



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y
AGRONÓMICA DE ONCE HÍBRIDOS
DE *Brachiaria* spp.

JORGE ARMANDO PERALTA NAVA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

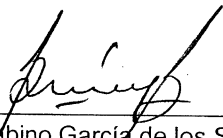
La presente tesis titulada “**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE ONCE HÍBRIDOS DE *Brachiaria* spp.**” realizada por el alumno **JORGE ARMANDO PERALTA NAVA** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



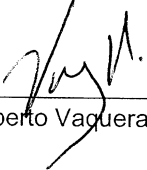
Dr. Gabino García de los Santos

Asesor



Dr. Aquiles Carballo Carballo

Asesor



Dr. Humberto Vaguera Huerta

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Agosto de 2009

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme el financiamiento necesario para cursar los estudios de Maestría.

A la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) por el apoyo recibido en el transcurso de los estudios de Maestría.

Al Dr. Gabino García de los Santos por su apoyo y dirección como Consejero de mi estudio durante la Maestría.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo por su apoyo y consejos como Asesor en el aspecto genético de la tesis.

Al Dr. Humberto Vaquera Huerta por su apoyo y consejos en el área estadística de la tesis.

Al Dr. Adrian Raymundo Quero Carrillo por su amistad y apoyo.

A la Dra. Hilda Victoria Silva Rojas por su amistad y apoyo durante el periodo de Maestría.

A mis padres M.C. Armando Peralta Martínez y Magdalena Nava de Peralta por su apoyo incondicional e interés en mi bienestar.

A mi esposa Claudia Alejandra Domínguez Mercado por su apoyo, paciencia y comprensión.

A los trabajadores de Agroproductos de Iguala, por su valiosa cooperación en los trabajos de campo, en especial a los Ingenieros Héctor Figueroa, José Luis Gutiérrez y Gilberto Cuevas.

A todos los alumnos, personal docente, de laboratorio, administrativo y de campo del Campus Montecillo-Orientación en Semillas por la colaboración que recibí de ellos durante mi estancia en la Maestría.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	i
CONTENIDO.....	ii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN GENERAL.....	vii
SUMMARY.....	viii

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 MARCO TEÓRICO.....	2
1.2 OBJETIVOS GENERALES.....	4

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA GENERAL

2.1 INTRODUCCIÓN.....	6
2.2 GENERO <i>Brachiaria</i> spp.....	9
2.2.1 Origen y distribución.....	9
2.2.2 Morfología y botánica de <i>Brachiaria</i> spp.....	9
2.3 APOMIXIS.....	11
2.3.1 Definición.....	11
2.3.2 Clasificación.....	11
2.3.3 Aprovechamiento de la apomixis en la producción de semillas.....	12
2.4 IMPORTANCIA DEL GENERO <i>Brachiaria</i> spp. EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS.....	13
2.5 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SEMILLAS.....	15
2.5.1 Elección de la localidad para la producción de semilla.....	15
2.5.2 Factores ambientales que afectan la producción de semillas.....	16
2.5.3 Calidad de semilla.....	16
2.6 CARACTERIZACIÓN DE PLANTAS.....	18

CAPÍTULO III EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN ONCE HÍBRIDOS DE *Brachiaria* spp.

RESUMEN.....	20
3.1 INTRODUCCIÓN.....	21
3.1.1 Objetivos específicos.....	23
3.1.2 Hipótesis.....	23
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.2.1 Material genético.....	24
3.2.2 Localización y desarrollo del experimento.....	24
3.2.2.1 Fase de campo.....	24
3.2.2.2 Fase de laboratorio.....	26
3.2.3 Análisis estadístico.....	27
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.3.1 Fase de campo.....	28
3.3.1.1 Rendimiento de semilla ventilada (RDSV).....	28
3.3.1.2 Densidad de tallos florales (DTF).....	30
3.3.2 Fase de laboratorio.....	32
3.3.2.1 Peso de mil semillas (PMS).....	32
3.3.2.2 Semilla por gramo (SG).....	36
3.3.2.3 Viabilidad de semilla (VDS).....	38
3.3.2.4 Correlación de variables de campo y de laboratorio.....	40
3.4 CONCLUSIONES.....	42
3.5 LITERATURA CITADA.....	43

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE ONCE HÍBRIDOS DE *Brachiaria* spp.

RESUMEN.....	47
4.1 INTRODUCCIÓN.....	48
4.1.1 Objetivos específicos.....	50
4.1.2 Hipótesis.....	50
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
4.2.1 Material genético.....	51
4.2.2 Ubicación y conducción de experimento.....	51
4.2.3 Variables evaluadas.....	52
4.2.4 Análisis estadístico.....	55

	Pág.
4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.3.1 Análisis de componentes principales de variables cuantitativas y cualitativas.....	56
4.3.2 Análisis de conglomerados.....	59
4.3.3 Frecuencia de caracteres.....	62
4.3.4 Análisis de varianza.....	63
4.4 CONCLUSIONES.....	67
4.5 LITERATURA CITADA.....	68
CAPITULO V. DISCUSIÓN GENERAL.....	70
CAPITULO VI. CONCLUSIONES GENERALES.....	73
CAPITULO VII. LITERATURA CITADA EN INTRODUCCION, REVISION Y DISCUSION GENERAL.....	74

LISTA DE CUADROS

Pág.

CAPÍTULO III.

Cuadro 1 Germoplasma de <i>Brachiaria</i> spp. evaluado en el ciclo primavera-verano del 2006 y la genealogía de cada uno de los híbridos.....	25
Cuadro 2 Análisis de varianza para las variables Rendimiento de semilla ventilada y Densidad de tallos florales.....	28
Cuadro 3 Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$) para las variables Rendimiento de semilla ventilada y Densidad de tallos florales para once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp.	29
Cuadro 4 Análisis de Varianza para Peso de mil semillas (gr)	33
Cuadro 5 Prueba de Medias (Tukey $P \leq 0.05$) para las variables PMS, SG y VDS evaluadas en el laboratorio en once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp., con semilla de dos métodos de cosecha	35
Cuadro 6 Análisis de Varianza para Semillas por Gramo	36
Cuadro 7 Análisis de Varianza para Viabilidad de semilla	38
Cuadro 8 Coeficiente de correlación y probabilidades (Pearson) en variables de campo y laboratorio en once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp.....	41

CAPÍTULO IV.

Cuadro 1 Caracteres morfológicos y agronómicos evaluados en once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp.	53
Cuadro 2 Valores característicos y proporción de la varianza total explicada por cada uno de los componentes principales con base en 19 variables cuantitativas y 12 variables cualitativas, en once híbridos del género <i>Brachiaria</i> spp.	56
Cuadro 3 Vectores característicos de las variables de mayor valor descriptivo de cada variable original con respecto a su componente principal de 19 variables cuantitativas y 12 variables cualitativas, en once híbridos del género <i>Brachiaria</i> spp.....	58
Cuadro 4 Frecuencias observadas de los caracteres morfológicos cualitativos en la descripción de once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp.....	63
Cuadro 5 Cuadrados medios de análisis de varianza para las nueve variables de mayor valor de los componentes principales.....	64
Cuadro 6 Promedio de características morfológicas cuantitativas (Tukey $P < 0.05$) por grupos de once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp.....	66

LISTA DE FIGURAS

Pág.

CAPÍTULO III

Figura 1 Comportamiento promedio del Rendimiento de semilla ventilada de once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp.	30
Figura 2 Comportamiento promedio de la densidad de tallos florales de once híbridos <i>Brachiaria</i> spp.	31
Figura 3 Comportamiento de once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp. evaluados en la variable Peso de mil Semillas con dos métodos de cosecha	33
Figura 4 Comportamiento de once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp. evaluados en la variable Semillas por gramo, con dos métodos de cosecha	37
Figura 5 Comportamiento de once híbridos de <i>Brachiaria</i> spp. evaluados en la variable Viabilidad de semillas, con dos métodos de cosecha	39

CAPÍTULO IV.

Figura 1 Dendograma de clasificación de once híbridos del género <i>Brachiaria</i> spp. con base en 14 variables (9 cuantitativas y 5 cualitativas) obtenida de los primeros cuatro componentes principales	59
Figura 2 Diagrama de distribución de once híbridos del genero <i>Brachiaria</i> spp. en función de los componentes principales I y II obtenido con la matriz de correlación de 14 variables (9 cuantitativas y 5 cualitativas)	60

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE ONCE HÍBRIDOS DE *Brachiaria* spp.

Jorge Armando Peralta Nava, M en C
Colegio de Postgraduados, 2009

La presente investigación se realizó en dos etapas para caracterizar y evaluar a once híbridos de *Brachiaria* spp.

En la primera etapa se evaluó la producción y calidad de semilla en campo y laboratorio. En campo se utilizó un diseño de bloques al azar evaluándose el rendimiento de semilla ventilada (RDSV) y la densidad de tallos florales (DTF). Los híbridos LNN45 y HBA-69 obtuvieron los mayores RDSV (218.02 y 207.33 kg ha⁻¹ respectivamente). En DTF los mejores híbridos fueron, HBA- 43 y HBA-73 (695 y 606.50 DTF/m²). No hubo una asociación entre RDSV y DTF, lo que hace del llenado de grano un atributo variable en este género. En laboratorio, se evaluó la semilla cosechada por método sudado (MCS) y método manual (MCM), en un diseño completamente al azar. En Peso de mil semillas (PMS) (P<0.05) los genotipos HBA-8A, HBA-79 y HBA-69 obtuvieron los mayores pesos (1.01, 0.98, 0.98 y 0.96 gr respectivamente), en MCM. Los híbridos LNN45 y Mulato II (168.3 y 169.5 SG) en MCS, obtuvieron mayor número de semillas. El genotipo HBA-12 (92.5%) con MCM obtuvo el mayor porcentaje de viabilidad. El PMS se correlacionó negativamente (r = -0.995**) con SG MCM, también con MCS (r = -0.839**). Las semillas por gramo (SG) en MCS y MCM, correlacionaron positivamente (r = 0.850**); también con PMS bajo el MCS hubo correlación positiva (r= 0.999**) con VDS. Se concluyó que el método de cosecha tuvo influencia en la calidad de la semilla, siendo el MCM el que presentó los mejores valores en PMS y VDS; mientras que en el MCS hubo mejor SG.

En la segunda etapa los híbridos se caracterización morfológica y agronómicamente, mediante 20 caracteres cuantitativos y 15 caracteres cualitativos. El análisis de componentes principales (ACP) indicó que los primeros cuatro componentes explicaron el 72.6% de la variación total observada. Para el CP1 las variables más importantes fueron por su valor característico: Peso de mil semillas, Longitud total del eje de la inflorescencia, Pubescencia en la lámina de la tercera hoja, Longitud del eje de la inflorescencia, Longitud de la vaina de la hoja bandera y Diámetro del nudo terminal superior. En el CP2 las variables fueron: Longitud de la vaina de la hoja número 4, Color de las hojas, Longitud del primer racimo secundario y Rendimiento de semilla. En el CP3 las variables de mayor peso fueron: Hábito de crecimiento y Longitud de hojas. En el caso del CP4, las variables Pubescencia en las espiguillas, Enraizamiento de los nudos y Rendimiento de semilla, fueron las de mayor valor. Del análisis de conglomerados se obtuvieron 7 grupos con amplia variabilidad, que incluyen materiales sobresalientes con atributos morfológicos bien definidos que podrían ser incorporados a un programa de mejoramiento genético.

Palabras clave: *Brachiaria* spp., híbridos, caracterización morfológica, componentes principales, conglomerados.

MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF ELEVEN HYBRIDS OF *Brachiaria* spp.

Jorge Armando Peralta Nava, M en C
Colegio de Postgraduados, 2009

The present investigation was performed in two stages to characterize and evaluate eleven hybrids of *Brachiaria* spp.

In the first stage, the seed production and quality was evaluated in field and laboratory conditions. In field a random design block was used to evaluate the yield of blowed seed (RDSV) and the density of floral stems (DTF). The hybrids LNN45 and HBA-69 obtained the biggest RDSV (218.02 and 207.33 kg ha⁻¹ respectively). In DTF the best hybrids were, HBA - 43 and HBA-73 (695 and 606.50 DTF/m²). There was no association between RDSV and DTF, which might indicate that the filling of grain is a variable attribute in this genus. In laboratory, the seed harvested by sweated method (MCS) and manual method (MCM), was evaluated, in a completely random design. In Weight of thousand seeds (PMS) ($P < 0.05$) the genotypes HBA-8A, HBA-79 and HBA-69 obtained the biggest weight (1.01, 0.98, 0.98 and 0.96 gr respectively), in MCM. The hybrids LNN45 and Mulatto II (168.3 and 169.5 SG) in MCS, obtained the major number of seeds. The genotype HBA-12 (92.5 %) with MCM obtained the biggest percentage of viability. The PMS was negatively correlated ($r = -0.995^{**}$) with SG MCM, also with MCS ($r = -0.839^{**}$). The seeds per gram (SG) in MCS and MCM, correlated positively ($r = 0.850^{**}$); also with PMS under the MCS there was positive correlation ($r = 0.999^{**}$) with VDS. It was concluded that the harvesting method had influence in the quality of the seed, being the MCM the one that presented the best values in PMS and VDS; whereas in the MCS there was better SG.

In the second stage the hybrids were characterized morphologic and agronomically, by using 20 quantitative characters and 15 qualitative characters. The analysis of principal components (ACP) indicated that the first four components explained 72.6 % of the entire observed variability. For the CP1 the most important variables were for its characteristic value: Weight of thousand seeds, entire Length of the axis of the inflorescence, Pubescence in the plate of the third leaf, Length of the axis of the inflorescence, Length of the sheath of the flag leaf and Diameter of the terminal top nude. In the CP2 the variables were: Length of the sheath of the leaf number 4, Color of the leaves, Length of the first secondary bunch and Yield of seed. In the CP3 the variables of major weight were: Growth habit and Length of leaves. In the case of the CP4, the variables Pubescence in the spikelets, rooting of the nudes and Yield of seed, were those of major value. Cluster analysis gave 7 groups with wide variability, which included outstanding materials with morphologic definite well attributes that might be incorporated into a program of genetic improvement.

Key words: *Brachiaria* spp., hybrids, morphologic characterization, principal, components, cluster analysis.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 MARCO TEÓRICO

Tradicionalmente los forrajes han sido y seguirán siendo la fuente más económica y disponible para la alimentación de rumiantes, particularmente en los trópicos de América Latina donde existen grandes extensiones de tierra dedicadas a la ganadería bovina (Argel *et al.*, 2000). En México la ganadería bovina es considerada una de las actividades más importantes del sector agropecuario, ya que a esta actividad se destina aproximadamente un 60% del territorio nacional (www.inegi.gob.mx), por lo cual, es determinante el papel de las gramíneas forrajeras en la alimentación de bovinos.

