antes fue un obstáculo al mejoramiento de plantas, ahora puede servir como una herramienta útil, que fija el genotipo y permite el mantenimiento de caracteres deseables, incluyendo la heterosis (Taliaferro y Bashaw, 1966).

Transferencia de la Apomixis

Debido a las ventajas que ofrece la apomixis se han intensificado estudios para manipularla e incorporarla a especies cultivadas, esta transferencia de genes que controlan la apomixis de especies silvestres a cultivadas se desarrolla a través de cruzas interespecíficas e intergenéricas por ejemplo de *Tripsacum dactyloides* a *Zea mayz* (Bashaw y Hanna 1990) y de *Cenchrus ciliaris* a sorgo (Beharathi et al., 1991).

Mejoramiento de la Especie

Un programa de mejoramiento depende de la disponibilidad de diversidad genética; sin esta diversidad ningún genetista tendrá un progreso genético significativo.

Los métodos de mejoramiento en algunas especies están condicionados por la etapa de evolución y desarrollo de las especies como plantas cultivadas. Los zacates y

leguminosas forrajeras tienen relativamente una historia corta de selección artificial dirigida, por lo que en estas especies existe una amplia diversidad de adaptaciones a clima, suelo y sistemas bióticos en forma silvestre y semisilvestre. Estos vastos recursos de variabilidad genética ubican al mejoramiento de especies forrajeras en una posición afortunada vs la contraparte de los cultivos que tienen una base genética estrecha como consecuencia de una larga historia de cultivo y selección (Breese y Hayward, 1972).

Sin embargo Holt y Bashaw (1976) mencionan que el mejoramiento de zacates confronta problemas que van desde limitaciones netamente físicas hasta procesos reproductivos complejos como lo es la apomixis.

Selección de Ecotipos

La introducción de plantas ha sido en el pasado la principal forma de mejoramiento en los cultivos forrajeros (Mangelsdorf, 1927). Algunas especies apomícticas tienen numerosos ecotipos naturales por lo cual pueden desarrollarse variedades a través de la selección de ecotipos (Bashaw, 1976).

Desde 1956 se está desarrollando en Alice Spring, Australia, un programa de introducción de plantas de

ambientes similares para seleccionar líneas de zacate buffel con alto potencial de rendimiento y persistencia de los materiales (Millington y Winkworth, 1972).

La selección de ecotipos cuando es realizada adecuadamente puede conducir al rápido desarrollo y liberación de variedades excelentes. Este sistema que no fue desarrollado por persona alguna en particular sino que evolucionó con el tiempo, sigue siendo ampliamente utilizado por los Centros de Materiales de Plantas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, para desarrollar variedades de zacates requeridos para necesidades específicas de conservación (Vogel y Pedersen, 1993).

Debido al modo de reproducción apomíctico del zacate buffel el mejoramiento de esta especie estaba supeditado a la selección de ecotipos. El zacate buffel es una especie polimórfica en el que algunas líneas apomícticas naturales, muy útiles han sido descubiertas y liberadas (Bashaw, 1976). Sin embargo, ninguna de las líneas que fueron liberadas en las primeras introducciones son completamente satisfactorias para producción de forraje y semilla, ya que la apomixis ha impedido la combinación de un mayor rendimiento de forraje y semilla en una sola variedad (Bashaw, 1962).

La falta de variabilidad natural y la inhabilidad de combinar características deseables a través de la hibridación son algunos problemas que plantea la apomixis obligada al mejoramiento de plantas, ya que ésta restringe el flujo de genes en poblaciones silvestres e imposibilita el mejoramiento de las plantas (Hussey y Bashaw, 1990).

Hibridación

El mejoramiento de especies apomícticas es relativamente reciente (Bashaw y Hanna 1990), por lo cual se considera que la aportación más importante al mejoramiento de pastos ha sido el descubrimiento de plantas sexuales, ya que la hibridación de plantas sexuales con apomícticas permitió la combinación de características deseables en genotipos estables. La heterosis exhibida en la F_1 podría ser mantenida en generaciones infinitas, lo que no es posible en organismos puramente sexuales (Bashaw, 1976).

Burton (1986) menciona que el futuro será mejor con el uso de híbridos apomícticos y que el mejoramiento y mantenimiento de híbridos propagados por semilla a través de generaciones sucesivas es deseable. Sin embargo, el mejoramiento efectivo de apomícticos requiere de un conocimiento de la genética y citología de los mecanismos apomícticos.

Sobre las bases del comportamiento de progenies híbridas y autofecundaciones de la planta sexual de zacate buffel y los datos genéticos, Taliaferro y Bashaw (1966) proponen un modelo para ilustrar las técnicas del mejoramiento empleadas para desarrollar líneas mejoradas de zacate buffel. Una técnica rápida para el desarrollo de nuevas variedades es la selección de plantas apomícticas superiores entre la progenie S_1 o S_2 en la cual se obtiene una proporción de sexuales a apomícticos de 13:3, ya que la mayoría de las plantas apomícticas son altamente heterocigotas y pueden liberar una gran variabilidad cuando la barrera apomíctica es finalmente rota.

La hibridación de la planta sexual con tipos apomícticos es otra de las técnicas más importantes en la cual se obtiene una proporción de sexuales y apomícticos de 5:3, respectivamente. Esta técnica no solamente proporciona extensas combinaciones nuevas de genes, sino que incrementa sustancialmente la proporción de progenie apomíctica comparada con poblaciones autofecundadas. Los híbridos superiores pueden ser liberados como nuevas variedades debido a su pureza genética, mientras que los híbridos sexuales pueden ser usados como fuentes adicionales de germoplasma (Figura 2.1).

El uso de plantas sexuales continúa siendo una técnica eficiente que permite combinar los rasgos superiores

de varios progenitores. Este método representa la mejor técnica para mejorar el buffel en México y regiones subtropicales del mundo (Hatch and Hussey, 1991).

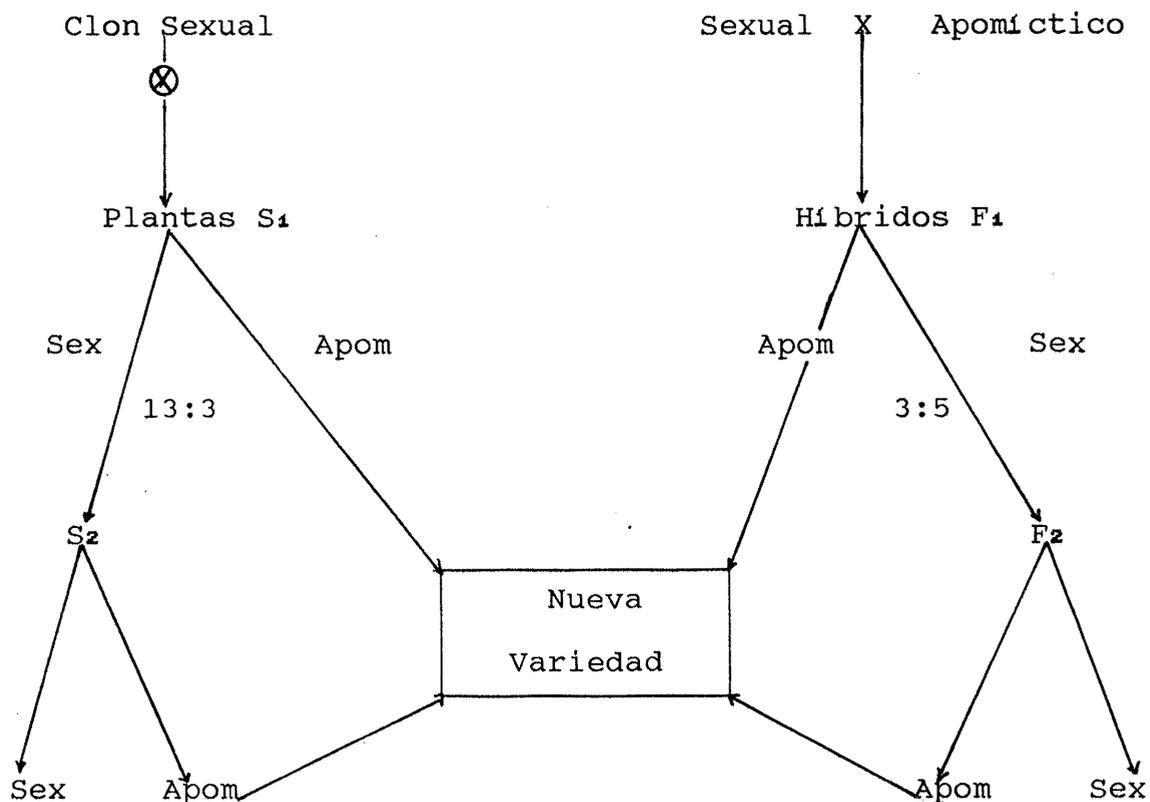


Figura 2.1. Métodos para desarrollar nuevas variedades apomícticas de zacate buffel (Taliaferro y Bashaw, 1966).

Fertilización de huevos no Reducidos

Uno de los avances más notables en el mejoramiento del zacate buffel es la transferencia de genomas de especies apomícticas por medio de la fertilización de óvulos de los sacos embrionarios apomícticos no reducidos que generalmente no son fertilizados, a lo cual se le denomina hibridación BIII para designar los híbridos $2N+N$ (Hussey y Bashaw, 1990).

Bashaw (1985) menciona que materiales pentaploides que fueron colectadas en las montañas de Africa del Sur mostraron más tolerancia a heladas que materiales tetraploides. El interés por los híbridos BIII en zacate buffel se originó a partir de estos pentaploides que se caracterizaron citológicamente por la presencia de nueve univalentes en adición a los 36 cromosomas típicos del zacate buffel tetraploide natural ($2N=4X=36$). Se asume que estos pentaploides se originaron de manera natural por la fertilización de un huevo no reducido de un tetraploide por una especie diploide ($2N=18$) tolerante al frío (Bashaw y Hignight, 1990).

Durante mucho tiempo se ha reconocido que especies apomícticas ocasionalmente producen descendencia mediante la fertilización de huevos no reducidos (Rutishauser, citado por Hatch y Hussey, 1991), por lo que es posible transferir

conjuntos enteros de genes dentro de complejos agámicos, mediante la técnica de fertilización de huevos no reducidos (Bashaw, 1976).