En toda actividad ganadera a base de pastos, la utilización de semillas de calidad es un aspecto básico y esencial para el establecimiento exitoso de praderas con variedades mejoradas que permitan disponer de mejores pasturas capaces de alcanzar elevados rendimientos de forraje de buena calidad.

En la actualidad, instituciones tanto nacionales como internacionales se interesan en realizar investigación en mejoramiento genético de algunos géneros de pasturas de importancia agronómica en el trópico Latinoamericano. La investigación en forrajeras, ha demostrado que la productividad de especies cultivadas es superior a la de las praderas nativas, por lo tanto, se reconoce la importancia de realizar investigación sobre nuevas especies con características agronómicas de valor económico, tales como: alto rendimiento de forraje, persistencia al pastoreo y adaptación a condiciones ambientales adversas como acidez y baja fertilidad de los suelos (Ferguson, 1979; Argel, 1989).

En los últimos años el género *Brachiaria* se ha convertido una de las fuentes más importantes de variedades cultivadas en el trópico Latino Americano (CIAT, 1995), incluyendo varias especies de importancia comercial como son: *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis* (Miles y Lapointe, 1992); éstas fueron liberadas en la década de los 70's debido, principalmente, a su buena adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del trópico. Así mismo, el género *Brachiaria* es una gramínea altamente apreciada por su calidad de forraje y alto

rendimiento de materia seca; en general es una planta que soporta el pastoreo y es resistente a plagas y enfermedades entre otros atributos (Peralta, 1990).

Dada la importancia agronómica, alimentaria y económica que presenta este género en el trópico Latino Americano, surge la necesidad inmediata de utilizar nuevas variedades de *Brachiaria* (Valle y Savidan, 1998); éstas pueden desarrollarse por selección de genotipos superiores a partir de la diversidad natural o por la hibridación para obtener combinaciones genéticas nuevas. Los actuales programas de mejoramiento de *Brachiaria* se desprenden de las deficiencias reconocidas en los cultivares comerciales existentes. Es decir, que el objetivo inicial es desarrollar un cultivar apomíctico que combine la persistencia, productividad y adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad, al igual que mejorar el rendimiento y la calidad de la semilla (Miles y Valle, 1998).

Actualmente existen pocos programas de mejoramiento genético de gramíneas forrajeras, en los que se utilice germoplasma del género *Brachiaria* debidamente caracterizado, que involucre simultáneamente caracteres relacionados con potencial agronómico, de producción y calidad de forraje, morfológicos y de calidad de semilla; cabe destacar que tampoco se han liberado materiales sobresalientes en este género (Poblete, 2008).

Con base en lo antes mencionado, se plantea la necesidad de realizar investigación con el principal objetivo de identificar híbridos apomícticos obligados del género *Brachiaria*, que posean las cualidades necesarias para poder sobrevivir en las diferentes condiciones climáticas y edáficas que se presentan en las regiones del trópico Latino Americano y con características agronómicas de alto valor económico como son: la producción de forraje y semillas de alta calidad

En base a la problemática y las necesidades antes planteadas, los objetivos del presente trabajo fueron:

1.2 OBJETIVOS GENERALES

1. Evaluar la productividad y calidad de semilla de once híbridos apomícticos de *Brachiaria* spp.
2. Caracterizar morfológica y agronómicamente once híbridos apomícticos de *Brachiaria* spp.

CAPÍTULO II
REVISIÓN DE LITERATURA GENERAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Los efectos de la domesticación de plantas se aprecian fácilmente en cultivos agrícolas como los cereales y las oleaginosas, en contraste con las especies forrajeras de clima templado y tropical, en donde por varios cientos o miles de años sólo se ha practicado la selección de plantas (Peralta, 2004).

El mejoramiento de los pastos tropicales en América, se inició a partir de los años 60's y 70's y consistió en la introducción de unas cuantas especies forrajeras de gramíneas. La adopción de esta tecnología significó un gran impacto en la producción y productividad ganadera de casi todo el continente. Debido a que todos ellos provenían de accesiones seleccionadas en Australia y África, el rango de adaptación estuvo limitado sólo a condiciones de suelos fértiles, además de presentar susceptibilidad a las plagas comunes de los pastos nativos (Peralta, 2004). Así mismo, Argel *et al* (2004) mencionan la importancia de realizar mejoramiento genético en gramíneas forrajeras tropicales, constituyéndose así en uno de los retos de los investigadores de forrajes tropicales, la búsqueda de especies de alta calidad nutritiva con características agronómicas sobresalientes, que respondan a la diversidad del paisaje ganadero caracterizado por climas y suelos diferentes, y con resistencia a plagas y enfermedades comunes en los pastos.

En algunas ocasiones las diferencias entre una planta silvestre y una planta cultivada son distinguibles a simple vista. La razón es que las plantas forrajeras mejoradas, fenotípicamente cambian muy poco respecto a sus parientes en estado silvestre. La diferenciación entre unas y otras se da cuando las plantas son sometidas a condiciones adversas como sequía, heladas, acidez de los suelos y/o al ataque de plagas y enfermedades, etc. (Peralta, 2004).

Muchos de los cultivares de importancia forrajera fueron desarrollados dentro de los últimos 40 años; por ejemplo *Brachiaria brizantha* en Brasil en 1984 y en Colombia en 1987; *Brachiaria decumbens* en 1960 en Brasil y en 1967 en Australia, etc. (Loch y Ferguson, 1999). Esto se debe principalmente a la carencia de sexualidad en especies poliploides y apomícticas, las cuales han sido determinantes para que hasta el

momento no se cuenta con una diversidad de cultivares mejorados, resultantes de posibles recombinaciones genéticas de especies que pertenecen al mismo complejo agámico; tal es el caso de *B. brizantha* (cv. Marandú, Toledo y La Libertad); *B. decumbens* (cv. Basilisk), *B. humidicola* (ex-*B. dictyoneura*) (cv. Humidícola y Llanero) y *B. ruziziensis* (cv. Kennedy) (Peralta, 2004).

Los cultivares mencionados de *Brachiaria* tienen mecanismos apomícticos de reproducción. La apomixis ocurre principalmente cuando la planta produce un clon verdadero de ella misma, por lo tanto no hay fecundación en el proceso de formación de la semilla (Argel 2005). Esto da estabilidad genética a la especie, pero en contraparte limita cualquier programa de mejoramiento, por la imposibilidad de cruzar los progenitores escogidos por métodos convencionales y seguir obteniendo variación en las progenies. La estabilidad genética que presentan estos materiales debido a la ploidía y a la apomixis representaban un obstáculo para realizar cruces de mejoramiento genético; sin embargo, a principios de los años 80s, en la Universidad de Louvain (Bélgica), la obtención artificial de un biotipo de *B. ruziziensis* tetraploide, permitió iniciar programas de hibridación y mejoramiento genético entre especies afines de *Brachiaria* (Miles *et al.*, 2004).

De manera general, el objetivo inicial de un programa de mejoramiento consistiría en desarrollar cultivares que cubrieran las deficiencias reconocidas de los cultivares ya existentes. Sin embargo, el cúmulo de deficiencias observadas en las especies y/o cultivares existentes en el mercado, se debe principalmente a que el ámbito de producción donde se explotan comercialmente, es tan grande y tan diverso (más de 800 millones de hectáreas) que ninguna especie forrajera es capaz de poseer tantos atributos agronómicos para poder cubrir los diversos factores bióticos y abióticos que presionan la producción y productividad de las pasturas (Peralta, 2004).

Ante estos retos, las investigaciones más recientes se han concentrado en la obtención de una segunda generación de especies con características agronómicas sobresalientes como son: vigor de establecimiento, buena capacidad de rebrote, elevado rendimiento, alta calidad nutritiva, buena producción de semilla, resistencia a *Rhizotocnia* y resistencia múltiple a diversas especies de salivazo (Holmann y Rivas,

2004); al respecto Peralta (2004) menciona que el mejoramiento genético de este género debe de tener enfoques y objetivos definidos como es, la identificación de materiales con adaptación a la acidez y baja fertilidad de los suelos.

El trabajo realizado por instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales, como: el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ubicado en Colombia, (EMBRAPA) en Brasil, el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) en México y también algunas empresas del sector privado como lo son BRAMIXE y MATSUDA; ha permitido el desarrollo de opciones tecnológicas que permiten aprovechar de la mejor forma posible las ventajas del sector pecuario regional. Parte de ese esfuerzo se ha concretado en la obtención de materiales mejorados de *Brachiaria* que ofrecen mayor productividad, amplio rango de adaptación y resistencia a salivazo (Holmann y Rivas, 2004).

2.2 GENERO *Brachiaria* spp.

El género *Brachiaria* es del grupo de las gramíneas y dentro de éste existen especies anuales y perennes, pudiendo ser de crecimiento postrado o semierecto, elevación apical canicular, que caracteriza el desenvolvimiento decumbente, emite estolones largos que enraízan en nudos y forman un denso tapiz, las hojas son lineales y lanceoladas, de una coloración muy verde brillante y pubescentes; la inflorescencia es una panícula que contiene de 1 a 5 racimos (Renvoize *et al.*, 1998).

2.2.1 Origen y distribución

Brachiaria comprende cerca de 80 especies distribuidas en todas las regiones tropicales, especialmente en África en donde se conocen más de 50 (Ndikumana, 1985). Algunas especies económicamente importantes son: *B. decumbens*, *B. brizantha*, y *B. ruziziensis*.

2.2.2 Morfología y botánica de *Brachiaria* spp.

El género *Brachiaria* pertenece a la familia Gramíneae, subfamilia *Panicoideae*, tribu *Paniceae* y está representada por especies anuales y perennes, erectas, procumbentes y estoloníferas (Renvoize *et al.*, 1998). Sus culmos son fuertes con características de enraizamiento en los nudos inferiores o cerca del suelo en la mayoría de las especies, principalmente las decumbentes o estoloníferas.

Poseen en general un buen sistema radical y la presencia de rizomas cortos en muchas de sus especies. Limbos planos, lineales o lineal lanceolados, glabros o pilosos, lígulas ciliadas, vainas unidas a los culmos, cercanas o sobrepuestas (Roche *et al.*, 1990). La inflorescencia es una panícula racimosa o panícula abierta, con racimos subsésiles, dispuesta en un eje central (Roche *et al.*, 1990). Las espiguillas son unilaterales sobre el raquis, dispuestas en dos hileras o líneas (rara vez una como en el caso de *B. brizantha*). El raquis puede ser triquetro o plano; presentan desarticulación en las espiguillas por debajo de las glumas, con facilidad de caerse al madurar. Los pedicelos son cortos en espiguillas solitarias y desiguales cuando son más de una. Las glumas son desiguales, la primera generalmente, más corta que las

espiguillas y en algunas especies tan larga como ésta (Roche *et al.*, 1990). El flósculo inferior es estéril o masculino y el superior es hermafrodita. La flor presenta tres estambres, distintos estilos, estigma plumoso y dos lodículas. La cariósida es ovalada y allanada (Roche *et al.*, 1990).

El modo de reproducción es apomítico, pudiéndose encontrar distintas especies o tipos dentro de la especie de reproducción sexual. La alta variabilidad existente entre las especies de *Brachiaria* les han permitido habitar en un amplio intervalo de condiciones ambientales, encontrándose entre otros casos, especies adaptadas a ambientes de extrema sequedad, algunas se desarrollan mejor en suelos inundables o mal drenados y otras que prefieren mejores condiciones de suelo (Roche *et al.*, 1990).

2.3 APOMIXIS

La apomixis es un modo reproductivo característico de la subfamilia panicoideae, a la cual pertenecen casi todas las gramíneas forrajeras tropicales (Savidan, 2000).

2.3.1 Definición

La apomixis en angiospermas significa reproducción asexual (agámica) por semilla, es decir “agamospermia” (Nogler, 1984). En la formación de la semilla el proceso de reducción cromosomática (meiosis) es sustituido por el desarrollo en los sacos embrionarios, de células somáticas no reducidas. La fecundación cuando ocurre, sólo involucra la formación del endospermo. El embrión es producto de la partenogénesis. Sin reducción y sin fecundación, la planta originada de una célula somática de la planta madre, es genéticamente idéntica a la misma: las progenies son homogéneas y de fenotipo maternal (Savidan, 2000).

2.3.2 Clasificación

Para Rutishauser y Asker (citado por Ndikumana, 1985) el término “Apomixis” es sinónimo de agamospermia y no incluye la reproducción vegetativa. Además, ellos subdividen la agamospermia en tres categorías: apomixis gametofítica o apogamogonie, apomixis no recurrente y apomixis esporofítica o embrionía adventicia.

En la “Apomixis gametofítica” el saco embrionario se origina a partir de un saco embrionario inicial no reducido. Dentro de esta se presentan: a) “diplosporia” en la cual el saco embrionario no reducido se origina a partir de una célula generativa (célula femenina arquesporrial, célula madre de la megaspora) o directamente por mitosis, o indirectamente por meiosis modificada, resultando en la restitución de un núcleo no reducido, y b) “aposporia” en la cual el saco embrionario no reducido se origina a partir de células somáticas del óvulo (usualmente a partir de la nucela) (Nogler, 1984).

En la “Apomixis esporofítica o embrionía adventicia”, el embrión se origina a partir de células somáticas del óvulo, integumentos o pared del ovario siendo

solamente el endospermo producido en el saco embrionario (Nogler, 1984). En ambos casos, el gametofito contiene una célula huevo sin reducción y varias células accesorias (Cornide *et al.*, 1985).

El desarrollo del albumen, en los sacos diplospóricos, puede estar bajo la dependencia mas o menos estricta de la polinización y a veces de la fecundación del núcleo polar o del núcleo central. Entonces allí ocurre “pseudogamia”; si la polinización no es necesaria, es “Apomixis autónoma” (Ndikumana, 1985).

En la “partenogénesis diploide” la célula huevo sin reducción da lugar al embrión sin fertilización. En la “apogamia”, alguna célula del gametofito femenino excepto la célula huevo, da lugar al embrión (Cornide *et al.*, 1985).

El modo de reproducción más común en el género *Brachiaria* es un tipo de apomixis resultante de la aposporia y la subsecuente por partenogénesis (Valle y Savidan, 1998).

2.3.3 Aprovechamiento de la apomixis en la producción de semillas

a) La apomixis simplifica la producción comercial de semilla porque:

- La semilla se incrementa sin control de polinización en un número ilimitado de generaciones y sin pérdida de vigor o cambio en el genotipo.
- El asilamiento no es necesario para producir F₁ o para mantener e incrementar líneas puras parentales.
- La contaminación por cruzamiento es eliminada en apomícticos obligados.

Todos estos efectos reducen costos de producción (Hanna y Bashaw, 1987).

2.4 IMPORTANCIA DEL GENERO *Brachiaria* spp. EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS.

Los pastos del genero *Brachiaria*, son los que más se cultivan en los trópicos húmedos, subhúmedos y secos (Lascano y Euclides, 1998). También es la gramínea que más se emplea como forraje en el trópico, especialmente en América Central y América del Sur. Solo en Brasil hay cerca de 40 millones de hectáreas cubiertas con pasturas de *Brachiaria*, de las cuales, más del 85% son de *B. decumbens* cv Basilisk y *B. brizantha* cv. Marandú (Valle y Miles, 1994).

Con respecto a la importancia del genero *Brachiaria* en Latinoamérica, Holmann *et al.*, (2005) mencionan que los mayores volúmenes de semilla comercializada y áreas de pasturas mejoradas establecidas corresponden a México que pasó de 63 t-m (toneladas métricas) de semilla importadas en 1990 a 2,047.6 t-m en 2003, lo que significó un incremento del área establecida con pastos mejorados de 18,100 ha a 2,616,130 ha. Costa Rica se destaca en Centroamérica por contabilizar los mayores volúmenes de semilla y de áreas sembradas, seguida por Honduras, Nicaragua y Panamá.

Durante el período de análisis, la tasa anual de crecimiento de las ventas de semilla fue muy alta: 32% en México, 62% en Honduras, 45% en Nicaragua, 39% en Costa Rica, y 54% en Panamá. El área total sembrada con especies de *Brachiaria* durante este período equivale al 6.5% de la superficie total de pastos permanentes en México, 12.5% en Honduras, 1.0% en Nicaragua, 18.7% en Costa Rica y 0.1% en Panamá.

La producción de semillas es un aspecto importante en la economía de los países en vías de desarrollo, ya que en la actividad ganadera la utilización de semillas de calidad es un aspecto básico y esencial para ejecutar los programas de desarrollo de pastos y forrajes, para obtener elevados rendimientos y garantizar la alimentación de los animales (Yáñez y Funes, 1989).

La producción de semillas de seis especies comerciales de *Brachiaria* con destino a la siembra de pastura, está geográfica y estacionalmente restringida por las

reacciones de la floración al fotoperiodo. El rendimiento de semilla fluctúa entre los 1000 kg ha⁻¹ de semilla pura y menos de 100 kg ha⁻¹ (Hopkinson *et al.*, 1998).

La importancia de los pastos del género *Brachiaria*, estriba en la capacidad apomíctica que tienen algunas de las especies de este género, por ejemplo: *Brachiaria decumbens* cv. Chontalpo, *B. brizantha* cv. Insurgente y cv. Toledo, *B.* híbrido cv. Mulato, entre otros. La apomixis que presenta este género asegura la calidad genética de la semilla que se comercializa.

2.5 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SEMILLAS

Para tener éxito en la producción de semillas se deben reunir cuatro elementos principales: la localidad para la siembra del cultivo, sistema de manejo de cultivo, el método de cosecha y el cuidado que se de a los problemas de calidad de la semilla. De ellos, el primero es de primordial importancia; si puede elegirse la localidad correcta, entonces las complicaciones derivadas de los demás se reducen sustancialmente. El método de cosecha, aunque es afectado por los dos primeros elementos, está controlado esencialmente por factores económicos y no biológicos, en particular, depende de la disponibilidad relativa de capital y de mano de obra (Hopkinson *et al.*, 1998).

2.5.1 Elección de la localidad para la producción de semillas

La elección adecuada de la localidad puede reducir considerablemente los costos de producción y minimizar los riesgos de un fracaso, contribuyendo a obtener altos rendimientos de semilla de alta calidad. Las condiciones para la elección de la localidad incluyen: el fotoperiodo, la duración de la estación de crecimiento, la precipitación, las condiciones climáticas en la etapa de maduración de semilla, las características del suelo, las condiciones de aislamiento del sitio para la pureza genética y la calidad de la semilla (West y Pitman, 2001), además de la severidad del daño causado por el salivazo (Hopkinson *et al.*, 1998).

El primer requerimiento consiste en armonizar las condiciones que favorecen un crecimiento sin restricciones del cultivo con la duración del fotoperiodo necesario para lograr una floración vigorosa. Esto se aplica por igual a todos los grupos taxonómicos, cuyos requerimientos específicos son, en su mayoría, el reflejo de sus diferentes respuestas (Hopkinson *et al.*, 1998).

En cualquier país y para cualquier grupo taxonómico, lograr esta armonía depende del rango de latitudes y climas disponibles. Se logra más fácilmente para grupos taxonómicos de día largo cuando son plantados como cultivos de verano en latitudes tropicales altas, en zonas donde hay una época húmeda confiable en verano (Hopkinson *et al.*, 1998).

2.5.2 Factores ambientales que afectan la producción de semillas

Humphreys y Riveros (1986) señalan que la producción de semillas puede ser cinco o diez veces superior en un lugar, con respecto a otro al mismo nivel de prácticas culturales. En algunos lugares las plantas pueden crecer normalmente, sin embargo las condiciones del medio no son adecuadas para producir semilla.

Consideran los siguientes factores ambientales como los más importantes:

1. La duración adecuada de la temporada vegetativa. Se plantea que la luz solar y la humedad relativa deben ser adecuadas para que el cultivo pueda llegar a la madurez.
2. La duración adecuada del día y las temperaturas que favorecen la floración.
3. Condiciones soleadas y uniformes durante la maduración.

2.5.3 Calidad de semilla

Los componentes que convencionalmente, se consideran en la calidad de semilla son tres: genético, físico y vital (Hopkinson *et al.*, 1998).

Técnicamente las normas de alta calidad genética y física de la semilla de *Brachiaria* son relativamente fáciles de mantener. Sin embargo, la calidad vital requiere una atención cuidadosa. La calidad vital tiene dos aspectos: uno, la vitalidad de la semilla, es decir, su vigor y su viabilidad; otro, la propiedad aun sin relacionar, la dormancia que afecta al valor cultural y complica la medición de la vitalidad (Hopkinson *et al.*, 1998).

De Andrade y Ferguson (1988) mencionan que los principales parámetros de la calidad de la semilla son:

- Calidad Fisiológica: las principales pruebas que evalúan la calidad fisiológica de la semilla son germinación, la viabilidad en tetrazolio, y emergencia en el suelo
- Tamaño de la Semilla: el tamaño o peso de cada semilla se expresa normalmente en g/100 semillas, o en número de semillas por gramo.

- Madurez de la semilla: en cada especie las semillas maduras presentan una variación de tamaño, color, consistencia, etc., que le son peculiares.

Menciona además que los parámetros de calidad de un lote de semilla son:

- Pureza: se determina mediante el análisis de pureza, y se clasifica en tres fracciones: semillas puras, material inerte y otras semillas.
- Contenido de humedad: se mide por la pérdida de peso de la semilla durante el secamiento en una estufa a 103°C.

Santos (1998) menciona que los componentes que necesita tener una semilla basada en las necesidades de los clientes, son:

- Pureza genética: la semilla debe ser de la especie o el cultivar adquirido.
- Pureza física: la semilla no debe estar contaminada con malezas indeseables, insectos o material inerte en exceso.
- Vitalidad o vigor: la semilla debe ser capaz de germinar bajo condiciones normales sin perjudicar la cantidad de plantas por metro cuadrado esperado.

Hopkinson (1977) menciona que retener la vitalidad, que es diferente de lograrla, depende primero de la prevención de daños (ya sea por plagas, enfermedades, trilla, sobrecalentamiento, sofocación o secado rápido después de la cosecha) y, en segundo lugar, de reducir al mínimo el deterioro de la semilla durante el almacenamiento.

2.6 CARACTERIZACIÓN DE PLANTAS

La caracterización fenotípica de plantas es el primer paso en la definición de caracteres que facilitan la descripción varietal proporcionando información de gran importancia con fines de identidad y distinción.

Se considera a la descripción varietal como un conjunto de observaciones que permiten caracterizar y distinguir a una población de plantas que constituyen una variedad. Debido a que una variedad posee diferentes rasgos; es imprescindible que cada variedad sea adecuadamente identificada en todas sus características agronómicas y morfológicas esenciales (Muñoz *et al*, 1993).

En los inicios del mejoramiento genético, las variedades disponibles tenían características fenotípicas que las hacían fácilmente identificables; actualmente la mayoría son una síntesis de atributos genotípicos complejos. Por tal razón al evaluar una variedad nueva, el primer paso es establecer su identidad. Se deben observar y describir los caracteres morfológicos y fisiológicos, dando una mayor atención a los rasgos que la distinguen de las variedades ya existentes (Sneep y Hendriksen, 1979; citados por Vera, 1998).

De acuerdo con el CIAT (1983), la utilidad de una descripción varietal se puede determinar por la precisión que requieran los objetivos de los usuarios. Así, para estudios genéticos y evolutivos se requieren datos tomados con exactitud, de muchas características botánicas; la descripción con fines de promoción comercial, en cambio, sólo necesita realzar las características agronómicas y comerciales de importancia para el agricultor.

La descripción morfológica debe de incluir la mayoría de rasgos o características botánicas, sus posibles usos, aspectos de calidad, adaptación, etc. Otro aspecto importante en la descripción de variedades es el conocer las ventajas y desventajas que presentan bajo condiciones específicas de cultivo (Poblete, 2008).

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN ONCE HÍBRIDOS DE *Brachiaria* spp.

RESUMEN

Se evaluó el rendimiento y calidad de la semilla en once híbridos de *Brachiaria* spp en Iguala, Guerrero, en condiciones de temporal. En la fase de campo, los híbridos se distribuyeron en un diseño en bloques al azar y se evaluó el Rendimiento de semilla ventilada (RDSV) y la Densidad de tallos florales (DTF). Los mayores RDSV fue ($P < 0.05$) para los híbridos LNN45 y HBA-69 con 218.02 y 207.33 kg ha⁻¹ respectivamente; mientras que el testigo Mulato II obtuvo un menor RDSV (87.92 kg ha⁻¹). Las densidades de tallos más altas la obtuvieron los genotipos HBA-43 y HBA-73 con 695 y 606.50 DTF/m² respectivamente; mientras que el testigo Mulato II obtuvo 492.75 DTF/m². No se observó una relación directa entre RDSV y DTF por lo que se pueden considerar caracteres independientes, lo cual hace del llenado de grano un atributo variable en este género. En la fase de laboratorio se evaluó la semilla cosechada con el método sudado y método manual, se utilizó un diseño completamente al azar. La calidad física de la semilla se determinó a través de las variables: Peso de mil semillas (PMS), Semillas por gramo (SG) y Viabilidad de semillas (VDS). En PMS ($P < 0.05$) los genotipos HBA-8A, HBA-79 y HBA-69 obtuvieron los mayores pesos, 1.01, 0.98, 0.98 y 0.96 gr respectivamente, en el método de cosecha manual. Los híbridos LNN45 y Mulato II con 168.3 y 169.5 SG sometidos al método de cosecha sudado, obtuvieron el mayor número de semillas. El genotipo HBA-12 con 92.5% en el método manual fue el que obtuvo el mayor porcentaje de Viabilidad de semilla. El PMS se correlacionó negativamente ($r = -0.995^{**}$) con SG cosechadas manualmente, y también con las cosechadas con el método sudado ($r = -0.839^{**}$). Las SG cosechadas mediante los dos métodos, se correlacionaron positivamente ($r = 0.850^{**}$), mientras que el PMS bajo el método sudado se correlacionó positivamente ($r = 0.999^{**}$) con VDS. Se concluyó que el método de cosecha influyó en la calidad de la semilla, siendo el método manual el que presentó los mejores valores en PMS y VDS; mientras que en el método sudado hubo mejor SG.

Palabras claves: *Brachiaria* spp., genotipos, híbridos, método sudado, método manual

3.1 INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de los alimentos de origen vegetal y animal, ha motivado la búsqueda de alternativas para incrementar los rendimientos por hectárea y las ganancias diarias por animal. Los campos de pastoreo son básicamente pantallas solares capaces de transformar la energía radiante en energía química (Echenique *et al.*, 2001). En este sentido, las gramíneas son el componente más valioso de todas las praderas, ya que a lo largo de la historia, la mayor parte de las referencias sobre la alimentación de animales, protección y rejuvenecimiento de los suelos, atestiguan el valor de las gramíneas y su utilidad (Bernal, 2003).

La demanda de especies forrajeras mejoradas es cada vez mayor en la región tropical de Latinoamérica; por ejemplo, del área total disponible para la agricultura en Centro América se utiliza el 73% para pasturas, en Colombia el 91%, y en México 74.6%, etc. (FAO, 2004).

Los pastos del género *Brachiaria* son los que más se cultivan en los trópicos húmedos, subhúmedos y seco (Lascano y Euclides, 1998). En la actualidad, *Brachiaria* es el género de gramínea que más se emplea como forraje en el trópico, especialmente en América Central y América del Sur. Solamente en Brasil hay cerca de 40 millones de hectáreas cubiertas con pasturas de *Brachiaria*, de las cuales más del 85% son de *B. decumbens* cv Basilisk y *B. brizantha* cv. Marandú (Valle y Miles, 1994). Tanto en América Central como en México la importación de semilla de este género ha tenido una tasa anual de crecimiento del 32%, y de igual forma la superficie sembrada (Holmann *et al.*, 2005).

Una de las limitantes para el establecimiento de las pasturas, es la falta de semillas de calidad, lo cual impide el desarrollo de las especies forrajeras y restringe el avance de las etapas de producción (Barrón, 1991). Al respecto, Peretti y Escuder (1994) menciona que los principales parámetros que determinan la calidad de la semilla son: pureza físico-botánica, pureza genética, vigor de la semilla, latencia y homogeneidad del lote.

Técnicamente las normas de alta calidad genética y física de la semilla de *Brachiaria* son relativamente fáciles de mantener; sin embargo, la calidad vital, sinónimo de viabilidad y vigor de semilla, requiere una atención cuidadosa. Otro fenómeno relacionado con la calidad de semilla es la dormancia que afecta al valor cultural y complica la medición de la viabilidad.