Bashaw y Hignight (1990) condujeron un estudio para determinar el potencial para transferencia de genes en zacate buffel a través de la hibridación $2N+N$, utilizaron como progenitor hembra un material pentaploide apomictico con un genomio extraño ($2N=5X=45$) cruzado con *C. setigerus* un apomictico tetraploide ($2N=4X=36$). De una progenie de 950, un 1.3 por ciento resultó de la fertilización de un huevo no reducido (híbridos BIII) y tuvieron $2N=7X=63$ cromosomas. Estos híbridos se originaron de la unión de gametos $2N+N$ ya que esto se confirmó por la presencia del genomio extraño del progenitor femenino y las características morfológicas del progenitor macho, todos los híbridos fueron apomicticos obligados y la mayoría fueron relativamente altos en amarre de semilla comparados con los progenitores.

Harlan y de Wett (1963) reportan que la fertilización de huevos no reducidos es importante en el flujo genético entre miembros del complejo agámico *Botriochloa - Dichantium* y fue usado para producir cruzas amplias que habrían sido imposibles de otra manera. Pero, este fenómeno ocurre a una frecuencia demasiado baja para ser considerada en un programa vegetal práctico.

Bashaw y Hanna (1990) mencionan que la frecuencia de la fertilización de un huevo no reducido puede incrementarse a través de la emasculación del progenitor apomíctico femenino y el uso de polen abundante del progenitor masculino. Por otra parte, si pensamos en especies apomícticas obligadas donde la hibridación normal es imposible, lograr 1.3 por ciento de híbridos BIII (como ocurrió en buffel) puede ser suficiente para proporcionar las bases para el éxito en un programa de mejoramiento (Bashaw y Hignight, 1990).

MATERIALES Y METODOS

Material Genético

TAM-CRD B-1s

Es un clon de reproducción sexual introducido de Texas en 1985 por el Dr. Jorge R. González Domínguez para utilizarse en el Programa de Mejoramiento de Pastos de la Universidad. Las plantas tienen color intermedio entre el tipo común y el azul, buena producción de forraje y semilla, tiene tolerancia intermedia al invierno y buena persistencia (Hanson, 1972). Este material fue utilizado en las autofecundaciones y en los cruzamientos como el progenitor hembra.

Los materiales utilizados como macho fueron:

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 de color verde cenizo, inflorescencia color crema y buena producción de forraje (Osuna, 1986).

Línea 414513

Es una de 33 líneas 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).

Buffel Común

Es la variedad que más se ha utilizado en las áreas sembradas con buffel, es un apomíctico obligado (Taliaferro, Bashaw, 1966) de color verde claro, inflorescencias púrpuras que reúne las características de buena producción de forraje y semilla. Es muy resistente a la sequía y se comporta bien en suelos livianos (Ayerza, 1981).

Metodología

Las autofecundaciones y cruzamientos se realizaron en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, utilizando invernaderos diferentes para el progenitor hembra y los progenitores macho.

Propagación del Clon Sexual

El clon sexual se propagó vegetativamente en 20 macetas de polietileno y con este material se iniciaron los trabajos de autofecundación e hibridación.

Obtención de la Semilla S₁

Espigas del clon sexual se cubrieron con glassines para asegurar la autofecundación, de manera que al madurar el polen este cayera en su propio estigma. Las espigas se cosecharon cuando la semilla S₁ estuvo madura, estas se trillaron y la semilla se sembró en charolas de nieve seca.

Obtención de la Semilla F₁

Observaciones Previas del Desarrollo de la Espiga.

Durante los meses de enero, febrero y marzo de 1989 se realizaron observaciones en las espigas del clon sexual y en los progenitores macho para estudiar las fases del desarrollo de la espiga y poder determinar el momento más adecuado para realizar las emasculaciones y polinizaciones.

Emasculación y Polinización

Las emasculaciones se realizaron en forma manual sin

usar ningún producto químico, en las primeras horas de la mañana, evitando corrientes de aire y contaminación del equipo utilizado. Se siguió parte de la técnica descrita por Richardson (1958):

1. Todos los días se seleccionaron espigas completas, en las que no hubieran emergido los estigmas, y se cubrieron con glassines para evitar que fueran polinizadas con polen extraño.
2. Estas espigas, según los datos obtenidos del estudio de las fases del desarrollo de la espiga, permanecieron cubiertas por tres a cinco días período en el cual las espigas, dependiendo de la luminosidad del día estuvieron listas para ser emasculadas, ya que después de este tiempo los estigmas estaban receptivos tornándose de un color púrpura, esto ocurre un día antes de la emergencia de las primeras anteras.
3. A las espigas listas para emasculación se les eliminaron primeramente los involucros del ápice y de la base de la espiga que son los más inmaduros. Después se aclaró la espiga dejando alrededor de 40 involucros por espiga. Para el

caso particular del clon sexual, cada fascículo está formado por dos florecillas, de éstas se removi6 la florecilla más pequeña (estéril), posteriormente se extrajeron las tres anteras de la florecilla fértil de la espiga, evitando lastimar los estigmas. Para realizar estas actividades se utilizaron pinzas, agujas de disección y lentes de aumento.

4. Las espigas emasculadas fueron cubiertas nuevamente y polinizadas ese mismo día más tarde o al siguiente día.

Para realizar las polinizaciones se sigui6 la metodología citada por Bashaw (1962):

Los progenitores macho se colocaron en un invernadero diferente al del clon sexual. Las espigas próximas a la antesis fueron cortadas y puestas en agua en la tarde, para tener polen suficiente a la mañana siguiente y polinizar las espigas emasculadas. Para polinizar se cort6 el glassin por la parte superior, introduciendo la espiga del progenitor macho en el glassin sacudiendo directamente encima de las espigas del clon sexual procurando que los granos de polen cayeran en los estigmas receptivos de la espiga emasculada. En la mayoría de los casos se utiliz6 una espiga del progenitor macho para polinizar una espiga del

progenitor hembra. Después el glassin se grapó y etiquetó con la fecha y el progenitor macho con el que se había polinizado la espiga. El trabajo de polinización se realizó de 11:00 a 12:00 hr en la mañana, procurando una temperatura adecuada en el invernadero y evitando las corrientes de aire.

Un mes después cuando la semilla F₁ maduró se cosecharon las espigas debidamente etiquetadas y se llevaron a bodega donde fueron extraídos y contados los carióspsides obtenidos.

Viabilidad del Polen

Se realizaron pruebas de viabilidad del polen en los progenitores macho Z-115 y la línea 414513, utilizando la técnica descrita por Hashemi et al. (1986):

Se cortaron las espigas con polen y se colocaron en glassines con su etiqueta. En el laboratorio se repartió el polen en tres partes y se hicieron tres preparaciones por planta. Se colocó polen en portaobjetos y se le añadió una gota de colorante de carmín propiónico y posteriormente se colocó el cubreobjetos sobre la muestra. La preparación se dejó reposar de 15 a 30 minutos para continuar con el examen microscópico, cuidando que el colorante de la preparación no se secase. Para esta prueba se utilizó una cámara de dibujo

de 90° adaptada al microscopio con el fin de marcar directamente sobre el dibujo, los granos de polen reflejados, los que tomaron el color y los no coloreados. Se contaron tres campos por preparación tomando los coloreados como fértiles y los incoloros como estériles, después se obtuvo el promedio de viabilidad del polen por planta proveniente del promedio por campo y por preparación.

Ciclos de Hibridación.

Se realizaron dos ciclos de hibridación el primero de estos en agosto, septiembre y octubre de 1990 utilizando como progenitores macho los apomícticos Z-115 y la línea 414513. Los machos fueron sembrados en charolas de nieve seca y posteriormente fueron trasplantados a macetas al tener la altura adecuada, una vez obtenidas las plantas se hizo coincidir la floración de los progenitores macho con la del clon sexual.

Los resultados contrastantes de los machos utilizados en el primer ciclo de hibridación y de las pruebas de viabilidad del polen arrojaron dudas sobre la eficiencia de la técnica de polinización utilizada de tal manera que un segundo ciclo de hibridación incluyó varias técnicas para polinizar y un tercer macho.

En este segundo ciclo de hibridación la emasculación se realizó de la manera descrita anteriormente, el objetivo principal fue determinar el efecto de tres técnicas de polinización y la compatibilidad de tres progenitores machos con el clon sexual TAM-CRD B-1s. El diseño utilizado fue un bloques completamente al azar con 12 repeticiones en un arreglo factorial 3x3 considerando como factor A a los progenitores macho; Z-115, 414513 y Común, y como factor B las técnicas de polinización; polinizando el mismo día de la emasculación (P_0), polinizando el mismo día de la emasculación y al día siguiente ($P_{0,1}$) y polinizando el día siguiente de la emasculación (P_1). Se tomó como unidad experimental la espiga.

En virtud de que con la línea 414513 no se obtuvieron carióspsides dando cero en todos los valores y en algunos casos también con los otros progenitores, se recurrió a la transformación de los datos originales para su análisis mediante la fórmula $\sqrt{X + \frac{1}{2}}$ que es la transformación recomendada cuando hay ceros presentes en los resultados (Steel y Torrie, 1960).

Determinación del Número Cromosómico

Se realizó la determinación del número cromosómico en el Laboratorio de Citogenética de la UAAAN de los tres progenitores macho que intervinieron en esta segunda fase de

cruzamientos. El conteo se realizó en células en división mitótica por el método de macerado descrito por García (1977):

Primeramente se puso a germinar la semilla de los progenitores macho, después se cortaron los ápices a diferentes horas, para determinar la hora en que se pueden encontrar más metafases, los ápices se pusieron en un pretratamiento de PDCL durante tres horas aproximadamente, después de este tiempo se cambiaron a fijador farmer durante 24 horas, se hidrolizaron en baño maría con ácido clorhídrico a 60 °C durante 10 minutos. Después de este paso los ápices se colorearon con Feulgen durante una hora y posteriormente se enjuagaron y se pusieron en colorante carmín propiónico. Se colocó la raíz sobre el portaobjeto, se maceró con una gota de carmín propiónico y se le puso un cubreobjeto, después se le dio color y se observó al microscopio y se realizó el conteo cromosómico. Después de observar que la preparación estuviera clara y los cromosomas bien coloreados, se procedió a hacer la preparación temporal y un día después la preparación permanente.

Evaluaciones de Campo

Las evaluaciones de campo se realizaron en el Campo Experimental de Zonas Áridas de Ocampo, Coah., de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". El campo se

localiza a 32 km al norte de Ocampo, Coah ubicado entre las coordenadas geográficas de latitud norte de $27^{\circ}19'$ y una longitud oeste de $102^{\circ}23'$, la altura sobre el nivel del mar es de 1200m.

Clima

La región del Campo Experimental presenta la fórmula climática de Köppen Bw K W(X') (e) lo que significa que se trata de un clima muy seco, templado, muy extremo, con lluvias escasas todo el año, pero más abundantes en el verano, con una temperatura media anual de 17.1°C y una precipitación promedio anual de 270.3 mm. La presencia de heladas inicia en noviembre aunque pueden presentarse en octubre para terminar en marzo y en ocasiones pueden retrasarse hasta abril, siendo más severas y frecuentes en enero (Mendoza, 1983).

El análisis del suelo del área experimental reporta que se trata de un suelo de textura arcillosa, con bajo contenido de sales y con un pH medianamente alcalino.

Plantas S₁

Establecimiento de Plantas S₁

El 1^o de febrero de 1989 se sembró en el invernadero

en cajas de nieve seca semilla obtenida por autofecundación de las plantas del clon sexual. Desde 1988 se tenían disponibles en macetas de polietileno 340 plantas S₁ que fueron trasplantadas el 27 de abril de 1989 en un primer lote que fue denominado lote A. De la semilla sembrada en febrero se obtuvo planta para un segundo lote (lote B) trasplantandose directamente de las charolas de nieve seca al campo 299 plantas el 24 de mayo de 1989. Con siembra adicional de semilla S₁ se obtuvo planta para trasplantar el 18 de agosto de 1989 en un tercer lote (C) con 343 plantas S₁.

El trasplante se realizó en surcos con una distancia entre plantas de 1.0 m y de 0.80 m entre surcos. Después del trasplante se le aplicó a cada una de las plantas 1/2 litro de una solución iniciadora (9-45-15) en una dosis de 3g/l.

Evaluación de Plantas S₁

En los lotes de plantas S₁ se realizaron evaluaciones visuales del tamaño y color de espiga, hábito de crecimiento, tipo de hoja color del follaje y vigor de la planta; asimismo se hicieron evaluaciones cuantitativas en base a determinaciones del rendimiento de forraje verde, obteniendose datos durante 1989 y 1990, pero la selección de plantas S₁ se basó únicamente en los datos obtenidos en 1989. Las evaluaciones tanto cualitativas como cuantitativas

se realizaron por planta individual, identificándose cada una de las plantas por lote, número de surco y número de planta.

Análisis Estadístico

Dada la naturaleza de los datos se utilizó la estadística univariada, obteniéndose en cada uno de los lotes por separado la media, desviación estandar y varianza. Las medias del rendimiento de forraje verde de los lotes A y B fueron comparadas mediante una prueba de T.

Selección de Plantas S₁

Se seleccionaron las mejores plantas S₁ de cada uno de los lotes para evaluar su progenie, la selección se realizó en base a los resultados de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas, en este último parámetro se seleccionaron las plantas cuyo rendimiento de forraje fue igual o superior a la media más una vez la desviación estandar.

Prueba de Progenie

Las pruebas de progenie se establecieron con el objetivo de determinar el modo de reproducción de las plantas seleccionadas y someterlas a una segunda evaluación

agronómica para seleccionar plantas S₂ apomícticas superiores.

Para el establecimiento de las pruebas de progenie se cosechó la semilla de cada una de las plantas S₁ seleccionadas de manera individual. La siembra se realizó directamente en el campo el 8 de junio de 1990 sembrando un surco de 10 m por progenie, con una distancia entre surco de 0.80m después de la siembra se aplicó un riego de establecimiento

Plantas F₁

Siembra en el Invernadero

El 18 de abril de 1990 se sembró en el invernadero la semilla F₁ obtenida de la primera fase de cruzamientos (progenitores macho Z-115 y 414513) proporcionando los cuidados necesarios para un buen desarrollo de las plantas, después que las plantas alcanzaron una altura de 15 cm fueron llevadas al campo.

Trasplante de Plantas F₁

El trasplante se realizó el 8 de junio de 1990 estableciendo 10 plantas por surco con una distancia de 1.0m entre plantas y 0.80 m entre surcos, trasplantándose 480

híbridos F₁ experimentales. Como testigo se utilizó buffel común por ser la variedad más utilizada tanto en Texas como en México, trasplantándose un surco de esta variedad cada 10 surcos de plantas F₁.

Evaluación de Plantas F₁

Se realizaron evaluaciones visuales del vigor de la planta, hábito de crecimiento, tamaño de la espiga y color del follaje. Las evaluaciones cuantitativas se determinaron en base al rendimiento de materia seca, se realizó un corte de forraje el 4 de noviembre de 1990 y se dejó secar al aire para pesar el material el 7 de noviembre.

Las evaluaciones tanto visuales como cuantitativas se realizaron por planta individual registrando el número de surco y número de planta para cada individuo.

Selección de Plantas F₁

El experimento de plantas F₁ se evaluó durante 1990 y 1991, sin embargo, para la selección de los mejores individuos se tomaron en cuenta únicamente los datos obtenidos en 1990. Se seleccionaron aquellas plantas que obtuvieron rendimientos de materia seca iguales o superiores a la media más una vez la desviación estandar y en base al comportamiento de las plantas en evaluaciones visuales sobre

características agronómicas deseables realizadas en los meses de julio, agosto y septiembre de 1990 y a los datos de rebrote en marzo de 1991.

Prueba de Progenie y Evaluación Agronómica.

Las pruebas de progenie se establecieron con el objetivo de determinar el modo de reproducción de las plantas seleccionadas y someter estas plantas a una segunda evaluación agronómica. La semilla utilizada para sembrar las progenies se cosechó de manera individual en cada una de las plantas seleccionadas.

Siembra en el Invernadero

La semilla F_2 de las 108 plantas F_1 seleccionadas se sembró el 22 de abril de 1991 en charolas de nieve seca en el invernadero para obtener las plantas F_2 .

Trasplante

El trasplante de las plantas F_2 se realizó el 18 de junio de 1991. Se establecieron 15 plantas por progenie de cada una de las plantas seleccionadas, con una distancia entre plantas de 1.0m y entre surcos de 0.80m como testigos se incluyeron cada 10 surcos de plantas F_1 un surco de las variedades Z-115 y Común y para evitar el efecto de

competencia se utilizaron surcos orilleros de buffel Común.

Modo de Reproducción

Para determinar el modo de reproducción de las plantas seleccionadas se realizaron evaluaciones visuales de las características de color del follaje, color de la espiga, color del estigma, hábito de crecimiento y uniformidad de las progenies. Estas fueron realizadas el 22 de mayo de 1992 cuando las plantas habían alcanzado un buen desarrollo y las características evaluadas podían ser observadas claramente. El lote donde se estableció el experimento primeramente fue bien nivelado para que las diferencias que se observaran dentro de cada una de las progenies fueran debidas a cuestiones genéticas y no a la influencia del medio ambiente.

Rendimiento de Materia Seca

Para las determinaciones de materia seca se realizaron un corte de forraje en 1991 y dos cortes en 1992, en todos los casos el forraje se dejó secar al aire por dos días y posteriormente se pesaron las plantas, como parcela útil se utilizaron 13 plantas centrales de cada progenie.

Selección de Híbridos Apomícticos

Se seleccionaron aquellos híbridos que obtuvieron rendimientos promedio de materia seca de los tres cortes realizados superiores a Z-115 (que fue el testigo que obtuvo los más altos rendimientos), y que de acuerdo a la prueba de progenie se hallan clasificado de reproducción apomíctica. Se incluyeron además, en la selección algunos híbridos apomícticos por sus buenas características morfológicas y que obtuvieron rendimientos aceptables aun cuando no superaron al testigo Z-115.

RESULTADOS Y DISCUSION

Plantas S₁

Establecimiento de Plantas S₁

De las 340 y 299 plantas S₁ trasplantadas en los lotes A y B en 1989 se establecieron 322 y 254 plantas correspondiendo estos valores a un 95 y 85 por ciento, respectivamente. En el lote C se establecieron la mayoría de las plantas pero debido a lo tardío del trasplante y la ocurrencia de una helada temprana el 24 de septiembre de 1989 no se logró un crecimiento suficiente y las plantas de este lote no sobrevivieron al invierno 89-90.

Evaluación Cualitativa

En las evaluaciones visuales realizadas en 1989 se observó una amplia segregación en la progenie S₁ del clon sexual TAM CRD B-1s para las características de tamaño de espiga (grande, mediana, pequeña); forma de espiga (compacta, abierta, bifurcada); hojas (angostas, anchas de textura fina o áspera); hábito de crecimiento (erecto, decumbente, postrado, extendido); tipo de planta (buffel azul, común y plantas intermedias); cantidad de hojas y

número de tallos. Estas observaciones concuerdan con lo reportado por Taliaferro y Bashaw (1966) quienes encontraron que el clon sexual de zacate buffel autofecundado produjo progenie tan variable que todas las plantas S₁ fueron diferentes entre sí en hábito de crecimiento y rasgos morfológicos.

Además de las características mencionadas anteriormente se encontraron diferencias entre las plantas S₁ en características agronómicas como vigor de planta, daño por heladas y rebrote.

En evaluaciones realizadas en agosto y septiembre de 1989 para vigor de planta se observaron 54 plantas del lote A y 98 plantas del lote B sobresalientes para esta característica. Las heladas ocurridas el 20 y 21 de octubre de -9 y -3 °C, respectivamente dañaron el follaje de las plantas en diferente grado encontrándose plantas completamente secas y plantas que conservaron hasta un 50 por ciento de follaje verde. Los porcentajes de plantas con un 50 por ciento de follaje verde fueron de 8.7 y 7.4 (28 y 18 plantas) en los lotes A y B, respectivamente.

Con respecto al rebrote, para el 5 de abril de 1990 había rebrotado el 19.5 por ciento de las plantas en el lote A, de las cuales el 12.25 por ciento había iniciado el rebrote y el 7.25 por ciento fueron plantas completamente

rebrotadas. En el lote B el total de las plantas rebrotadas fue de 48 por ciento la mitad del porcentaje a esa fecha estaba iniciando el rebrote y el restante estaba completamente rebrotado.

Aún cuando se observaron plantas S₁ con buenas características agronómicas que pudieran ser materiales prometedores, se detectaron un buen número de plantas con bajo vigor, variegadas y espigas con malformaciones. Esto sería de esperarse ya que se ha reportado que la especie presenta severa depresión endogámica y la sexualidad está acompañada de pérdida de vigor, meiosis irregular y altos niveles de abortación femenina (Bashaw y Hignight, 1990; Bashaw y Hanna, 1990); de acuerdo a Taliaferro y Bashaw (1966) en la progenie autofecundada del clon sexual se esperaría una gran proporción de plantas sexuales (13 sexuales a 3 apomícticos).

Rendimiento de Forraje Verde

En 1989, año de establecimiento de las plantas S₁, la media en el rendimiento de forraje verde del lote A fue de 8,826 kg/ha (Cuadro 4.1) siendo superior al lote B con 2,799 kg/ha. Esta superioridad en el rendimiento del lote A sobre el B pudo deberse a que el trasplante en el primer lote fue realizado casi un mes antes que en el lote B y por otra parte, las plantas del primer lote eran plantas adultas

Cuadro 4.1. Rendimiento de forraje verde (kg/ha) de plantas
S₁ de zacate buffel. Ocampo, Coah. 1989-1990.