Es importante que cualquier programa de mejoramiento genético tenga como objetivo incrementar la producción de semillas de los cultivos con el objetivo de comercializar semilla de alta calidad. La capacidad de producir semilla barata, abundante y de gran calidad es crucial para la adopción generalizada de un cultivar forrajero. Esto se ha demostrado muchas veces en la historia de *Brachiaria*, ya que existen materiales genéticos con mucho potencial en este género, sin embargo no se han evaluado apropiadamente, con el objetivo en mente de considerar caracteres específicos de producción y tecnología de semillas en términos de su productividad y calidad de semilla.

3.1.1 Objetivos específicos.

Evaluar y comparar los rendimientos de semilla de once híbridos de *Brachiaria* spp.

Evaluar y comparar los caracteres de calidad de once híbridos de *Brachiaria* spp.

3.1.2 Hipótesis.

Existen diferencias tanto en rendimiento de semilla como en calidad de la misma, en los once híbridos de *Brachiaria* spp. evaluados.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Material genético

El material experimental utilizado consistió de 10 híbridos apomícticos F1 (Cuadro1), que constituyen el germoplasma del género *Brachiaria* que ha sido seleccionado y forma parte del programa de mejoramiento de la Empresa BRAMIXE, en Iguala, Gro.. Con el fin de poder comparar el comportamiento de estos materiales se incluyó al híbrido Mulato II como testigo, debido a que es el único híbrido de este género que se encuentra en la actualidad en el mercado.

3.2.2 Localización y desarrollo del experimento

3.2.2.1 Fase de campo

Los trabajos de campo se condujeron en Iguala, Gro., ubicada entre las coordenadas geográficas 18° 20' longitud Norte y 99° 25' longitud Oeste, a 800 msnm; se caracteriza por tener un clima del tipo $Aw_0 (w) (i) g$, que es el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernales menor al 5% del total; la precipitación media anual es de 767 mm con una temperatura promedio de 26.7°C, una mínima de 10°C y una máxima de 40°C (García, 1988).

Durante el ciclo agrícola Primavera-Verano del 2006, se realizó la selección de los materiales indicados en el Cuadro 1. La siembra se realizó al inicio del mes de junio, utilizando charolas de 200 cavidades y sembrando 7 charolas de cada uno de los materiales a evaluar.

Un mes después de la siembra, se realizó el trasplante depositando una planta cada 20 centímetros, quedando 5 plantas por metro lineal y 200 plantas por unidad experimental.

Cuadro 1. Germoplasma de *Brachiaria* spp. evaluado en el ciclo primavera-verano del 2006 y la genealogía de cada uno de los híbridos.

VARIEDAD (F1)	♂	ORIGEN X	♀	ID
HBA-12	MULATO 1	X	HBAS-41	DRWN
HBA-8A	MULATO 1	X	HBAS-41	DRWN
HBA-69	MULATO 1	X	HBAS-41	DRWN
HBA-15	MULATO 1	X	HBAS-143A	DRWN
HBA-73	MULATO 1	X	HBAS-143A	DRWN
HBA-8	MULATO 1	X	HBAS-143A	DRWN
HBA-96	MULATO 1	X	HBAS-143A	DRWN
HBA-79	HBA-2094	X	HBAS-110	BRTN
HBA-43	HBA-1371	X	HBAS-143A	MNDL
LNN45	HBA-26119	X	FM10	LNSN
MULATO II	<i>B. ruzizensis</i>	X	<i>B. decumbens</i>	TESTIGO

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, dando un total de 44 unidades experimentales. La unidad experimental (UE) consistió de 4 surcos de 90 cm de separación y 10 mts de longitud, dando un total de 36 m². La parcela útil (PU) estuvo compuesta por los dos surcos centrales de 90 cm de separación y 9 m de longitud; se eliminaron 50 cm de cada extremo de los surcos para evitar efecto de bordo, quedando la PU de 16.2 m².

Durante el primer mes después del trasplante, se realizaron monitoreos constantes para evitar problemas con hormigas, ya que es común que durante los primeros días, el establecimiento se vea afectado considerablemente por este problema.

En cuanto a la fertilización, se aplicó la fórmula 50-80-00 en dos oportunidades después del trasplante: la primera aplicación (30-40-00), se realizó veinte días después del trasplante y la segunda aplicación (20-40-00) a realizó 60 días después del trasplante.

La primera cosecha de la semilla se realizó durante los primeros quince días de Noviembre, en forma manual cortando la espiga de cada una de las parcelas útiles (PU). La cosecha se hizo cortando los tallos florales de un metro cuadrado en cada una de las PU de los híbridos evaluados. Las espigas se colocaron en costales de

polietileno y se llevaron a las bodegas para realizar el proceso de “sudado” (método de sudado) de la semilla (Hopkinson, 1977). El 29 de Noviembre del 2006 se realizó una segunda cosecha de semilla de forma manual; se tomó la espiga y se sacudió sobre un contenedor, con la finalidad de que las semillas que habían alcanzado su madurez fisiológica cayeran sobre éste. Estas dos formas de manejo de la semilla o métodos de cosecha se compararon en términos de la calidad de semilla producida.

Las variables evaluadas en esta etapa fueron: Rendimiento de semilla ventilada (RDSV), la cual se obtuvo después de que la semilla fue sometida al proceso de sudado y sacudiendo las espigas para separar completamente la semilla; luego se colectó la semilla y se pasó por un ventilador para separar semilla buena o madura de la semilla vana; esta variable se midió en kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}).

Otra variable evaluada en esta fase fue la Densidad de tallos florales por metro cuadrado (DTF/m^2), cuya medición se realizó contabilizando los tallos que se encontraban en 1 m^2 .

3.2.2.2 Fase de laboratorio

Esta fase de la investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Edo. de México, durante el mes de Enero de 2007. Después de exponer la semilla al proceso de sudado, se benefició para obtener lo que se conoce como “semilla ventilada”. El benefició consistió en pasar la semilla obtenida de cada uno de los híbridos del ensayo, por una limpiadora de semilla constituida por un ventilador y una criba que separa la semilla buena o madura de la vana y de pequeñas impurezas. Después se separó cada una de las muestras ventiladas.

Se obtuvo una muestra de trabajo de la semilla ventilada con un peso de 10 gr por cada híbrido evaluado, posteriormente fue sometida a análisis de pureza; esto se hizo tanto con la semilla cosechada manualmente como con la semilla sometida al proceso de “sudado”. Se realizaron las siguientes pruebas de calidad:

Calidad Física: Resultado de esta prueba, se midieron en gramos las variables Peso de mil semillas (PMS) y Semillas por gramo (SG), según la metodología propuesta por la ISTA (2005).

Calidad Fisiológica: La prueba de germinación estándar (ISTA, 2005) no se realizó debido a que la semilla del género *Brachiaria* tiene problemas con dormancia, por lo tanto, solo se evaluó en viabilidad de semilla (VDS) como otra variable. Dicha viabilidad se evaluó mediante la prueba de Tetrazolio (2, 3, 5- Cloruro de Trifenil-Tetrazolio) al 1%, en la que se produce una reacción entre el embrión y otros tejidos vivos con la solución, generándose una tinción de color rojo. Esta prueba se realizó utilizando 200 semillas escarificadas manualmente de cada uno de los materiales genéticos. La semilla se envolvió entre papel estéril (toallas sanitas) y se dejó reposar en un recipiente con agua tibia (20°C) por alrededor de 4 horas, para estimular el remojo. Una vez transcurrido el tiempo de reposo, se les hizo un corte longitudinal y se colocó sólo una de las mitades de la semilla en la solución de tetrazolio por 16 horas. Después se realizó la evaluación identificando y contando las semillas de acuerdo a la tinción que obtuvieron (no teñidas, intermedias y teñidas), esta variable se midió en porcentaje (%).

El diseño experimental utilizado en todas las evaluaciones de esta etapa fue un completamente al azar con cuatro repeticiones.

3.2.3 Análisis estadístico

La información obtenida tanto en la fase de campo como de laboratorio, se procesó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 2001). A cada una de las variables evaluadas, se les realizó un análisis de varianza y prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$). En el caso de la variable viabilidad de semilla que se expresó en porcentaje, se le realizó una transformación angular (arcoseno $[Y_i]^{1/2}$).

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Fase de campo

3.3.1.1 Rendimiento de semilla ventilada (RDSV).

En el ANAVA (Cuadro 2) efectuado a esta variable, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre los híbridos; entre bloques no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables Rendimiento de semilla ventilada y Densidad de tallos florales.

FV	GL	RDSV (kg ha ⁻¹)		DTF	
		SC	CM	SC	CM
Híbridos	10	168175.4	16187.5 **	708841.9	70884.2 **
Bloques	3	3092.7	1030.9NS	57846.1	19282.0 NS
Error	30	22569.6	752.3	202287.2	6742.9
Total	43	193837.8		968975.1	
CV (%)		23.9		19.0	

RDSV: Rendimiento de semilla ventilada; DTF: Densidad de tallos florales; FV: Fuente de variaciones; GL: Grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; ** Altamente significativo; NS: No significativo

La prueba de medias (Cuadro 3) que se realizó a esta variable mostró que los más altos rendimientos fueron en los híbridos LNN45 y HBA-69 con 218.02 y 207.33 kg ha⁻¹ de semilla ventilada respectivamente; mientras que los genotipos HBA-43 y HBA-73 obtuvieron los más bajos con 39.10 y 33.35 kg/ha⁻¹ de semilla ventilada, respectivamente.

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de los materiales con respecto a esta variable. Se observa que entre el híbrido LNN45 (218.02 kg ha⁻¹) y el testigo Mulato II (87.92 kg ha⁻¹) hay una diferencia de 130.1 kg ha⁻¹ a favor del primero; estas diferencias de comportamiento pueden deberse al trabajo de selección que se ha realizado en estos genotipos. Al respecto Enriquez *et al* (2005) mencionan que algunos de los problemas en la producción de semilla pueden superarse mediante la exploración de la diversidad genética, para seleccionar genotipos sobresalientes en caracteres favorables de producción de semilla. De esta forma, el objetivo inicial de un programa de mejoramiento, podría ser el desarrollar un cultivar apomíctico que

combine la persistencia, productividad y adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad, al igual que mejorar el rendimiento y la calidad de la semilla (Miles y Valle, 1998).

Cuadro 3. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$) para las variables Rendimiento de semilla ventilada y Densidad de tallos florales para once híbridos de *Brachiaria* spp.

HÍBRIDO	RDSV (kg/ha ⁻¹)	DTF (m ²)
LNN45	218.02 a	389.50 c d e
HBA-69	207.33 a b	378.00 c d e
HBA-79	173.71 a b c	235.25 e
HBA-15	149.98 b c d	427.00 b c d e
HBA-8A	112.19 c d e	345.00 c d e
HBA-12	108.00 c d e	483.00 b c d
MULATO II	87.92 d e f	492.75 b c
HBA-96	72.07 e f	424.50 b c d e
HBA-08	58.64 e f	289.75 d e
HBA-43	39.10 f	695.00 a
HBA-73	33.35 f	606.50 a b
DMS	67.43	201.88

RDSV: Rendimiento de semilla ventilada; DTF: Densidad de tallos florales.

Hernández (2007) en Iguala, Guerrero registró una producción de semilla ventilada en el cv Toledo, cv Insurgente y el híbrido Mulato II de 88, 45.28 y 32.84 kg ha⁻¹ respectivamente; por lo tanto los resultados obtenidos por Hernández son menores en comparación a los 218.02 kg ha⁻¹ y 2007.33 kg ha⁻¹ registrados por el LNN45 y HBA-69 respectivamente. Por otra parte Enríquez *et al* (2005) en Isla, Veracruz, evaluaron ecotipos de *B. brizantha* (CIAT-6387 y CIAT-16549), los cuales reportaron producción de semilla ventilada de 151 y 139 kg/ha⁻¹ respectivamente, siendo menores a los obtenidos por los híbridos antes mencionados.

Con respecto al comportamiento de las evaluaciones previamente citadas y comparadas con los materiales evaluados, Hebblethwaite *et al* (1980) citados por Carambula (1981) establecieron que el potencial que posee una especie forrajera para producir semilla, queda determinado a través de los llamados componentes del rendimiento en el transcurso de dos etapas bien definidas. La primera se refiere al establecimiento del potencial del rendimiento y depende de que se cumplan eficientemente los procesos de amacollamiento y formación de tallos de desarrollo de los meristemas, los cuales conducen a delimitar los primeros componentes, a saber:

número de inflorescencias, número de flores o espiguillas por inflorescencia y número de flores por espiguilla. La segunda etapa depende de que se cumplan eficientemente los procesos de polinización, fecundación y desarrollo de las semillas; los que contribuyen a fijar los restantes componentes: número de semillas por flor, espiguillas o fruto y peso de las semillas.

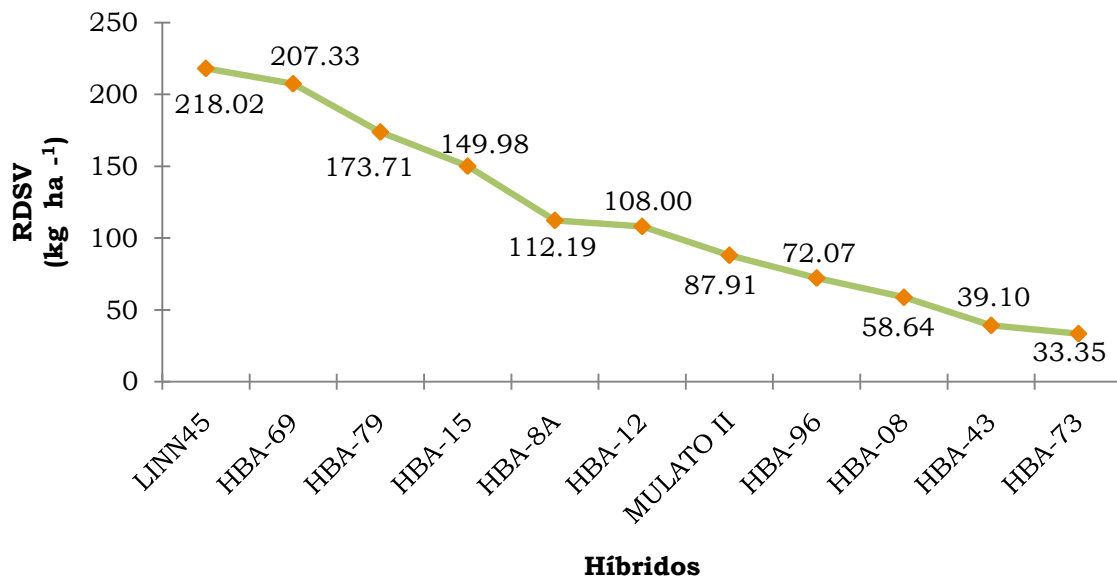


Figura 1. Comportamiento promedio del Rendimiento de semilla ventilada de once híbridos de *Brachiaria* spp.