Lote	No Plantas	Media	σ	Rango	
				Min	Max
<u>1989</u>					
"A"	322	8,826	6,287	312	37,500
"B"	241	6,027	4,725	625	30,000
<u>1990</u>					
"A"	196	5,617	4,980	250	36,250
"B"	174	8,268	6,505	75	35,625

ya que tenían un año de sembradas en el invernadero y las del lote B eran plántulas de un mes de sembradas.

En 1990 la situación se invirtió ya que en el lote B se obtuvo un rendimiento de forraje verde superior al del lote A en 2,651 kg/ha. Las medias entre los lotes dentro de años fueron significativamente diferentes.

En el segundo año de evaluación (1990) el lote A sufrió una disminución del 40 por ciento en su población original. El trasplante de plantas adultas en el lote A, pudo haber sido una de las causas que originaron la pérdida de plantas ya que por el mayor tamaño de las mismas, al realizar el trasplante las raíces quedaron más superficiales y más expuestas a las bajas temperaturas del invierno lo cual probablemente ocasionó la muerte total del sistema radicular de un buen número de plantas y daños parciales en las que sobrevivieron siendo menos productivas el año siguiente.

Las diferencias encontradas en rendimiento de forraje entre los lotes dentro de cada uno de los años desaparecen al promediar la producción de los dos años de evaluación (89-90). El lote A obtuvo un rendimiento promedio de 7,221 kg/ha y el lote B de 7,147 kg/ha, la prueba de comparación de medias no detectó diferencias significativas entre los lotes en el rendimiento al final de la evaluación.

Selección de Plantas S₁

Se seleccionaron 60 plantas del lote A que representa el 18.6 por ciento del total de las plantas establecidas y 73 plantas del lote B que representa el 30 por ciento, con el propósito de determinar su modo de reproducción y someterlas a una segunda evaluación; sin embargo, esto no fue posible debido a que la siembra de la semilla se hizo directa en el campo y dificultades con el riego no permitieron establecer las poblaciones.

Hibridación

El mejoramiento de muchas de las principales gramíneas forrajeras a través de un programa de hibridación ha sido retrasado debido a la dificultad para realizar los cruzamientos controlados (Richardson, 1958) pues como Poehlman (1983) menciona, el tamaño tan pequeño de los órganos florales de algunas especies forrajeras es una de las causas que ocasiona que la hibridación artificial se complique.

El zacate buffel no es la excepción a lo anterior ya que sus florecillas tan pequeñas dificultaron en gran medida la emasculación que se realizó manualmente, y al extraer las anteras de algunas florecillas se lastiman los estigmas lo cual reduce las probabilidades de éxito en los cruzamientos.

Sin embargo, la factibilidad de lograr híbridos dependió más de la compatibilidad o incompatibilidad de los machos apomícticos con el clon sexual.

Primer Ciclo de Hibridación

En el Cuadro 4.2 se presentan los datos relativos al primer ciclo de cruzamientos. Aún cuando el número de espigas polinizadas con cada macho fue similar, se observa una diferencia muy grande en la producción de granos obtenidos, logrando un número muy reducido de granos cuando se utilizó como macho la línea 414513.

Cuadro 4.2. Número de espigas emasculadas, carióspsides obtenidos y promedio de carióspsides por espiga de la cruce de dos progenitores apomícticos con el clon sexual TAM-CRD B-1s. U.A.A.A.N. 1989.

Progenitor	No. de espigas emasculadas	Carióspsides obtenidos	Promedio carióp/esp.
414513	136	7	0.05
Z-115	168	902	5.36

La viabilidad del polen está relacionada directamente con el número de híbridos producto de su utilización en cruces (Ramírez, 1990) y diferencias

importantes en este aspecto entre progenitores macho deben reflejarse en diferencias correspondientes en la producción de híbridos.

La viabilidad del polen en especies apomícticas frecuentemente es variable Snyder et al. (1955) encontraron diferencias en los porcentajes de tinción de los granos de polen entre y dentro de líneas de zacate buffel. Porcentajes de 50 a 60 en la línea 185641 y de 50 a 70 en plantas de la línea Puerto Rico y cuatro líneas más fueron observados.

Los porcentajes de tinción de los granos de polen fueron de 86.0 para Z-115 y 80.7 para la línea 414513 y de ellos se desprende que el pobre comportamiento de la línea 414513 como progenitor masculino no se debió a una baja viabilidad del polen. Como se mencionó en materiales y métodos, fue necesario mediante un segundo ciclo de cruzamientos, verificar la técnica de hibridación en lo referente a la polinización pues una técnica eficiente de cruzamiento es importante porque permite una rápida producción de un número ilimitado de nuevos híbridos apomícticos para una evaluación inmediata (Holt y Bashaw, 1976).

Segundo Ciclo de Hibridación

En el Cuadro A.1 se presentan los resultados

obtenidos de cada tratamiento en cada repetición y en el Cuadro A.2 se presentan los valores transformados. El análisis de varianza (Cuadro A.3) indicó diferencias altamente significativas entre técnicas de polinización y entre progenitores y significancia para la interacción.

De los datos del Cuadro 4.3 se aprecia que se obtuvieron mucho menos granos cuando se polinizó un día después de la emasculación (P_1) lo cual sugiere que los estigmas del zacate buffel pierden su receptividad poco después de la antesis. Esto sería de esperarse ya que el zacate buffel es protogíneo y los estigmas emergen de dos a tres días antes de la antesis y presumiblemente son receptivos (Fisher et al., 1954). Los resultados indican que la polinización un día después de la emasculación es inadecuada para la hibridación del zacate buffel.

Cuadro 4.3. Espigas emasculadas y carióspsides producidos en la cruz de tres machos apomícticos con el clon sexual TAM-CRD B-1s de zacate buffel. U.A.A.A.N. 1990.

Técnicas de polinización	Espigas emasculadas No	Carióspsides producidos No	Carióp/ espiga \bar{X}
Po	36	75	2.08
Po, 1	36	76	2.11
P1	36	21	0.58

En el Cuadro 4.4 se observa que la mayor producción de carióspsides obtenidos polinizando el día de la emasculación resultó de un mayor número de carióspsides producidos por espiga en el caso de ambos progenitores y además, en el caso de Z-115, de un mayor número de espigas que produjeron carióspsides.

El desglose de técnicas dentro de progenitores indicó diferencias altamente significativas entre técnicas dentro de Z-115, diferencias significativas dentro de Común y diferencias no significativas dentro de la línea 414513 (Cuadro A.4).

En la Figura 4.1 se observa que la menor producción de granos de buffel común en comparación a Z-115 cuando se polinizó el día de la emasculación (P_0), contribuyó a la interacción. Dado que la receptividad de los estigmas es mayor el día de la emasculación, se esperaría una mayor producción de granos polinizando ese día como sucedió con Z-115. Una probable explicación al resultado obtenido con Común resultaría de una posible menor producción de polen por espiga de este progenitor ya que Z-115 tiene 50 por ciento más involucros por espiga que buffel Común (Gómez y González, 1992).

Cuadro 4.4. Cariópsides producidos con dos técnicas de polinización en cruizas de zacate buffel. U.A.A.A.N. 1990.

Progenitor	Polinización ¹	Espigas polinizadas	Espigas que produjeron cariópsides	Carióp/espiga
Z-115	P ₀	12	9	6.11
	P ₁	12	6	1.66
Común	P ₀	12	7	2.85
	P ₁	12	7	1.57

1. Polinización a los cero días (P₀) y un día después de la emasculación (P₁).

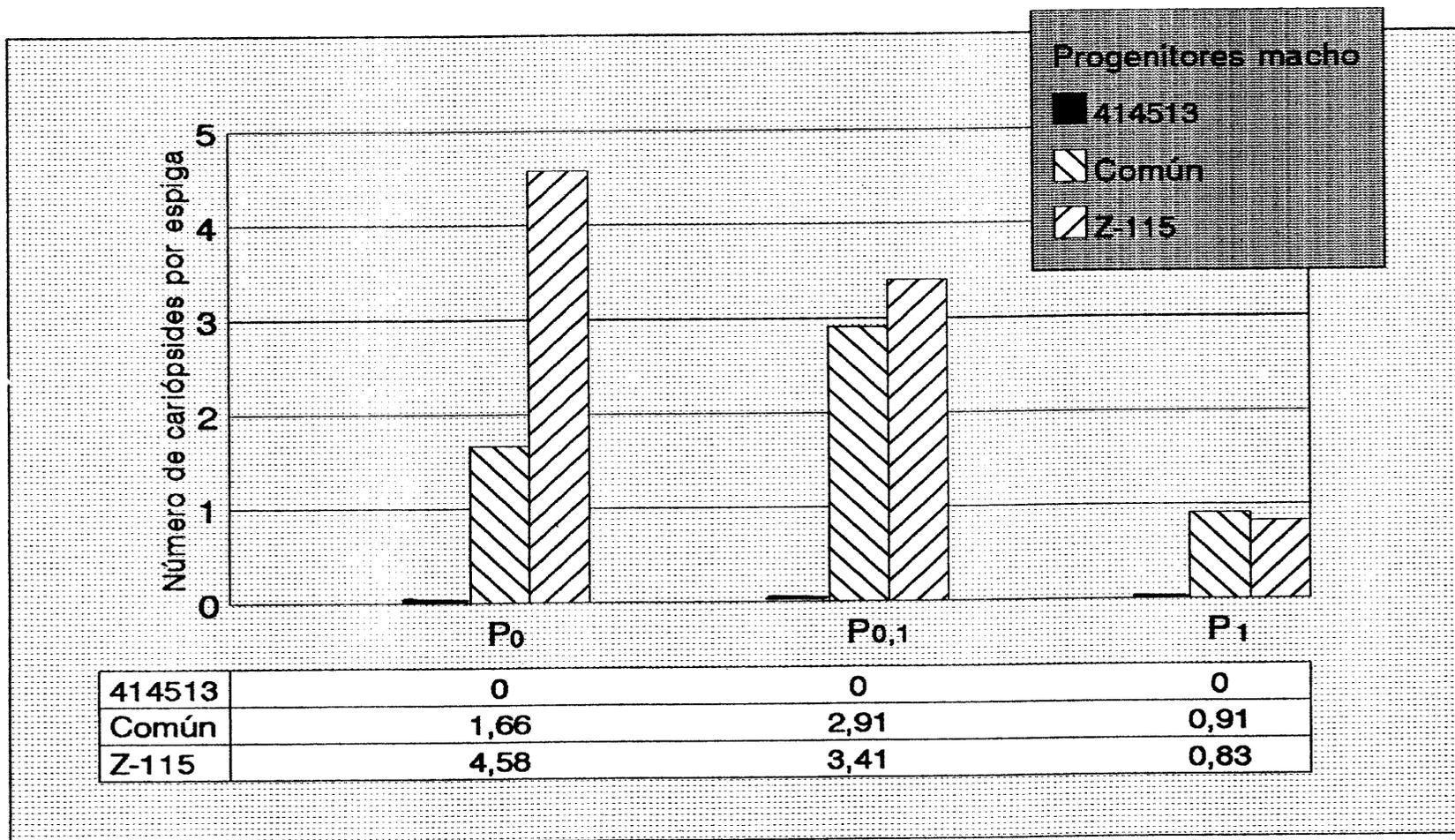


Figura.1. Cariópsides producidos por el clon sexual en cruza con tres machos apomícticos y tres técnicas de polinización (P₀ P_{0,1} P₁).

Si así fuera, de los dos progenitores en cuestión, el que se vería beneficiado de polinizar nuevamente el día siguiente de la emasculación sería buffel Común pues una deficiencia de polen en el primer día sería subsanada en parte con el polen adicional del día siguiente cuando algunos estigmas todavía están receptivos. Como se aprecia en la Figura 4.1 buffel Común produjo más granos cuando se polinizó el día de la emasculación y al día siguiente ($P_{0,1}$).

El análisis de varianza para machos dentro de técnicas indicó diferencias altamente significativas entre machos dentro de las técnicas P_0 y $P_{0,1}$ y diferencias no significativas entre machos dentro de la técnica P_1 (Cuadro A.5). La comparación de medias se presenta en el Cuadro 4.5 donde se aprecia que la superioridad de Z-115 como progenitor masculino mostrada en el primer ciclo de cruzamientos se confirma con los cruzamientos del segundo ciclo ya que con la línea 414513 como macho no se produjo ningún grano independientemente de la técnica de polinización.

Los resultados de ambos ciclos de polinización demuestran que la incapacidad de la línea 414513 para cruzarse con el clon sexual no se debió a problemas con la viabilidad del polen o a una técnica inadecuada de hibridación lo cual sugiere algún problema de

Cuadro 4.5. Cariópsides producidos en la cruce de tres machos apomícticos con el clon sexual de buffel TAM-CRD B-1s con tres técnicas de polinización. U.A.A.A.N. 1990.

Técnicas de Polinización	Progenitores macho		
	Z-115	Común	414513
P ₀	4.58a ¹	1.66ab ²	0.00a
P _{0,1}	3.41a	2.91a	0.00a
P ₁	0.83b	0.91b	0.00a

1. Literales diferentes dentro de la columna indican diferencias altamente significativas al nivel de 0.01.
2. Literales diferentes dentro de la columna indican diferencias significativas al nivel de 0.05.

incompatibilidad genética. La variedad Z-115 también fue superior como progenitor masculino a buffel común debido principalmente a la menor producción de granos de este macho cuando se polinizó el día de la emasculación. Buffel común ha mostrado ser compatible en cruza con el clon sexual (Taliaferro y Bashaw, 1966) de manera que la posible menor producción de polen por espiga mencionada anteriormente pudiera ser la explicación.

Niveles de Ploidía y Compatibilidad

Al iniciar los cruzamientos el número de cromosomas para los progenitores macho era desconocido y en virtud de la extrema dificultad para cruzar las líneas tolerantes a heladas colectadas en Africa del Sur reportado por Bashaw (1985) se procedió a determinar el número cromosómico. Se encontró que las variedades Z-115 y Común son tetraploides ($2N=4X=36$) lo cual coincide con el número cromosómico más frecuentemente reportado en la literatura (Snyder, 1955) y la línea 414513 es pentaploide ya que tiene cinco juegos de cromosomas (Cuadro 4.6 Figuras 4.2, 4.3 y 4.4).

En base al número de carióspsides obtenidos en los cruzamientos y el número cromosómico determinado para los progenitores macho se desprende que la compatibilidad en cruza de machos apomícticos con el clon sexual (TAM- CRD B-1s) está relacionada con el nivel de ploidía de los

materiales utilizados.

Cuadro 4.6. Número cromosómico de los progenitores macho cruzados con el clon sexual TAM-CRD B-1s. U.A.A.A.N. 1991.

Progenitores macho	Número cromosómico
Común	$2n=4X=36$
Z-115	$2n=4X=36$
414513	$2n=5X=45$

Si bien anteriormente se mencionó que con el descubrimiento de la planta sexual en zacate buffel se abren nuevas oportunidades al mejoramiento de la especie facilitando la obtención de nuevas variedades apomícticas, los resultados presentados en estos trabajos revelan que la compatibilidad en cruce de machos apomícticos con el clon sexual es variable y la cruce de este con algunos machos es difícil o casi imposible, por lo anterior tomando en cuenta el trabajo que implica realizar los cruzamientos, antes de iniciar un programa de hibridación para zacate buffel es conveniente realizar primeramente los estudios necesarios en los progenitores macho involucrados.



Figura 4.2. Cromosomas de la variedad Z-115
en metafase de mitosis $2N=4X=36$



Figura 4.3. Cromosomas de la variedad
Común en metafase de
mitosis $2N=4X=36$.

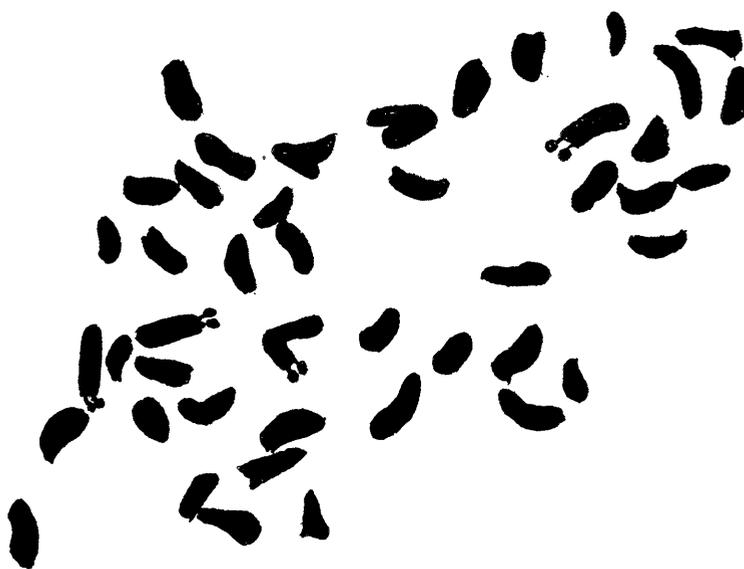
A**B**

Figura 4.4. Cromosomas de la línea 414513 en metafase de mitosis $2N=5X=45$.
A. Cromosomas en dos planos.
B. Cromosomas en un plano.

Plantas F₁

Establecimiento

Se trasplantaron 480 híbridos F₁ producto de la cruce de Z-115 con el clon sexual estableciéndose 469 que representa el 97.7 por ciento de los individuos trasplantados, la pérdida de algunas plantas se debió al ataque de hormigas. De la cruce con el progenitor macho 414513 se establecieron los siete híbridos trasplantados.

Evaluación Visual

Las plantas F₁ producto de la cruce del clon sexual con la línea 414513 tuvieron poco desarrollo y bajo vigor; esto concuerda con Bashaw y Hignight (1990) quienes reportan que al realizar cruzamientos del clon sexual TAM-CRD B-1s con materiales pentaploides como progenitor macho obtuvieron híbridos débiles e infértiles. Por lo anterior en adelante se hará referencia únicamente a los híbridos resultantes de la cruce del clon sexual TAM-CRD B-1s con la variedad Z-115.

La mayoría de los híbridos F₁ mostraron un gran parecido al progenitor macho Z-115 en el color del follaje (verde claro) y de la espiga (crema), hábito de crecimiento (erecto) y condición rizomatosa. Durante el establecimiento de las plantas F₁ se realizaron evaluaciones visuales el 27

de julio y 18 de agosto observándose una marcada uniformidad en la mayoría de los híbridos para las características de tamaño de espiga, color de las hojas y hábito de crecimiento y de manera general híbridos con buen vigor.

Hacia fines de octubre y principios de noviembre se observó una senescencia precoz de las plantas en los surcos testigos de buffel Común lo cual se debió al ataque de una enfermedad foliar (presumiblemente *Helminthosporium*). Este problema no se presentó en las plantas F₁ las cuales permanecieron completamente libres de la infestación durante todo el ciclo.

Los híbridos mostraron mayor rapidez en el rebrote que el testigo Común. El primero de marzo de 1991 los híbridos tenían 68.4 por ciento de rebrote contra 39.9 de la variedad Común.

Rendimiento de Materia Seca

Las estimaciones del rendimiento de materia seca en base al corte realizado en 1990 en las plantas F₁, variaron de 337 a 25,125 kg/ha con una media de 10,745 y una desviación estandar de 4,700 kg/ha. La media del testigo buffel Común fue de 8,097 kg/ha con un rango en el rendimiento de 1,812 a 16,762 kg/ha (Cuadro 4.7). La comparación de medias indicó una diferencia altamente

significativa entre el rendimiento de los híbridos y el de buffel Común.

Cuadro 4.7. Rendimiento de materia seca (kg/ha) de híbridos experimentales de zacate buffel. Ocampo, Coah. 1990.

Variedad y/o híbridos	Plantas evaluadas	Media	σ	Rango	
				Min	Max
Híbridos F ₁	456	10,745	4,700	337	25,125
Testigo (Común)	48	8,097	3,662	1,812	16,762

El amplio rango en producción de forraje de los híbridos F₁ indicó la posibilidad de seleccionar materiales superiores en este aspecto. Bashaw (1975) menciona al respecto que la mayoría de los apomícticos son altamente heterocigotos y liberan tremenda variabilidad cuando la barrera apomíctica es rota y que ésta característica debería ser aprovechada para seleccionar materiales como nuevas variedades potenciales.

Bashaw (1976), enfatiza la importancia de la liberación de la variabilidad almacenada en el zacate guinea apomíctico a través de hibridaciones controladas de sexuales por apomícticos.

En el Cuadro 4.8 se muestran los rendimientos de los 108 híbridos F₁ seleccionados y que fueron sometidos a pruebas de progenie para la determinación del modo de reproducción y su evaluación agronómica preliminar.