3.3.1.2 Densidad de tallos florales (DTF).

En el resultado obtenido del análisis de varianza (Cuadro 2) efectuado a la variable DTF/m² se encontraron diferencias altamente significativas entre los híbridos (P≤0.001), pero no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) entre bloques.

En la prueba de medias (Cuadro 3) se muestra que los valores más altos fueron para los híbridos HBA-43 y HBA-73, con 695 y 606 DTF/m² respectivamente, mientras que la menor densidad fue de 235.25 DTF/m² y se obtuvo en el híbrido HBA-79.

Al comparar el comportamiento (Figura 2) del híbrido HBA-43 con el testigo (Mulato II) hay una diferencia a favor del primero de 202.25 tallos por m². En la Figura 2 se muestra el comportamiento diverso de los materiales evaluados para esta variable esto se pudo deber a las diferencias genéticas y adaptación; al respecto, Hopkinson *et*

al. (1998) menciona que todos los grupos taxonómicos, cuyos requerimientos específicos son, en su mayor parte, el reflejo de sus diferencias genéticas y sus requerimientos agronómicos. Este comportamiento se pudo deber a que cada material tiene sus propias características agronómicas y por lo tanto el comportamiento de cada uno de ellos puede responder tanto positiva como negativamente a las condiciones ambientales.

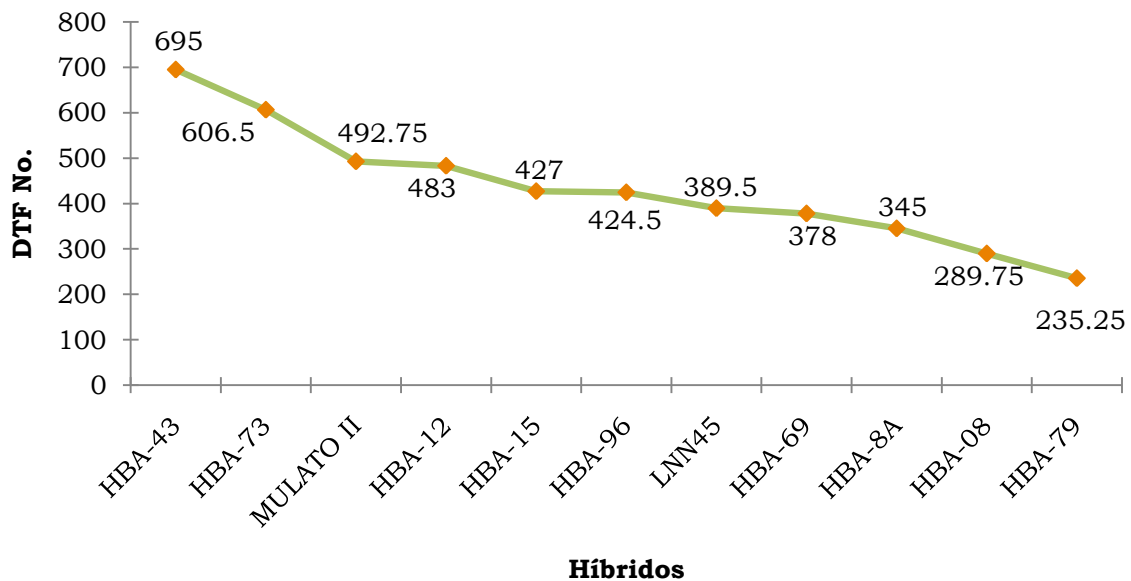


Figura 2. Comportamiento promedio de la Densidad de tallos florales de once híbridos de *Brachiaria* spp.

En evaluaciones previas realizadas al pasto Mulato II en Iguala, Guerrero, Poblete (2003) reportó 244 DTF/m² y Hernández (2007) reportó 389.50, los cuales fueron menores a lo obtenido en este trabajo (492.75 DTF/m²). También Hernández (2007) reportó en el cultivar Toledo 223.58 DTF/m².

En evaluación realizada a ecotipos de *Brachiaria* en Isla, Veracruz; Enríquez *et al.* (2005) reportaron, para los genotipos CIAT-16549, CIAT-6387 y CIAT-667 un total de 622, 554 y 545 DTF/m² respectivamente. Comparado con los híbridos evaluados en este trabajo, el ecotipo de *Brachiaria* CIAT-16549 tuvo una diferencia de 73 tallos en contra mientras que en otros casos hay diferencias de hasta 141 tallos florales menos. Por lo tanto, en el potencial de producción de tallos florales es mayor el que se obtiene por los genotipos evaluados (HBA-43 y HBA-73) en esta investigación; esto

pudo deberse a la capacidad que tiene cada material de amacollar y producir tallos florales así como las diferencias genéticas que hay entre ellos. Con respecto a las diferencias entre cultivares, Nordestgaard y Anderson (1991) mencionan que dentro del mismo género y especie pueden diferir significativamente en su capacidad de producir tallos florales con espiguillas fértiles.

Por otro lado, los materiales que obtuvieron el mayor número de tallos florales por m², no necesariamente fueron los que obtuvieron los rendimientos más altos en producción de semilla, y esto se pudo deber a que no todos los óvulos de las espiguillas fueron fecundados y algunos pudieron haber abortado, por lo tanto estos eventos pudieron influir en la formación del embrión y endospermo como pudo haber sucedido con los híbridos HBA-43 y HBA-73 (Cuadro 3); al respecto, Hampton y Fairey (1997) mencionan que el número de semillas depende del número de espiguillas fertilizadas por unidad, por lo tanto la producción de semilla se incrementa a medida que el número de espiguillas fértiles se incrementa. Hopkinson *et al.* (1998) refieren que los bajos porcentajes de semilla formada que presenta generalmente el género *Brachiaria* pueden tener orígenes genéticos relacionados con la poliploidía o pueden también reflejar una limitación fisiológica.

3.3.2 Fase de laboratorio

3.3.2.1 Peso de mil semillas (PMS).

En el análisis de varianza (Cuadro 4) realizado a esta variable, se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) para métodos de cosecha, en los once híbridos, y para la interacción método x híbrido. La prueba de medias ($P \leq 0.05$) realizada (Cuadro 5), mostró que la semilla que fue cosechada manualmente, obtuvo el mejor comportamiento en el Peso de mil semillas.

Cuadro 4. Análisis de varianza para Peso de mil semillas (gr)

FV	GL	SC	CM
Híbridos	10	0.8938	0.0894 **
Método cosecha	1	1.6401	1.6401 **
Métodos*Hibrido	10	0.1238	0.0124 **
Error	154	0.1756	0.0011
Total	175	2.8333	
CV (%)		4.3206	

FV: Fuente de variaciones; GL: Grados de libertad SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; ** Altamente significativo.

El mayor peso en la semilla cosechada manualmente permaneció más tiempo en la planta y por lo tanto concluyó todo su ciclo de maduración; al respecto Heslop-Harrison (1969) citado por Carambula (1981) menciona que el rendimiento de un cultivo está íntimamente relacionado con la asimilación total y la absorción de nutrientes alcanzadas durante el desarrollo vegetativo. En la Figura 3 se compara el comportamiento que tuvieron los métodos de cosecha, evidenciándose cómo el método manual obtuvo mejor peso de mil semillas.

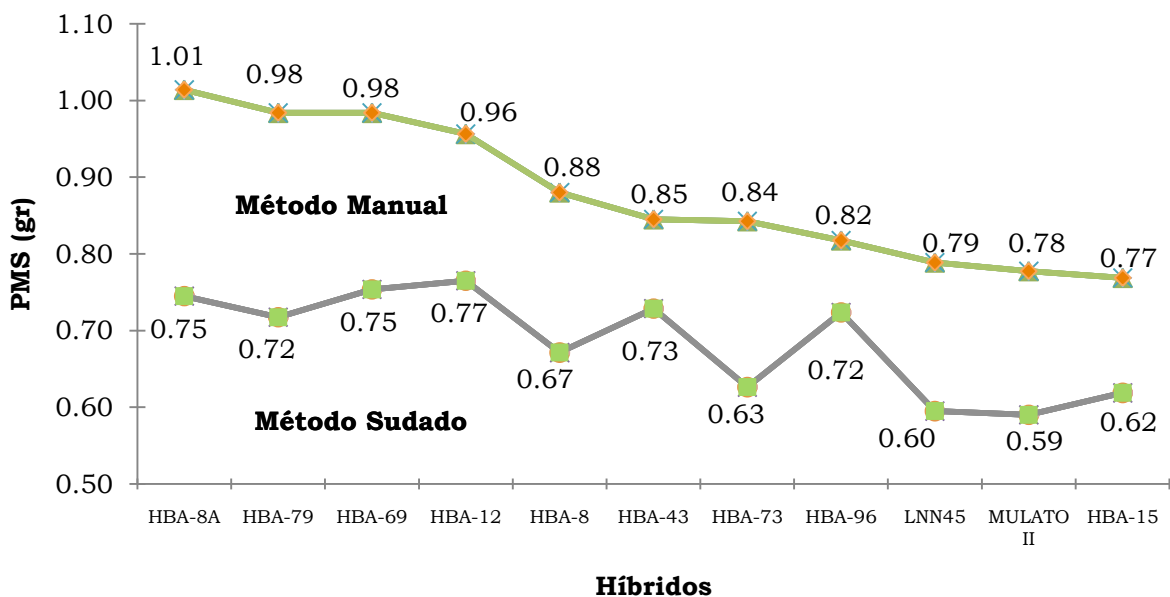


Figura 3. Comportamiento de once híbridos de *Brachiaria* spp. evaluados en la variable Peso de mil Semillas con dos métodos de cosecha.

La prueba de medias ($P \leq 0.05$) realizada entre germoplasma de *Brachiaria* spp. (Cuadro 5) muestra que los valores más altos con respecto a esta variable fueron arrojados por los híbridos HBA-8A, HBA-79, HBA-69 y HBA-12 (1.01, 0.98, 0.98 y 0.96 gr respectivamente en el método de cosecha manual); mientras que los híbridos LNN45 y MULATO II obtuvieron los menores pesos (0.60 y 0.59 gr respectivamente con el método de cosecha sudado).

Las diferencias en el peso de mil semillas que mostraron los materiales evaluados pudo deberse al tamaño y al peso individual de la semilla; al respecto De Andrade y Ferguson (1991) mencionan que cada especie tiene un peso y tamaño promedio de semilla que le es característico y que puede variar dentro de cada especie según el cultivar.

Cuadro 5. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$) para las variables PMS, SG y VDS evaluadas en el laboratorio en once híbridos de *Brachiaria* spp., con semilla de dos métodos de cosecha.

HIBRIDO	PMS (gr)	SG (No)	VDS (%)
MÉTODO MANUAL (MM)			
HBA-8A	1.01 a	98.3 j	76.0 b c d e
HBA-79	0.98 a	99.3 j	85.5 a b c
HBA-69	0.98 a	102.8 i j	76.5 b c d e
HBA-12	0.96 a	105.3 h i j	92.5 a
HBA-08	0.88 b	114.0 g h i	76.0 b c d e
HBA-43	0.85 b c	118.5 f g h	82.0 a b c d
HBA-73	0.84 b c	118.2 f g h	65.0 c d e f g
HBA-96	0.82 c d	121.5 e f g	86.5 a b c
LNN45	0.79 c d e	128.3 d e f	71.0 c d e f g
MULATOII	0.78 d e f	128.3 d e f	82.0 a b c d
HBA-15	0.77 d e f	131.5 d e f	87.5 a b
DMS	0.062	13.18	11.61
MÉTODO SUDADO (MS)			
HBA-12	0.77 d e f	131.0 d e f	49.0 g h
HBA-69	0.75 e f	127.5 d e f g	57.5 f g h
HBA-8A	0.75 e f	132.5 d e	44.5 h
HBA-43	0.73 e f g	140.0 c d	61.0 e f g h
HBA-96	0.72 f g	136.8 c d	87.0 a b
HBA-79	0.72 f g	133.8 d e	47.5 g h
HBA-08	0.67 g h	149.3 b c	64.5 d e f g
HBA-73	0.63 h i	158.8 a b	57.0 f g h
HBA-15	0.62 h i	160.8 a b	52.0 f g h
LNN45	0.60 i	168.3 a	53.5 f g h
MULATOII	0.59 i	169.5 a	84.5 a b c
DMS	0.062	13.18	11.61
MÉTODOS DE COSECHA			
Método sudado	0.685 b	146.3a	51.14b
Método manual	0.879 a	115.1b	64.08a
DMS	0.0101	2.22	1.87

PMS: Peso de mil semillas; SG: Semillas por gramo; VDS: Viabilidad de semillas; DMS: Diferencia mínima significativa

En Iguala, Gro., Poblete (2003) reportó valores de 0.65 y 0.68 gr de peso de mil semillas en el híbrido Mulato, mientras que Castro (2003) con el cultivar Insurgente obtuvo valores que difieren en 0.5 y 0.74 gr los cuales fueron menores a los reportados en este trabajo.

3.3.2.2 Semillas por gramo (SG)

El análisis de varianza (Cuadro 6) realizado a esta variable muestra que hay diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) en métodos de cosecha, para los once híbridos, y para la interacción método x híbrido.

Cuadro 6. Análisis de varianza para Semillas por gramo

FV	GL	SC	CM
Híbridos	10	14380.3	1438.03 **
Método Cosecha	1	21421.9	21421.92 **
Métodos*Híbrido	10	1487.5	148.75 **
Error	66	1791.8	27.15
Total	87	39081.4	
CV (%)		3.99	

FV: Fuente de variaciones; GL: Grados de libertad SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; ** Altamente significativo.

La prueba de medias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5) mostró que el método sudado, fue el que obtuvo los valores más altos en número de SG; esto pudo deberse a que la semilla de los híbridos que fue cosechada con el método sudado fue cosechada antes y expuesta a altas temperaturas, de tal forma que la semilla pudiera madurar mejor en cada uno de los híbridos, aunando a que la etapa de madurez fisiológica de cosecha fue muy diferente entre cada uno de los métodos de cosecha. En la Figura 4 se observa el comportamiento de los métodos de cosecha, de los cuales el método sudado obtuvo los valores más altos.

En la prueba de medias ($P \leq 0.05$) realizada entre los híbridos (Cuadro 5), se observa que el mayor número de semillas por gramo fue obtenido por los híbridos Mulato II y LNN45 (169.5 y 168.3 respectivamente con el método sudado), mientras que el menor número de semillas por gramo lo obtuvieron los híbridos HBA-79 y HBA-8A (99.3 y 98.3 respectivamente con el método manual).