Pruebas de Progenie para Determinación del Modo de Reproducción

Las pruebas de progenie constituyen un procedimiento básico en el fitomejoramiento, ya que el comportamiento genético de una planta individual puede determinarse sembrando su progenie (Poehlman, 1983). Taliaferro y Bashaw (1966) mencionan que las pruebas de progenie constituyen un mecanismo confiable para determinar el modo de reproducción en zacate buffel.

En base a la uniformidad o falta de ésta en características como vigor de las plantas, coloración del follaje, espigas y estigmas y hábito de crecimiento, se determinó el modo de reproducción en los 108 híbridos seleccionados. La gran mayoría de las progenies fueron muy uniformes indicando un alto grado de reproducción apomíctica de las plantas F₁. Por otra parte, de 98 progenies uniformes 90 de ellas fueron fenotípicamente similares al progenitor macho Z-115 en tanto que los ocho restantes fueron diferentes a ambos progenitores. Las plantas que mostraron variabilidad, dentro de la progenie, fueron plantas de poco

Cuadro 4.8. Rendimiento de materia seca (kg/ha) de plantas F₁ seleccionadas de zacate buffel. Ocampo, Coah. 1990.

Plantas F ₁ S-P	MS kg/ha	Plantas F ₁ S-P	MS kg/ha
8-10	25,125	21-7	18,875
25-10	24,912	11-10	18,700
17-1	24,362	19-8	18,650
29-1	23,625	24-1	18,600
20-4	22,850	19-1	18,575
46-10	21,237	46-9	18,350
27-1	21,100	3-2	17,843
14-10	21,075	9-2	17,687
18-10	20,987	15-8	17,625
3-10	20,906	32-1	17,387
5-10	20,750	14-1	17,375
10-10	20,737	18-2	17,150
6-10	20,675	10-1	17,125
29-3	20,250	26-1	17,100
9-5	20,087	32-10	17,062
7-10	19,900	7-5	17,050
21-9	16,075	3-9	17,025
2-9	19,800	49-10	17,250
27-2	19,750	19-9	16,875
10-3	19,862	52-10	16,787
4-8	19,625	16-9	16,600
47-1	19,512	8-8	16,587
4-5	19,012	7-6	16,387

Cuadro 4.8 continuación

Plantas F ₁ S-P	MS kg/ha	Plantas F ₁ S-P	MS kg/ha
15-12	16,362	29-2	14,200
49-5	16,237	24-8	14,125
51-6	16,087	2-5	13,987
21-9	16,075	32-4	13,950
26-5	16,062	14-2	13,937
29-9	15,775	8-6	13,906
15-7	15,750	14-4	13,800
29-4	15,737	24-2	13,800
49-9	15,675	28-8	13,800
17-7	15,637	46-6	13,675
8-9	15,487	55-6	13,662
18-5	15,325	48-8	13,575
27-6	15,325	47-4	13,500
18-9	15,287	49-2	13,237
49-6	15,287	51-7	13,150
7-3	15,162	11-7	13,112
6-7	15,150	4-6	13,050
7-4	15,087	50-8	12,937
18-7	15,075	19-4	12,912
29-5	15,000	51-4	12,887
55-5	14,850	37-7	12,812
25-7	14,750	2-8	12,800
7-8	14,725	35-1	12,800
27-5	14,725	49-8	12,762
6-6	14,625	53-6	12,625
47-7	14,550	36-7	12,437
54-9	14,537	54-6	12,312
6-5	14,524	13-6	12,275
30-9	14,475	52-7	12,112
46-8	14,462	38-4	11,837
4-3	14,375	26-8	11,500

vigor que no mostraron promesa como buenos materiales.

En el Cuadro 4.9 se observa que la proporción de sexuales a apomícticos obtenida en este experimento fue de 1:9.8. Esta se aparta bastante de la proporción esperada, de cinco sexuales a tres apomícticos reportada por Taliaferro y Bashaw (1966) cuando se cruza el clon sexual TAM-CRD B-1s con machos apomícticos. Sin embargo el objetivo de este trabajo no fue corroborar dicha proporción para lo cuál hubiera sido necesario estudiar la progenie de todas las plantas F_1 sin selección alguna.

Los resultados obtenidos para el modo de reproducción en esta investigación son de esperarse ya que por un lado la hibridación incrementa la proporción de progenie apomíctica comparada con poblaciones autofecundadas (Taliaferro y Bashaw, 1966) y por otro lado la selección aplicada a la población F_1 original favorece a los apomícticos en virtud de su vigor característico, mientras que las progenies derivadas de híbridos sexuales sufren extrema depresión endogámica (Bashaw y Hanna, 1990) lo cual explica que hallan sido incluidos pocos híbridos sexuales en las pruebas de progenie.

La prueba de progenie y el tamaño de la muestra (15 plantas) utilizada facilitaron la detección de plantas sexuales y apomícticas, por lo que esta prueba es un

mecanismo confiable para determinar el modo de reproducción.

Cuadro 4.9. Modo de reproducción de los híbridos de zacate buffel. Ocampo, Coah. 1991-1992.

Modo de Reproducción	No. de Híbridos	Porcentaje	Proporción Sex : Apom
Sexual	10	9.26%	1 : 9.8
Apomíctico	98	90.74%	

El 8 de mayo de 1992 fecha en que se determinó el modo de reproducción de los híbridos, la infestación de la enfermedad foliar, mencionada anteriormente, que le da una apariencia seca al follaje, estaba presente en cada una de las plantas del testigo Común sin contaminar las plantas de las progenies ni del testigo Z-115.

La incidencia de esta enfermedad se ha observado en esta misma localidad en otros experimentos en los que se incluye esta variedad y en otras localidades como Matehuala, S.L.P. y Cuencamé Dgo. donde esta establecido el buffel Común, que aunque se trata de una variedad con buen potencial de producción de forraje y semilla la presencia de este tipo de enfermedades disminuye la cantidad y calidad de los mismos.

El hecho de que buffel Común sea la variedad más utilizada tanto en México como en Texas pone en peligro a las zonas ganaderas donde se encuentra establecida esta variedad ya que es de esperarse una mayor vulnerabilidad genética resultado de una reducida variabilidad genética, asimismo, se piensa de la diversidad genética como la cantidad de variabilidad genética entre individuos de una variedad, población o especies (Brown, 1983) por lo cual la búsqueda de nuevas alternativas para incrementar la variabilidad genética en especies que han mostrado sus bondades en nuestras zonas áridas debe ser uno de los objetivos principales en los programas de mejoramiento de pastos.

Rendimiento de Materia Seca

El rendimiento promedio de materia seca de los híbridos F₁ y testigos producto de los tres cortes realizados se presenta en el Cuadro 4.10.

Se observa en el Cuadro 4.10 que la media del rendimiento por corte de los híbridos apomícticos fue de 8,108 kg/ha y una desviación estandar de 1,636 kg/ha. El rango en el rendimiento fue de 3,718 hasta 12,259 kg/ha, con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 8,541 kg/ha. El rendimiento promedio de las 98 progenies de híbridos apomícticos superó en 61.6 por ciento al de las

progenies de híbridos sexuales, estos resultados comprueban lo anteriormente mencionado en el sentido de que las progenies de híbridos sexuales son menos vigorosas que las de híbridos apomícticos. El rango de producción de las progenies de híbridos apomícticos fue más amplio que el de Z-115 lo cual es de esperarse ya que la variación de Z-115 es debida únicamente a factores ambientales y en las progenies involucra variabilidad genética y ambiental.

Cuadro 4.10. Rendimiento de materia seca (kg/ha) de progenies F₂ de zacate buffel. Ocampo, Coah. 1991-1992.

Progenies y Testigos	No. de Parcelas	Media	σ	Rango	
				Min	Max
Prog. A.	98	8,108	1,636	3,718	12,259
Prog. S.	10	5,035	2,453	1,703	9,318
Común	12	2,803	372	2,275	3,493
Z-115	12	9,124	1,358	6,594	10,770

Buffel Común obtuvo rendimientos de materia seca muy inferiores a Z-115 y a las progenies de híbridos apomícticos. El testigo Z-115 obtuvo un rendimiento de materia seca de 9,124 kg/ha (Cuadro 4.10). Este material

esta considerado como una variedad de mayor potencial de producción de forraje que la variedad Común (Osuna, 1986).

Briones (1991) reporta en la localidad de Ocampo, Coahuila rendimientos de forraje seco en base a un corte efectuado el año de establecimiento para Z-115 de 12.8 tn/ha y para buffel Común de 9.1 tn/ha, sin embargo, los resultados aquí presentados son promedio de tres cortes en dos años de evaluación.

Se supone que el bajo rendimiento de forraje obtenido por buffel Común se debió a varias situaciones por una parte al fuerte ataque de la enfermedad foliar que seca por completo el follaje, por otro el suelo donde se estableció el experimento contiene más de 50 por ciento de arcilla y buffel Común tiene menos desarrollo en este tipo de texturas; mientras que los materiales rizomatosos como Z-115 se establecen y desarrollan bien en estos suelos y por último en este experimento siempre se estableció la variedad Z-115 a un lado de Común, siendo la primera de mayor vigor que Común los efectos de la competencia se reflejaron negativamente en el desarrollo de las plantas de Común evitándole expresar todo su potencial genético.

En base al vigor observado de las progenies durante las evaluaciones visuales realizadas y a los rendimientos de materia seca obtenidos se deduce que las características de

mayor producción de forraje y presencia de rizomas que les permite a las plantas establecerse en suelos de textura arcillosa les fueron transferidas a las progenies del progenitor macho Z-115; característica esta última que a su vez les permitirían sobrevivir en lugares más altos donde buffel Común no persiste debido a las bajas temperaturas.

Bashaw y Johns (1984) reportan que los cruzamientos realizados de la planta sexual con apomícticos rizomatosos produjeron plantas con fuertes rizomas y de buen vigor.

Ocho progenies de híbridos apomícticos superaron en rendimiento de materia seca a la media más una vez la desviación estandar de Z-115 (10,482 kg/ha) y 22 híbridos obtuvieron rendimientos superiores a la media de este testigo, seleccionándose estos híbridos para una evaluación más rigurosa. Estos híbridos superaron a Z-115 con porcentajes que van desde 3.12 por ciento que corresponde al híbrido 16 con un rendimiento de 9,414 kg/ha hasta un 34.3 por ciento del híbrido 20 con 12,259 kg/ha (Cuadro 4.11).

Se incluyeron además en la selección los híbridos 17 y 57 que fueron clasificados de reproducción apomíctica y fueron fenotípicamente diferentes a Z-115 y aunque su rendimiento de materia seca no fue superior a la media de Z-115, se seleccionaron por características agronómicas deseables; en el caso del híbrido 17 en base a la alta

Cuadro 4.11. Rendimiento de materia seca (kg/ha) de progenies apomícticas F₂ seleccionadas de zacate buffel Ocampo, Coah. 1991-1992.

Híbridos F ₁	MS kg/ha
20	12,259
13	11,658
115	11,418
97	11,041
18	10,832
12	10,792
11	10,776
121	10,652
74	10,192
77	10,111
116	10,015
120	9,927
23	9,911
73	9,847
118	9,639
119	9,630
61	9,615
83	9,558
22	9,534
85	9,510
25	9,430
16	9,414
17	7,916
57	7,558

cantidad de espigas/planta que se observó y que se considera una medida indirecta de producción de semilla, y el híbrido 57 por considerarse un material deseable para producción de heno, por su hábito de crecimiento erecto y por la alta cantidad de hojas basales.

CONCLUSIONES

En base a los resultados generados en esta serie de investigaciones y a los objetivos planteados al inicio de la misma se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La autofecundación del clon sexual genera plantas variegadas, espigas y plantas deformes y de poco vigor en muchos casos por lo que ofrece limitadas posibilidades para obtener genotipos superiores y apomícticos con potencial como nuevas variedades.
2. Las plantas S₁ son menos vigorosas y productoras de forraje que las plantas F₁ resultantes de hibridación con machos apomícticos
4. La compatibilidad en cruza de machos apomícticos con el clon sexual TAM-CRD B-1s es variable y está relacionada con el nivel de ploidía de los materiales utilizados como machos. Machos tetraploides son más compatibles que machos pentaploides.

5. Las pruebas de progenie constituyen un mecanismo confiable para determinar el modo de reproducción.
6. Las progenies de plantas F₁ sexuales son menos vigorosas estando en desventaja con las progenies de híbridos apomícticos.
7. La hibridación del clon sexual permite nuevas combinaciones de un mayor número de genes favorables cuando se utilizan machos apomícticos con buenas características agronómicas.
8. La cruce del clon sexual, con machos apomícticos compatibles ofrece grandes posibilidades para generar genotipos superiores y apomícticos por lo cual la hibridación debe ser parte esencial de los programas de mejoramiento genético para desarrollar nuevas variedades de zacate buffel.

RESUMEN

La presente investigación comprendió dos fases: la primera se realizó en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la segunda en el Campo Experimental de Zonas Áridas de Ocampo, Coahuila perteneciente a la misma Universidad.

Los objetivos generales fueron: Producir, evaluar y seleccionar plantas S₁ apomícticas y plantas F₁ apomícticas de zacate buffel.

La producción de plantas S₁ y F₁ se realizó en los invernaderos. Para ambos casos se utilizó como progenitor hembra el clon sexual TAM-CRD B-1s. Para la producción de semilla S₁ se cubrieron las espigas del clon sexual antes de que emergieran los estigmas y una vez madura la semilla ésta fue cosechada.

Para la generación de híbridos F₁ se realizaron dos ciclos de hibridación: en el primero se utilizaron como progenitores macho a la variedad Z-115 y a la línea 414513. Se realizaron 168 cruzamientos con Z-115, y 136 con la línea 414513 obteniéndose 902 y 7 carióspsides, respectivamente. Se analizó la viabilidad del polen de ambos progenitores macho

obteniendo 86 por ciento para Z-115 y 80.5 por ciento para la línea 414513.

En el segundo ciclo de hibridación se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 12 repeticiones en un arreglo factorial 3X3 considerando como factor A a los progenitores macho: Z-115, Común y la línea 414513 y como factor B las técnicas de polinización: polinizando el día de la emasculación (P_0), polinizando el día de la emasculación y al día siguiente ($P_{0,1}$) y polinizando al día siguiente de la emasculación (P_1). El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre técnicas de polinización y entre progenitores y significancia para la interacción. En las técnicas de polinización no hubo diferencia significativa entre P_0 y $P_{0,1}$ y la menor producción de granos se obtuvo con la técnica de polinización P_1 , por lo que en zacate buffel es recomendable polinizar el día de la emasculación. En cuanto a los progenitores quedó confirmada la efectividad de Z-115 para ser utilizado como progenitor macho en cruzas con el clon sexual TAM-CRD B-1s; asimismo la incapacidad de la línea 414513 para utilizarse en un programa de hibridación con el clon sexual.

El conteo cromosómico de los progenitores macho reportó que Z-115 y Común son tetraploides y la línea 414513 pentaploide. Se concluye que el grado de dificultad que

presentó la línea 414513 para cruzarse con el clon sexual no fue problema de viabilidad de polen o de una técnica deficiente de polinización, su baja compatibilidad estuvo relacionada al hecho de ser un material pentaploide.

Las plantas S₁ fueron trasplantadas en Ocampo, Coah. en lotes A, B y C para su evaluación. Se observó una amplia segregación en la progenie del clon sexual para las características de tamaño y forma de espiga, hábito de crecimiento, cantidad de hojas y número de tallos y vigor. Se observaron algunas plantas y espigas deformes y de manera general hubo pocas plantas vigorosas. Los lotes A y B tuvieron rendimientos de forraje verde muy similares en promedio de dos años de evaluación. El rendimiento de forraje verde y el vigor que presentaron las plantas S₁ fue muy bajo en comparación a la población F₁.

En la evaluación de los híbridos producto de la cruce del clon sexual con Z-115 se incluyó a la variedad Común como testigo. De manera general se observaron plantas F₁ vigorosas, muy uniformes y morfológicamente muy parecidas a Z-115; con una variabilidad muy amplia para el rendimiento de materia seca. El testigo Común tuvo rendimientos muy bajos en comparación a las plantas F₁. Se seleccionaron 108 híbridos para determinar su modo de reproducción en base a pruebas de progenie. Para esta prueba se establecieron 15 plantas por progenie, se incluyeron cada 15 surcos a las

variedades Z-115 y común como testigos.

La gran mayoría de las progenies F₂ fueron muy uniformes indicando un alto grado de reproducción apomíctica de las plantas F₁. La proporción observada de sexuales a apomícticas fue 1:9.8. Se concluye que las pruebas de progenie y el tamaño de muestra utilizado permitieron sin dificultad determinar el modo de reproducción. El rendimiento promedio de materia seca de las 98 progenies de híbridos apomícticos superó en 61.6 por ciento al de las progenies de híbridos sexuales. El testigo Común fue muy inferior a Z-115 y a las progenies de híbridos apomícticos. Se seleccionaron 22 híbridos que tuvieron rendimientos superiores a la media de Z-115. Se concluye que los programas de mejoramiento genético de zacate buffel deben incluir la hibridación como un método esencial para desarrollar nuevas variedades.

LITERATURA CITADA

- Arizona Interagency Range Technical Sub-Committee. 1973. Guide to improvement of Arizona Rangeland. The University of Arizona, Cooperative Extension Service and Agricultural Experiment Station.
- Asker, S. 1979. Progress in apomixis research. *Hereditas* 91:231-240.
- 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.
- _____ 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.
- _____ 1976. Buffelgrass. In: *Grasses and Legumes in Texas: Development, production and utilization*. Holt, E.C. and R.D. Lewis (eds.). The Texas Agric. Exp. Stat. Texas A & M Univ. College Station.
- _____ 1980a. Registration of Nueces and Llano buffelgrass. *Crop Sci.* 20:112.
- _____ 1980b. Apomixis and its hibridization application in crop improvement. 1980. In: *Hibridation of Crop Plants*. S. Segue Road (ed.). Am. Soc. Agron-Crop Sci. pp. 45-68.
- _____ 1981. Nueces and llano buffelgrass. Texas Agricultural Experiment Station in cooperation with U.S. Department of Agriculture. L-1819.
- _____ 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 Johns C. W. 1984. Buffelgrass germplasm research for the Southern Great Plains. In Proceedings of the thirty-ninth Southern pasture and forage crop Improvement conf. 23-26 1983. Oklahoma, Oklahoma New Orleans.
- _____ 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.
- Beharathi, M., U. R. Murty., KBRS Visarda and A. Annapurna. 1991. Possibility of transferring obligate apomixis from *Cenchrus ciliaris* L. to *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Savidan, Y. Ch. F.Crane (eds.). Apomixis Newsletter 3:13-14.
- Bray, R.A. 1978. Evidence for facultative apomixis in *Cenchrus ciliaris*. Euphytica 27:801-804.
- Breese, E.L. and M.D. Hayward. 1972. The genetic basis of present breeding methods in forage crops. Euphytica 21:324-336.
- Briones R.,M.A. 1991. Características de producción de semilla de 10 materiales de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* L. Tesis Licenciatura. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 57 p.
- Brown, W.L. 1983. Genetic diversity and genetic vulnerability- an appraisal. Economic Botany 37:4-12.
- Brown, W.V. and W.H. Emery. 1958. Apomixis in the gramineae: panicoideae. Amer. Jour. Bot. 45:253-263.
- Burton, G.W. 1981. Improving the efficiency of forage crop breeding. International Grassland Congress. USDA-SEA-AR, Coastal Plain Station University of Georgia, Tifton, Ga., U.S.A. pp 138-140.
- _____ 1986 Forages for the future. USDA-ARS-Tifton, G.A. pp. 1-3.
- _____ and I. Forbes Jr. 1960. The genetics and manipulación of obligate apomixis in common bahia grass (*Paspalum notatum* F.) Int. Grassl. Cong. Proc. 8:66-71.
- Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops. 1972. Genetic vulnerability of major crops. Natl. Acad.

Sci., Washington, D.C.

Cox, J.R. 1991. El zacate buffel: Historia y Establecimiento. Un acercamiento internacional para seleccionar sitios de siembra e implicaciones en la agricultura del futuro. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del zacate buffel. 20-23 de agosto Cd. Victoria Tamps pp. 60-66.

M.H. Martín-R., F.A. Ibarra-F., J.H. Fourie, N.F.G. Rethman, and D.G. Wilcox. 1988. The influence of climate and soils on the distribution of four african grasses. Journal of Range Management 41:127-139.

Dujardin, M., and W.W. Hanna. 1982. Meiotic and reproductive behavior of facultative apomictic BC₁ offspring derived from *Pennisetum americanum*-*P. orientale* interspecific hybrids. Crop Sci. 23:156-160.

Fisher, W. D., E.C. Bashaw and E.C. Holt. 1954. Evidence for apomixis in *Pennisetum ciliare* and *Cenchrus setigerus*. Agronomy Journal 46:401-404.

Flemons, K.F. and R.D. Whalley. 1958. Buffelgrass *Cenchrus ciliaris*. Agricultural Gazette New South Wales 69:449-460

García V., A. 1977. Manual de Citogenética. 2^a Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 118p.

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.