El mayor número de semillas obtenido por los materiales Mulato II y LNN45 indica una interacción de estos híbridos con el método de cosecha (método sudado) al cual fueron sometidos, debido a que la semilla aunque es cosechada antes, durante el proceso de sudado, las reservas en el endospermo se terminan de acumular. Por otra parte la semilla del HBA-79 y HBA-8A con el método de cosecha manual, no se sabe si toda alcanzó su madurez fisiológica en la planta, y por lo tanto, había algo de semilla vana dando así una menor cantidad de semilla por gramo, comparada con el método sudado en general.

Las cantidades de semillas por gramo registradas por Hernández (2007) en los cultivares Insurgente, Toledo y el pasto Mulato (163, 140.41 y 132.75 semillas por gramo respectivamente) fueron menores a las cantidades registradas por los híbridos LNN45 y Mulato II (169.5 y 168.3 respectivamente con el método sudado); estas diferencias pueden deberse a lo mencionado por De Andrade y Ferguson (1991) quienes indican que cada especie tiene un peso promedio de semilla que le es característico y puede variar dentro de su especie según el cultivar.

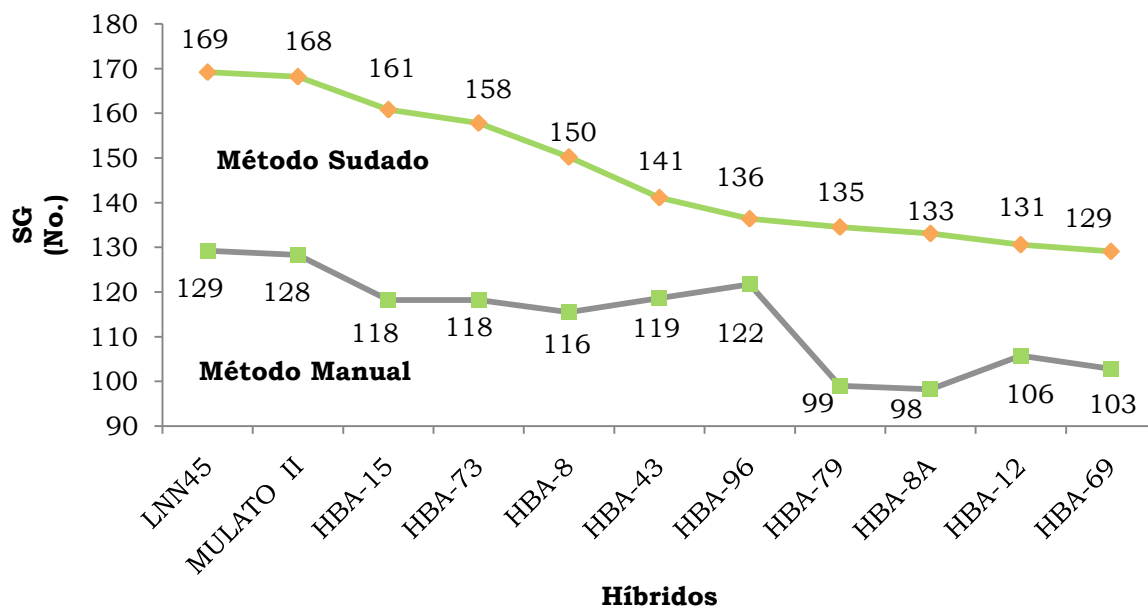


Figura 4. Comportamiento de once híbridos de *Brachiaria* spp. evaluados en la variable Semillas por gramo, con dos métodos de cosecha.

3.3.2.3 Viabilidad de semilla (VDS)

El análisis de varianza (Cuadro 7) arrojó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre métodos de cosecha, entre híbridos e interacción método x híbrido. En esta variable el comportamiento promedio de los híbridos fue mejor bajo cosecha manual (Cuadro 5). Al respecto Harrington, 1972 (citado por Pieta Filho y Ellis, 1991) menciona que la madurez fisiológica representa el fin del periodo de llenado y es allí donde se da la máxima germinación y vigor de la semilla.

Cuadro 7. Análisis de varianza para Viabilidad de semilla.

FV	GL	SC	CM
Híbridos	10	2501.33	250.13 **
Método Cosecha	1	3682.87	3682.87 **
Métodos*Híbrido	10	2128.36	212.84 **
Error	66	1267.66	19.21
Total	87	2501.33	
CV (%)		7.61	

FV: Fuente de variaciones; GL: Grados de libertad SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; ** Altamente significativo.

Analizando el comportamiento de los híbridos dentro de cada método de cosecha, se observa por ejemplo que en semillas cosechadas manualmente, los cuatro híbridos con al menos 85% de la viabilidad, fueron el HBA-12 (92.5%), HBA-15 (87.5%) HBA-96 (86.5) y HBA-79 (85.5).

No obstante, si vemos el comportamiento de los híbridos manejados bajo el método sudado, donde las condiciones de estrés por temperatura son severas, se observa que de estos cuatro híbridos indicados anteriormente, sólo el HBA-96 tiene alta viabilidad (87%), aunque bajo estas condiciones, también Mulato II se comportó bien (84.5%). Los híbridos HBA-08 y HBA-43, aunque no tuvieron 85% de viabilidad, si fueron mejor que el resto de los híbridos al haber registrado 64.5% y 61%, respectivamente. Se considera que 64.5 y 61 no son porcentajes bajos de viabilidad, ya que en gramíneas forrajeras como *Andropogon gayanus*, se toma en cuenta como buen porcentaje hasta 50% (Ferguson, 1989).

Lo anterior indica que los híbridos con mejor comportamiento en sudado, resisten temperaturas altas y por lo tanto podrían tener mejor comportamiento en cuanto a la conservación de la viabilidad, cuándo las condiciones de rendimiento no

son optimas. Por otro lado, la interacción híbrido por método (Cuadro 7), indica que hay híbridos que no reducen tanto su viabilidad cuando son sometidos a un estrés durante el sudado, tal es el caso de los híbridos HBA-96, HBA-08 y Mulato II. El comportamiento de dichos híbridos se observan mejor en la Figura 5 donde se refleja el comportamiento de los dos métodos de cosecha. En relación a este comportamiento Hopkinson (1977) menciona que los efectos del método de sudado favorecen la madurez de la semilla debido a que ocurren una serie de cambios fisiológicos y biológicos que aceleran dicho proceso en la semilla (Argel, et al.; 2002).

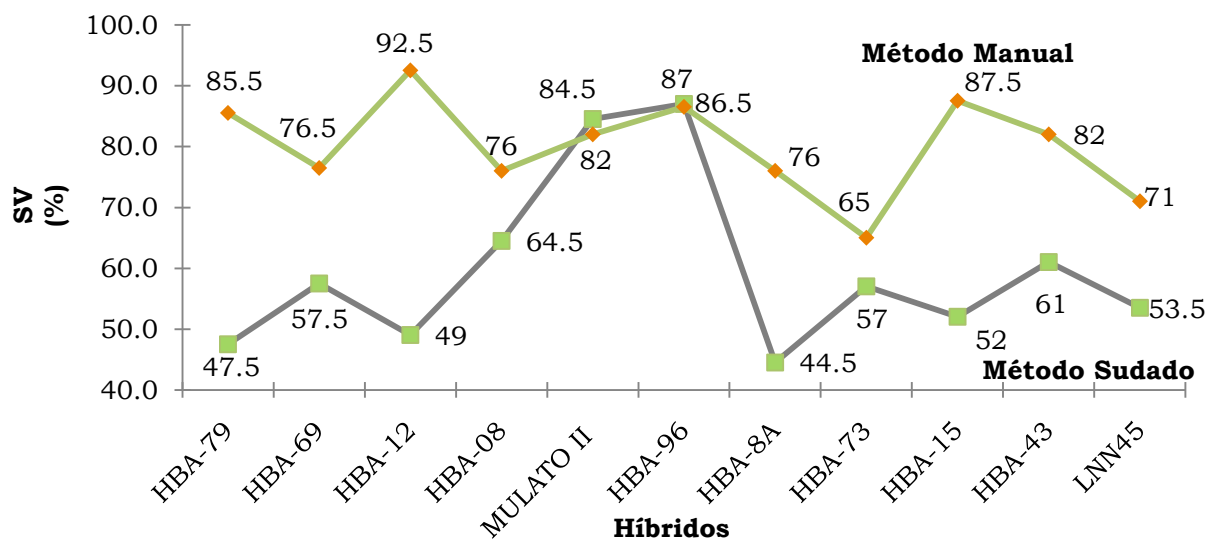


Figura 5. Comportamiento de once híbridos de *Brachiaria* spp. evaluados en la variable Viabilidad de semillas, con dos métodos de cosecha.

Hernández (2007) reporta que los materiales Toledo, Mulato II e Insurgente tuvieron valores de 90.41%, 89.67% y 87.25 %, respectivamente, siendo ligeramente mayores a los reportados en esta evaluación para el caso del Mulato II con 84.5% el cual fue sometido al tratamiento de sudado de semilla.

3.3.2.4 Correlación de variables de campo y de laboratorio.

Del análisis de correlación (Cuadro 8) que se realizó, se encontró que el peso de mil semillas cosechadas manualmente (PMS MCM) obtuvo asociación negativa ($r = -0.995^{**}$) y altamente significativa con Semillas por gramo método manual (SG MCM); lo mismo sucedió con semillas manejadas en sudado presentando una asociación negativa ($r = -0.839^{**}$) altamente significativa con Semillas por gramo. Ya que a medida que sube el peso de la semilla, se disminuye el número de semillas por gramo y de igual forma, si el peso disminuye el número de semillas se incrementa.

Por otra parte, la asociación entre el número de semillas por gramo entre métodos de cosecha fue directa y altamente significativa ($r = 0.850^{**}$).

El Peso de mil semillas en el método sudado (PMS MCS) presentó asociación positiva ($r = .999^{**}$) y altamente significativa. Indicando una estrecha asociación entre estas dos variables, lo que quiere decir que a medida que aumenta el peso de la semilla, el porcentaje de viabilidad también aumenta, como resultado de que semillas grandes tienen mayor cantidad de sustancias de reserva.

Cuadro 8. Coeficiente de correlación y probabilidades (Pearson) en variables de campo y laboratorio en once híbridos de *Brachiaria* spp.

	PMSman	RDSV	SGman	DTF	VDSman	PMSsu	SGsud
RDSV	0.14						
	0.682						
SGman	-0.995	-0.126					
	0.000	0.711					
DTF	-0.408	-0.36	0.377				
	0.213	0.277	0.252				
VDSman	0.072	-0.139	-0.033	0.052			
	0.833	0.684	0.924	0.88			
PMSsud	-0.55	-0.48	0.537	0.218	0.048		
	0.08	0.135	0.089	0.52	0.888		
SGsud	-0.839	0.117	0.85	0.21	-0.342	0.268	
	0.001	0.732	0.001	0.534	0.304	0.425	
VDSsud	-0.55	-0.48	0.537	0.218	0.048	0.999	0.268
	0.08	0.135	0.089	0.52	0.888	0.000	0.425

RDSV: Rendimiento de semilla ventilada; DTF: Densidad de tallos florales; PMSman: Peso de mil semillas; SGman; Semillas por gramo método manual; VDSman: Viabilidad de semillas método manual; PMSsud: Peso de mil semillas método sudado; SGsud: Semillas por gramo método sudado; VDSsud: Viabilidad de semillas método sudado.

3.4 CONCLUSIONES

1. Los híbridos LNN45 y HBA-69 mostraron los mejores rendimientos de semilla ventilada.
2. Los híbridos HBA-43 y HBA-73 obtuvieron el mayor número de tallos florales por metro cuadrado.
3. De los dos métodos de cosecha evaluados, el método de cosecha manual (semilla cosechada directamente de la espiga) fue el que presentó los mejores valores en las variables Peso de mil semillas y Viabilidad de semillas. Mientras que para Semillas por gramo el método sudado fue el mejor.
4. Los híbridos HBA-8A, HBA-79, HBA-69 y HBA-12, con el método manual de cosecha mostraron los mayores pesos de mil semillas.
5. Los híbridos Mulato II y LNN45 tuvieron la mejor cantidad de semillas por gramo con el método sudado.
6. El híbrido HBA-12, HBA-15 cosechado manualmente y HBA-96 en método manual y sudado obtuvieron los porcentajes más altos de viabilidad.
7. Los genotipos HBA-12 y HBA-79 fueron los que mostraron el mejor comportamiento en las variables concernientes a la calidad de semilla como son Peso de mil semillas y Viabilidad de semillas.
8. Los híbridos HBA-96, Mulato II, HBA-08 y HBA-43 fueron los que soportaron condiciones de estrés por la temperatura y humedad, y no se vio afectada la calidad fisiológica de la semilla.

3.5 LITERATURA CITADA

- Argel, J. P, Giraldo, G., Peters, M. y Lascano E. C. 2002.** Producción artesanal de semilla de pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*) accesión CIAT 26110. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium Für Wirtschaftliche Zusammenarbei und Entwicklung (BMZ); Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Publicación CIAT; No 331. p 9.
- Barrón, A. M. 1991.** Multiplicación de semilla forrajera experimental en Balancan, Tabasco. IV Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria de CIFAP, Villahermosa, Tabasco. p 55.
- Bernal, E. J. 2003.** Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. 4ª edición. Editorial Angel Agro-Ideagro. p 10.
- Carambula, M. 1981.** Producción de semillas de plantas forrajeras. Primera edición. Ed. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, Cap. 1 y 2. pp. 21-89.
- Castro, S. J. M. 2003.** Acción de fitoreguladores en el crecimiento, productividad y calidad de semilla de pastos *Brachiaria brizantha* cv Insurgente. Tesis Maestría. UACAA-UAG. Iguala, Gro; México. p 34-35.
- De Andrade, R. P., y Ferguson, J. E. 1991.** La calidad de la semilla en el establecimiento de las pasturas. En Lascano, E. C. y M. Spain, J. (eds). Establecimiento y renovación de pastura. Memorias de RIEPT. Veracruz, México. 1988. pp. 18-55.
- Echenique, V., Polci, P., y Lutz, E. 2001.** Presente y futuro de la biotecnología en especies forrajeras en Sudamérica, especialmente en argentina Dpto. de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca Argentina.
- Enríquez, Q. J. F., Quero, C. A. R y Hernández, G. A. 2005.** Rendimiento de semilla e índice de llenado de grano en diversos ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*. Técnica Pecuaria México; 43(2): 259-273.