Gómez M., S. y J.R. González D. 1992. Rendimiento y componentes del rendimiento de semilla de líneas y variedades de zacate buffel. Resúmenes XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. 4-9 oct. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. p 468.

Gustafsson, A. 1946. Apomixis in higher plants. Part I. The Mechanism of Apomixis. Lunds University Arsskr 42:1-68.

1947. Apomixis in higher plants. Part II. The causal aspect of apomixis. Lunds University Arsskr. 42:69-178.

Hanson, A.A. 1972. Grass varieties in the United States. Agricultural Research Service. USDA. Agriculture Handbook N^o 170. pp. 39-40.

- Hanna, W.W. and E.C. Bashaw. 1987. Apomixis: its identification and use in plant breeding. *Crop Sci.* 27:1136-1139.
- Hanselka, C.W. 1988. Buffelgrass South Texas Wonder Grass. *Rangeland* 10: 279-281.
- _____ and D. Johnson. 1991. Establecimiento y manejo de praderas de zacate buffel común en el sur de Texas y en México. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposium Internacional Aprovechamiento Integral de zacate buffel. Cd. Victoria Tamps 20-23 agosto pp. 54-59.
- Harlan, J.R. 1965. The use of apomixis in the improvement of tropical and subtropical grasses. *Proceedings of the Ninth International Grassland Congress.* 191-193.
- _____ and J.M.J. de Wet. 1963. Role of apomixis in the evolution of the *Bothriochloa-Dichanthium*. *Crop Sci.* 3:314-316.
- _____ M.H. Brooks; D.S. Borgaonkar; and J.M.J. de Wet. 1964. Nature and inheritance of apomixis in *Bothriochloa* and *Dichanthium*. *Bot. Gaz.* 125:41-46.
- 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 SOMMAP. Simposium Internacional Aprovechamiento integral del zacate buffel. 20-23 agosto. Cd. Victoria, Tamps. pp. 3-13.
- 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.
- _____ and E.C. Bashaw. 1976. Developing improved grasses and legumes in Texas: Development, production and utilization. Holt, E.C. and R.D. Lewis (eds.) *The Texas Agric. Exp. Sta. Texas A & M Univ. College Station, Texas. Research Monograph* 6. pp. 7-9.
- Hoverson, R.R. (sin fecha). Buffelgrass-establishment, culture, utilization. Texas Agricultural Extension Service.

- 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. Martín R. 1991. Efecto del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate buffel en México y Sur de Texas. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposium Internacional Aprovechamiento integral del zacate buffel. 20-23 agosto. Cd. Victoria Tamps. pp. 14- 28.
- Kelk, D.M. and C.H. Donaldson. 1983. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). Roodeplaat Agricultural Research Station, Pretoria. Republic of South Africa. Leaflet 114.
- Mangelsdorf, P.C., 1927. Progress and possibilities in forage crop improvement. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 19:239-251.
- Marriot, S. and K.B. Anderssen. 1953. Bufelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Queensland Agricultural Journal* 76:3-9.
- Mendoza H., J.M. 1982. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la U.A.A.A.N. Departamento de Agrometereología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista , Saltillo, Coah. México.
- Millington, R.W. and R.E. Winkworth. 1972. Methods screening introduced forage species for arid central Australia. *Proceedings of the XI International Grassland Congress.* pp. 235-239.
- Nicholson, C.H.L., L.L. Conlan, and Cook, S.J. 1985. *Cenchrus* pasture species and cultivar identification using morphological and biochemical techniques. *Seed Science and Technology* 13:243-255.
- Osuna R., O.M. 1986. Buffel Zaragoza-115 para el norte de Coahuila. CAEZAR-CIAN-INIFAP-SARH. Desplegable CAEZAR 1
- Pandeya, S.C. and P.K. Jayan. 1970. Population differences in buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) at Ahmedab, India: Productivity under various agronomic conditions. *Proceedings of the XI International Grassland Congress.* pp. 239-244
- Paull, C.J. and G.r. Lee. 1978. Buffel grass in Queensland. *Queensland Agric. Journal.* 104: 57-75 Australia

- Pengelly, B.C., J.B. Hacker and D.A. Eagle. 1992. The clasification of a collection of buffel grasses and related species. *Tropical Grasslands* 26:1-6.
- Poehlman, J.M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. 8^o Edición. Ed. Limusa, México, D.F. 453p.
- Power, 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.
- Pruneda G.,R. (sin fecha). Semillas Procesadas zacate buffel. CAPRA.
- Ramírez G.,F. 1990. Cruzas interespecificas en el género *Parthenium*. Tesis. Maestria. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84p.
- Read, J.C. and E.C. Bashaw. 1969. Cytotaxonomic relationship 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.* 18:1.
- Romero F.,J. 1981. Zacate buffel para producción de carne bajo temporal. SARH-INIA-CIAPAN. Culiacan, Sinaloa.
- Stebbins, G.L. 1941. Apomixis in the angiosperms. *Bot. Rev.* 7:507-542.
- _____ 1950. Variation and evolution in plants, Columbia University New York. p. 643.
- Saldívar F.,A. 1991. Ecosistemas del zacate buffel en Tamaulipas. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del zacate buffel. 20-23 agosto Cd. Victoria Tamps.
- Savidan, Y.H. 1990. Apomixis y mejoramiento. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. 3-7 sept. Cd. Juárez, Chih. p. 540
- Sherwood, R.T., B.A. Young and E.C. Bashaw. 1980. Facultative apomixis in buffelgrass. *Crop Sci.* 20:375-379.
- Snyder, L.A., A.R. Hernández and H.E. Warmke. 1955. The mechanism of apomixis in *Pennisetum ciliare*. *Bot. Gaz.* 116:209-221.
- Steel, G.D. and J.M. Torrie. 1960. Principles and procedures

of statistics. Editorial Mc Graw-Hill Book Company, Inc. E.U.A. 481p.

- Taliaferro, C.M. and E.C. Bashaw. 1966. Inheritance and control of obligate apomixis in breeding buffelgrass, *Pennisetum 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.
- Wellhausen, E.J. (sin fecha). Selección y Mejoramiento de plantas para las zonas áridas. Sesión III plantas alimenticias de las zonas áridas. 55-63.
- Wheeler, W.A. and D.D. Hill. 1957. Great Plains grasses. In: Grasslands Seeds. Wheeler, W.A. (ed) D.Van Nostrand Company. Princeton, New Jersey. pp. 559-601.
- Whiteman, P.C., L.R. Humphreys and U.H. Monteith. 1974. *Cenchrus ciliaris* L. (buffel grass). A course Manual in Tropical Pasture Sciences. pp. 306-312.
- Williamson, J. and B. Pinkerton. 1985. Buffelgrass establishment. In: Buffel grass: Adaptation, management and forage quality. The Texas Agric. Exp. Station in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U.S. Department of Agriculture Soil. Conservation Service. College Station, Texas. MP 1575. pp. 25-29.

A P E N D I C E

CUADRO A.1. Número de carióspsides de zacate buffel obtenidos en cruza del clon sexual TAM-ORD B-1s con tres progenitores macho y tres técnicas de polinización. UPAAN. 1990.

TRATAMIENTO	BLOQUES												TOT TRATA	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Z-115	Po	0	0	1	8	7	7	2	14	1	10	5	0	55
	Po,1	0	2	2	5	2	3	9	4	3	5	1	5	41
	P1	2	0	3	0	0	2	0	1	1	1	0	0	10
COMUN	Po	0	0	0	3	0	2	3	2	4	4	0	2	20
	Po,1	6	4	2	1	7	2	1	5	1	2	1	3	35
	P1	0	1	1	1	0	5	0	1	1	0	1	0	11
414513	Po	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Po,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES BLOQUES	8	7	9	18	16	21	15	27	11	22	8	10	172	

CUFORO A.2. Datos transformados del número de carióspsides obtenidos en cruizas del clon sexual TAM-ORD B-1s con tres progenitores macho y tres técnicas de polinización. UAPA. 1990.

TRATAMIENTO	BLOQUES												TOT TRATA	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Z-115	Po	0.707	0.707	1.225	2.915	2.738	2.738	1.581	3.808	1.225	3.24	2.345	0.707	23.986
	Po,1	0.707	1.581	1.581	2.345	1.581	1.871	3.082	2.121	1.871	2.345	1.225	2.345	22.655
	P1	1.581	0.707	1.871	0.707	0.707	1.581	0.707	1.225	1.225	1.225	0.707	0.707	12.95
COMUN	Po	0.707	0.707	0.707	1.871	0.707	1.581	1.871	1.581	2.121	2.121	0.707	1.581	16.262
	Po,1	2.549	2.121	1.581	1.225	2.738	1.581	1.225	2.345	1.225	1.581	1.225	1.871	21.267
	P1	0.707	1.225	1.225	1.225	0.707	2.345	0.707	1.225	1.225	0.707	1.225	0.707	13.23
414513	Po	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	8.484
	Po,1	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	8.484
	P1	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	8.484
TOTALES BLOQUES	9.079	9.169	10.311	12.409	11.299	13.818	11.294	14.426	11.013	13.34	9.555	10.039	135.752	

Cuadro A.3. Análisis de varianza para número de carióspsides por espiga en cruzas del clon sexual B-1s con tres progenitores macho y tres técnicas de polinización. U.A.A.A.N. 1990.

TEC/PROG	GL	SC	CM	FC	F	
					.05	.01
BLOQUES	11	4.074	0.370	1.283 ^{NS}	1.916	2.493
PROG.	2	17.404	8.702	30.162 ^{**}	3.114	4.894
TECNICAS	2	4.865	2.431	8.427 ^{**}	3.114	4.894
PROG x TEC	4	3.897	0.974	3.377 [*]	2.494	3.573
ERROR	87	25.096	0.288			
TOTAL	106					

Cuadro A.4. Análisis de varianza de técnicas de polinización dentro de progenitores macho. UAAAN. 1990.

TEC/PROG	GL	SC	CM	FC	F α	
					.05	.01
Z-115	2	6.014	3.007	10.423 ^{**}	3.114	4.894
COMUN	2	2.745	1.372	4.758 [*]	3.114	4.894
414513	2	0.000	0.000	0.000 ^{NS}	3.114	4.894

Cuadro A.5. Análisis de varianza de progenitores macho dentro de técnicas de polinización. UAAAN. 1990.

PROG/TEC	GL	SC	CM	FC	F α	
					.05	.01
P ₀	2	9.948	4.974	17.241 ^{**}	3.114	4.894
P _{0,1}	2	10.170	5.085	17.627 ^{**}	3.114	4.894
P ₁	2	1.181	0.590	2.048 ^{NS}	3.114	4.894
ERROR	87		0.288			