FAO. 2004. FAOSTAT On line.

Ferguson, J. H. 1989. Producción de semilla de *Andropogon gayanus*. En: *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Toledo, J. M., Vera, R., Lascano, C. y Lenné, J. M. (eds). Cali, Colombia. p. 308.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Cuarta Edición. Editorial universidad autónoma de México. México. DF. pp.135.

Hampton, J. G. and Fairey, D. T. 1997. Components of seed Yield in Grasses and Legumes. In: D.T Fairey and J.G. Hampton (eds.). 1997. Forage Seed Production Vol. 1 Temperate species. CABI PUBLISHING. New York, NY. USA. Capítulo 3 pp. 45-69.

Hernández, S. B. 2007. Efecto del hidrogel sobre la producción y calidad de semilla en tres cultivares de *Brachiaria* spp. en el valle de Iguala. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala, Guerrero. pp. 55-60.

Hebblethwaite, P. D, Wright, D. y Noble, A. 1980. Algunos aspectos fisiológicos del rendimiento de semilla en *Lolium perenne* L. En: Producción Moderna de Semillas. Milton Carámbula. Ed. Hemisferio Sur SRL. Montevideo, Uruguay. pp.101-121.

Holmann, F., Rivas, L., Argel, P. y Pérez, E. 2005. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 197. p. 31

Hopkinson, J. M. 1977. Sudado de Semilla de Pastos. Queensland Seed Producers Notes, New Series N° 20. Julio 1977. p. 6.

Hopkinson, J. M.; de Souza, F. H. D.; Diulgheroff, S.; Ortiz, A. y Sánchez. 1998. Fisiología Reproductiva, Producción de Semilla y Calidad de la Semilla en el Género *Brachiaria*. En: MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B (eds). *Brachiaria*: Biología, Agronomía y Mejoramiento. CIAT. Cali, Colombia. Capítulo 8. pp.136 - 155.

- ISTA. 2005.** International rules for seed testing. International Seed Testing Association (Ed). Zurich, Switzerland. 321 p.
- Lascano, C. E. y Euclides, P. B.1998.** Calidad Nutricional y Producción Animal en las Pasturas de *Brachiaria* En: MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B (eds). *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT Cali, Colombia. Capítulo 7. pp.116-135
- Miles, J. W. y Valle, C. B. do 1998.** Manipulación de la Apomixis en el Mejoramiento de *Brachiaria* En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Ed. MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B. CIAT Cali, Colombia Capítulo 11 pp. 181-195
- Nordestgaard, A. y Anderson, S. (1991)** Stability of high production efficiency in perennial herbage seed crops. *Journal of Applied Seed Production* 9, (Suppl.), 27-32.
- Peretti, A. y Escuder, C. J. 1994.** Evaluación de la calidad de semillas forrajeras en el sudeste bonaerense. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5: 331-344.
- Pieta, F. C. and Ellis, R. H. 1991.** The development of seed quality in spring barley in four environments. I. Germination and longevity. *Seed Science Research.* 1:163-177.
- Poblete, V. J. 2003.** Efecto de tres reguladores de crecimiento sobre la productividad y calidad del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. p 55-76.
- SAS Instituted Inc. (2001).** SAS/STAT user guide. Release 9.0 edition. North Carolina, USA. 1289 p.
- Valle, C. B. do y Miles, J. W. 1994.** Melhoramiento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. En: Peixoto, A. M.; Moura, J. C. de; y Faira, V. P. de (eds.). [Memoria del] XI simposio sobre manejo de pastagem. FEALQ, Piracicaba, SP, Brasil. P. 1-23

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE ONCE HÍBRIDOS DE *Brachiaria* spp.

RESUMEN

El refinamiento en metodologías de investigación y selección de características deseables en los nuevos pastos, permitirá asegurar una mayor eficiencia en la tasa de ganancia genética y en la identificación de caracteres de alto impacto económico. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar y comparar once híbridos de *Brachiaria* spp., mediante caracteres morfológicos y agronómicos. Se calificaron y analizaron los once híbridos de *Brachiaria* spp. en la etapa de floración evaluando 20 caracteres cuantitativos y 15 caracteres cualitativos para conocer las diferencias morfológicas entre los genotipos. Los datos fueron analizados utilizando componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados jerárquico (ACJ). Hubo una alta variabilidad morfológica entre los híbridos. Los cuatro primeros componentes (CP) explicaron el 72.6% de la variación total observada. Para el CP1 las variables más importantes fueron en orden de importancia por su valor: Peso de mil semillas, Longitud total del eje de la inflorescencia, Pubescencia en la lámina de la tercera hoja, Longitud del eje de la inflorescencia, Longitud de la vaina de la hoja bandera y Diámetro del nudo terminal superior. En el CP2 las variables que arrojaron los valores más altos fueron: Longitud de la vaina de la hoja número 4, Color de las hojas, Longitud del primer racimo secundario y Rendimiento de semilla. En el CP3 las variables de mayor peso en la variación fueron: Hábito de crecimiento y longitud de hojas. En el caso del CP4 las variables pubescencia en las espiguillas, Enraizamiento de los nudos y Rendimiento de semilla, fueron las de mayor valor. Al aplicar el ACP se obtuvieron 7 grupos: GI con HBA-08; GII HBA-43, HBA-73 y Mulato II; GIII HBA-8A y HBA-12; GIV HBA-69; GV HBA-79, GVI HBA-15 y HBA-96 y GVII LNN45. Se detectaron materiales sobresalientes y con atributos morfológicos importantes por lo que se dispone de una alta variabilidad genética que puede utilizarse en futuros programas de mejoramiento genético.

Palabras claves: *Brachiaria* spp., caracterizar, caracteres cualitativos, caracteres cuantitativos, componentes principales, conglomerados,

4.1 INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de los pastos tropicales en América, se inició a partir de los años 60's y 70's del siglo XX y consistió en la introducción de unas cuantas especies forrajeras de gramíneas. La adopción de esta tecnología significó un gran impacto en la producción y productividad ganadera de casi todo el continente. Debido a que todas las especies provenían de accesiones seleccionadas en Australia y África, el rango de adaptación de estas introducciones estuvo limitado sólo a condiciones de suelos fértiles, además de presentar susceptibilidad a las plagas comunes de los pastos nativos (Peralta, 2006).

Debido a la problemática que se vive en las zonas tropicales con respecto a las condiciones edáficas, climáticas, sobre pastoreo, plagas, etc; es importante que los ganaderos dispongan de opciones forrajeras que aumenten la productividad animal y ayuden a la recuperación de pasturas degradadas (Argel *et al.*, 2000).

En la actualidad existen algunos ejemplos exitosos de mejoramiento en pastos tropicales, con adaptación a latitudes tropicales y subtropicales, tolerancia a sequías, crecimiento y floraciones rápidas (Cherney y Cherney, 1998).

La hibridación artificial en especies del género *Brachiaria* ha sido uno de los objetivos de investigadores desde principios de la década de los 70's, debido a que la reproducción del tipo apomíctico y la diferencia de ploidía que existía en los materiales sexuales, habían sido algunas de las limitantes para realizar cruzamientos.

Los primeros intentos de cruzamientos registrados tanto por Ferguson y Crowder en 1974 y Hacker en 1988 no sirvieron, ya que se obtuvo un híbrido triploide estéril resultante de la cruce de un material sexual diploide (2n) con un apomíctico tetraploide (4n).

Sin embargo, la obtención a principios de los 80's, en la Universidad de Louvain (Bélgica), de un biotipo de *B. ruziziensis* tetraploidizado artificialmente permitió iniciar programas de hibridación y mejoramiento genético entre especies afines de *Brachiaria* (Miles *et al.*, 2004).

Los primeros programas importantes de hibridación de *Brachiaria* se desarrollaron en Brasil (CNPGC/EMBRAPA) y en Colombia (CIAT). La factibilidad de la hibridación a gran escala en el campo fue demostrada por Calderón y Agudelo (1990) quienes obtuvieron más del 90% de híbridos entre la progenie de plantas sexuales tetraploides sembradas en macetas expuestas a la polinización.

Al respecto Peralta (2006) menciona que la diversidad genética entre tetraploides sexuales compatibles y tetraploides apomícticos, abrió la posibilidad de recombinar genes orientados a la obtención de nuevas variedades con propiedades específicas de producción, pasturas que sean capaces de responder a las necesidades actuales y futuras de los sistemas en producción. El refinamiento en metodologías de investigación y selección de características deseables en los nuevos pastos, permitirá asegurar una mayor eficiencia en la tasa de ganancia genética y en la identificación de caracteres de alto impacto económico.

Para lograr estos propósitos se han requerido trabajos de investigación, en los cuales, existan herramientas fundamentales para seleccionar híbridos con alto potencial; estos deben tener un enfoque integral en el cual se trate de resolver deficiencias bien definidas de cultivares comerciales y ampliamente utilizados por productores, pudiendo así justificar la inversión en mejoramiento.

Entre los aspectos importantes se encuentran: definir con claridad desde el inicio, el objetivo del mejoramiento y establecer la demanda por productores de cultivares mejorados. La actividad de mejoramiento de especies forrajeras es a largo plazo y deberá partir de la caracterización apropiada de múltiples atributos en colecciones de germoplasma (Poblete, 2008).

La caracterización se considera el manejo de un conjunto de observaciones que permiten distinguir e identificar en todas sus características agronómicas y morfológicas a cada variedad (Muñoz *et al.*, 1993). Por lo tanto, la caracterización morfológica y agronómica es importante para poder identificar los diferentes genotipos de interés y analizar la relación existente entre las diferentes especies de *Brachiaria* (Valle y Miles 2001).

4.1.1 Objetivos específicos

Caracterizar y comparar once híbridos de *Brachiaria* spp., mediante caracteres morfológicos y agronómicos.

4.1.2 Hipótesis

Existe amplia variación morfológica y agronómica entre los once híbridos de *Brachiaria* spp. que permitirá diferenciarlos.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Material genético.

El material experimental utilizado, estuvo constituido por once híbridos apomícticos (Cuadro 1, Capítulo III), de los que se incluye también su genealogía con el fin de conocer el parentesco que tienen y el grado de influencia en la caracterización y agrupamientos. Este germoplasma ha sido seleccionado del género *Brachiaria* y forma parte del programa de mejoramiento genético de la Empresa BRAMIXE; como testigo se incluyó al híbrido Mulato II.

4.2.2 Ubicación y conducción del experimento.

La fase de campo se realizó en Tuxpan, Gro., ubicada entre las coordenadas geográficas 18° 20' longitud Norte y 99° 25' longitud Oeste; a una altura de 800 msnm, se caracteriza por tener un clima del tipo Aw_0 (w) (i) g, que es el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernales menores al 5% del total, la precipitación media anual es de 767 mm con una temperatura promedio de 26.7°C, una mínima de 10°C y una máxima de 40°C (García 1988).

El experimento se estableció durante el ciclo agrícola Primavera-Verano del 2006, iniciando con la selección de los materiales indicados en el Cuadro 1 del capítulo III; la siembra se realizó en charolas durante el mes de Junio y el trasplante en el campo se llevó a cabo durante el mes de Julio, utilizando 10 plantas de cada híbrido y colocándolos a una distancia de 2 m entre plantas y 2 m entre surcos.

La parcela se mantuvo libre de malezas mediante tres deshierbes manuales que se realizaron cada 20 días, desde el momento del trasplante. La fertilización se dividió en dos aplicaciones: en la primera se aplicó la fórmula 30-40-0, 20 días después del trasplante; y la segunda aplicación con 20-40-00, a los 60 días después del trasplante.

4.2.3 Variables evaluadas

La toma de los datos para la caracterización de los once híbridos se realizó a partir del mes de Octubre, una vez que la población de plantas ya se encontraba en la etapa de floración y seleccionando plantas ubicadas en la parte media del surco y con competencia completa.

Se midieron 34 caracteres morfológicos y agronómicos (Cuadro 1), de los cuales 20 fueron de tipo cuantitativo y 15 de tipo cualitativo, mismos que se utilizaron para comparar y diferenciar los genotipos.

La medición de cada una de las variables mencionadas en el Cuadro 1, se hizo en tres plantas por híbrido, en las cuales se tomaron 5 tallos de cada una para la toma de los caracteres respectivos.

Cuadro 1. Caracteres morfológicos y agronómicos evaluados en once híbridos de *Brachiaria* spp.

Carácter	Código	Escala y Unidad
PLANTA		
Altura de planta	AP	cm (de la base del tallo a la punta del la espiga)
Hábito de crecimiento	HC	Postrado (P), Intermedio (I), Semierecto (SE), Erecto (E)
TALLO		
Diámetro de los tallos seleccionados	DTS	mm (entre la 3 ^{er} y 4 ^a hoja a partir de la base usando un vernier)
Presencia de estolones	PEST	Ausentes (A), Pocos (P), Muchos (M)
Enraizamiento de los nudos	EN	Nulo (N), Pocos (P), Intermedios (I), Abundante (A)
HOJAS		
Longitud de la hoja N° 4	LH	cm (donde comienza la hoja hasta la punta)
Ancho de la hoja N° 4	AH	cm (la parte más ancha de la hoja)
Longitud de la vaina de la hoja	LVH	cm (de la división del nudo hasta donde inicia la hoja)
Diámetro del nudo terminal superior	DNTS	mm (nudo de inserción de la vaina de la hoja bandera, usando un vernier)
Longitud de la lámina de la hoja bandera	LLHB	cm (donde comienza la hoja hasta la punta)
Ancho de la lamina de la hoja bandera	ALHB	cm (la parte más ancha de la hoja)
Longitud de la vaina en la hoja bandera	LVHB	cm (de la división del nudo hasta donde inicia la hoja)
Porte de las hojas	PH	Decumbente (D), Punta Doblada (PD), Erecta (E)
Color de las hojas	CH	Verde Amarillo (VA), Verde Pálido (VP), Verde Intenso (VI)
Pubescencia en nudo de la hoja bandera	PNHB	Ausente (A), Pocos (P), Intermedio (I), Muchos (M)
Pubescencia de la lámina de la tercera hoja	PLTH	Ausente (A), Poca-corta-suave (PCS), Poca-corta-dura (PCD), Poca-larga-suave (PLS), Poca-larga-dura (PLD), Intermedia-corta-suave (ICS), Intermedia-corta-dura (ICD), Intermedia-larga-suave (ILS), Intermedia-larga-dura (ILD), Abundante-corta-dura (ACD), Abundante -corta-suave (ACS), Abundante-larga-suave (ALS), Abundante-larga-dura (ALD)
Características del margen de las hojas	CMH	Liso (L), Ciliado (C), Aserrado (A)
Pubescencia de la vaina de la tercera hoja	PVTH	Ausente (A), Pocos (P), Intermedios (I), Muchos (M)

Cuadro 1. Continuación...

Carácter	Código	Escala y Unidad
FLOR		
Longitud del pedúnculo de la inflorescencia	LEI	cm (del nudo del eje de la inflorescencia al nudo del primer racimo de la inflorescencia)
Longitud del eje de la inflorescencia	LEPI	cm (del nudo del primer racimo secundario hasta la donde termina la inflorescencia)
Longitud total e la inflorescencia	LT	cm (es la suma de LEI+LEPI)
Excerción de la inflorescencia	ELPRS	cm (lámina 1 ^{er} racimo secundario)
N° de racimos secundarios por inflorescencia	NRSI	Número
Longitud del 1 ^{er} racimo secundario	LPRS	cm (del nudo de racimo hasta donde éste termina)
N° de Espiguillas por racimo	NER	Numero (1 ^{er} racimo secundario)
Número de hileras de espiguillas por racimo secundario	HERS	Número
Pubescencia en las espiguilla	PUES	
Color de los estigmas	CE	Blanco (B), Cremoso (C), Cremoso punta morada (CM), Lila (L), Morado (M), Purpura (P)
Color de las anteras	CA	Amarillo (A), Naranja (N), Café (C)
Posición de la espiguilla	POES	Uniseriada (U), Biseriada (B), Mixta (M)
Pubescencia en el eje de la inflorescencia	PEI	Ausente (A), Poco (P), Intermedio (I), Mucho (M)
Pubescencia en nudos del eje de la inflorescencia	PNEI	Ausente (A), Poco (P), Intermedio (I), Mucho (M)
PRODUCCIÓN		
Peso de mil semillas	PMS	Gramos (gr)
Rendimiento de semilla	RS	kg ha ⁻¹
Semillas por gramo	SPG	Número

4.2.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la caracterización de cada uno de los híbridos evaluados se analizaron utilizando el programa de computo Minitab 15 (www.minitab.com). Las variables cuantitativas se estandarizaron mediante la fórmula.

$$Z = (X_b - X_m) s^{-1}$$

Z= Valor estandarizado

X_m = Promedio general para dicha variable

X_b = Valor original de la variable

s^{-1} = Inverso de su desviación estándar.

Primero se realizó una prueba de componentes principales; ésta es una técnica matemática que no requiere modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores; sin embargo, se requiere que la población muestreada tenga una distribución multinormal. Mediante la prueba de componentes principales, se generan nuevas variables que expresen información contenida en el conjunto original de datos, reduciéndose la dimensión del problema como paso previo a otros análisis y eliminar, en lo posible, algunas variables originales que aporten poca información (Poblete, 2008), como fue el caso de las variables, Características del margen de las hojas (CMH), Numero de hileras de espiguillas por racimo secundario (HERS), Color de anteras (CA) y Posición de las espiguillas (POES), ya que aportaban poca información al análisis de componentes; después se determinó distancia entre los híbridos mediante el análisis de conglomerado (Manly, 1986) para conocer las relaciones entre los materiales genéticos estudiados.

Las relaciones entre caracteres individuales se determinaron mediante los coeficientes de correlación de Pearson (Snedecor y Cochran, 1980).

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1 Análisis de componentes principales de variables cuantitativas y cualitativas.

Con los datos obtenidos de la caracterización, se realizó un análisis de componentes principales previa definición de variables en base a la matriz de correlaciones de 19 variables cuantitativas y 12 variables cualitativas evaluadas (Cuadro 1).

El germoplasma evaluado mostró diversidad morfológica en lo que se refiere a caracteres cuantitativos; por ejemplo, en rendimiento de semilla (RS), ancho de la hoja (AH), diámetro de los tallos seleccionados (DTS), longitud del eje de la inflorescencia (LEPI), longitud total del eje de la inflorescencia (LT), entre otras, las que permitieron identificar a cada uno de los híbridos caracterizados.

El análisis mostró que con los cuatro primeros componentes se explicó el 72.6% de la variación de los híbridos (Cuadro 2); el primer componente contribuyó con el 32.1%, el segundo componente con el 16.7%, el tercero con el 13.9% y el cuarto con el 9.9%.

El alto porcentaje de la variación total explicada por los primeros cuatro componentes, sugiere que estos contienen las variables que discriminan bien a los híbridos evaluados.

Cuadro 2. Valores característicos y proporción de la varianza total explicada por cada uno de los componentes principales, con base en 19 variables cuantitativas y 12 variables cualitativas, en once híbridos del género *Brachiaria* spp.

Componente principal	Valor propio	Proporción de la varianza global (%)	Proporción de la varianza acumulada (%)
1	9.9515	32.1	32.1
2	5.1713	16.7	48.8
3	4.3155	13.9	62.7
4	3.0602	9.9	72.6
5	2.6412	8.5	81.1
6	2.1107	6.8	87.9
7	1.4610	4.7	92.6
8	0.8928	2.9	95.5

En cuanto a la correlación de los componentes principales con las variables de mayor importancia, se realizó un análisis de frecuencia de los componentes, de cada una de las 35 variables evaluadas, generándose los vectores característicos (Cuadro 3).

En el primer componente las variables que más contribuyeron en la variación de los resultados fueron, en orden de importancia por su valor: peso de mil semillas (PMSE), longitud total del eje de la inflorescencia (LT), pubescencia en la lámina de la tercera hoja (PLTH), longitud del eje de la inflorescencia (LEPI), longitud de la vaina de la hoja bandera (LVHB) y diámetro del nudo terminal superior (DNTS). En el segundo componente las variables que arrojaron los valores más altos fueron: longitud de la vaina de la hoja número 4 (LVH), color de las hojas (CH), longitud del primer racimo secundario (LPRS) y rendimiento de semilla (RS). En el tercer componente las variables de mayor peso en la variación fueron hábito de crecimiento (HC) y longitud de hoja (LH). En el caso del cuarto componente las variables pubescencia en las espiguillas (PUES), enraizamiento de los nudos (EN) y rendimiento de semilla (RS) fueron las de mayor valor.

Los resultados del análisis (Cuadro 3) muestran que de 31 variables evaluadas, 14 son las que contribuyeron en la variación de los resultados de las cuales 10 son de tipo cuantitativo y 5 de tipo cualitativo.

Los componentes principales resultantes de esta evaluación así como los obtenidos por Poblete (2008), presentan similitudes importantes tanto en variables cualitativas como cuantitativas; por ejemplo: rendimiento de semilla, longitud de la hoja número 4, pubescencia en la lámina de la hoja, hábito de crecimiento y color de hoja.

Cuadro 3. Vectores característicos de las variables de mayor valor descriptivo de cada variable original, con respecto a su componente principal de 19 variables cuantitativas y 12 variables cualitativas, en once híbridos del género *Brachiaria* spp.

VARIABLE	Vectores Característicos			
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
AP	0.058	0.129	0.118	-0.129
LH	0.163	0.059	0.261	-0.074
AH	0.211	0.085	-0.235	0.062
LVH	0.110	0.300	0.096	0.020
DTS	0.212	0.039	-0.278	0.000
LEI	0.225	0.073	0.197	-0.121
LEPI	0.267	0.014	-0.014	-0.210
LT	0.271	0.057	0.133	-0.173
DNTS	0.254	-0.158	-0.080	0.180
LLHB	0.153	-0.291	0.143	0.028
ALHB	0.093	-0.365	0.059	-0.013
LVHB	0.267	0.062	0.014	-0.187
ELPRS	0.029	0.009	0.231	0.013
NRSI	0.215	-0.224	-0.231	-0.063
LPRS	0.197	0.296	-0.141	-0.126
NER	0.047	-0.005	-0.390	-0.113
PMS	0.280	0.054	0.050	0.175
RS	-0.043	0.287	-0.095	0.257
SG	-0.284	-0.038	-0.061	-0.174
HC	-0.069	0.151	0.343	-0.314
PH	-0.033	-0.103	0.153	-0.184
CH	0.061	0.297	-0.248	-0.079
PEST	0.200	-0.207	0.214	0.041
EN	0.174	-0.063	0.127	0.373
CE	0.121	0.113	0.227	0.051
PUES	-0.116	-0.249	0.067	0.251
PEI	-0.076	-0.271	-0.096	-0.231
PNEI	-0.175	-0.080	-0.120	-0.329
PNHB	0.057	-0.165	-0.008	-0.349
PLTH	0.271	-0.069	-0.043	-0.165
PVTH	0.189	-0.217	-0.223	0.042

AP= Altura de planta, LH= Longitud de Hoja, AH= Ancho de la Hoja, LVH= Longitud de la vaina de la hoja, DTS= Diámetro de tallo seleccionado, LEI= Longitud del eje de la inflorescencia, LEPI= Longitud del eje de la inflorescencia, LT= Longitud total, DNTS= Diámetro del nudo terminal superior, LLHB= Longitud de la lamina de la hoja bandera, ALHB= Ancho de la lamina de la hoja bandera, LVHB= Longitud de la vaina de la hoja bandera, ELPRS= Excreción (lamina 1^{er} racimo secundario), NRSI= N° de Racimos Secundarios por Inflorescencia, LPRS= Longitud del 1^{er} Racimo Secundario, NER= N° de Espiguillas Por Racimo (1er Racimo Secundario), PMS= Peso de mil semillas, RS= Rendimiento de semillas, SG= Semillas por Gramo, HC= Habito de crecimiento, PH= Posición de la hoja, CH= color de la hoja, PEST= Presencia de estolones, EN= Enraizamiento de los nudos, CE= Color de Estigmas, PE= Pubescencia en espiguillas, PEI= Pubescencia en el eje de la inflorescencia, PNEI= Pubescencia en el nudo del eje de la inflorescencia, PNHB= Pubescencia en el nudo de la hoja bandera, PLTH= Pubescencia en la lamina de la Tercera Hoja, PVTH= Pubescencia de la vaina de la tercera hoja.

4.3.2 Análisis de conglomerados

El dendograma (Figura 1) derivado del análisis de conglomerados con base en 14 variables obtenidas de los primeros cuatro componentes de gran valor descriptivo (Cuadro 3) permitió la identificación de 7 grupos tomando como base la similitud del 52%.

En el grupo I se ubicó el híbrido HBA-08; en el grupo II están los híbridos HBA-43, Mulato II y HBA-73; en el grupo III se agruparon los híbridos HBA-8A y HBA-12; en el grupo IV sólo se ubicó el híbrido HBA-69; en el grupo V se localiza el HBA-79; en el grupo VI se localizaron los híbridos HBA-15 y HBA-96, en grupo VII solo se ubica el LNN45.

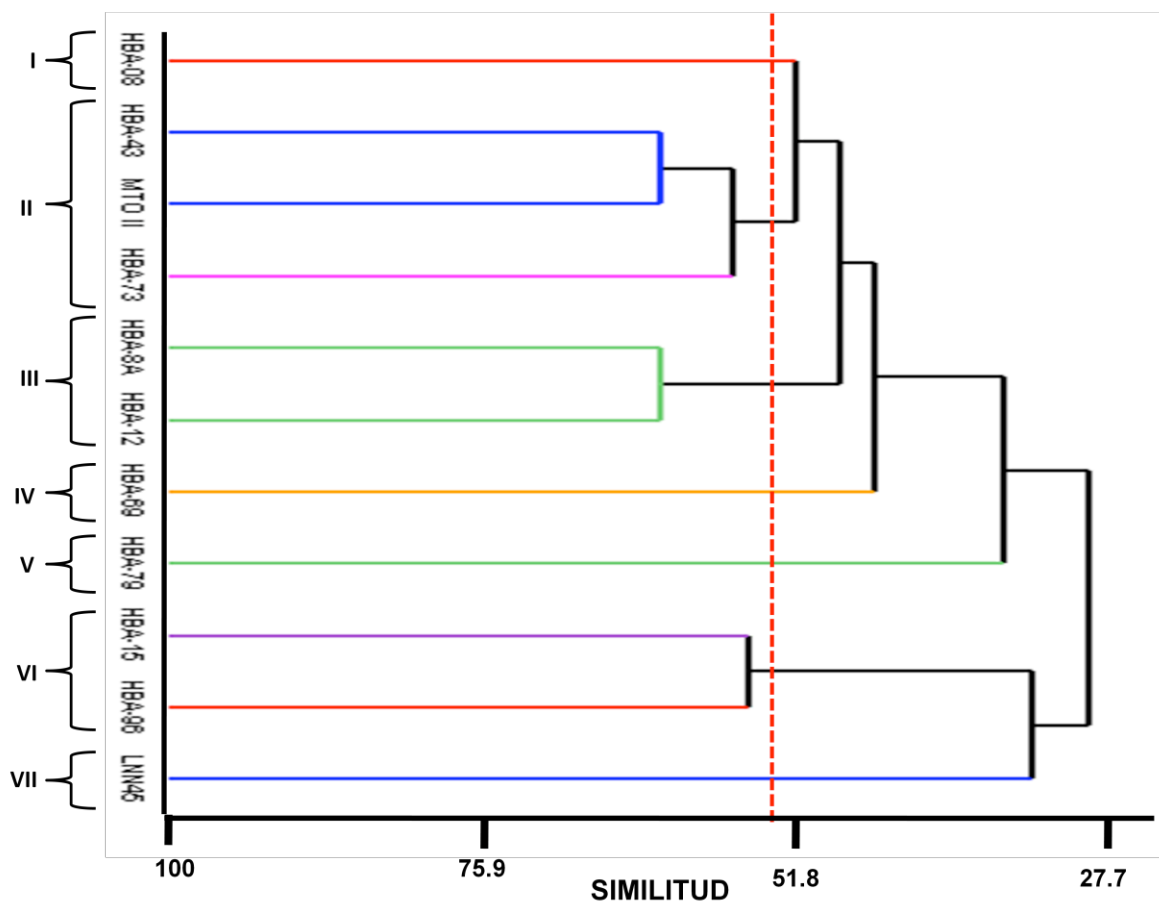


Figura 1. Dendrograma de clasificación de once híbridos del género *Brachiaria* spp. con base en 14 variables (9 cuantitativas y 5 cualitativas) obtenidas de los primeros cuatro componentes principales.

La dispersión del germoplasma que se muestra en el diagrama de distribución (Figura 2), se formó con los componentes principales 1, 2, 3 y 4 (73.2 % de la variabilidad total) (Cuadro 3), y agrupa los híbridos en 7 grupos los cuales coinciden con los 7 grupos obtenidos en el análisis de conglomerado (Figura 1)

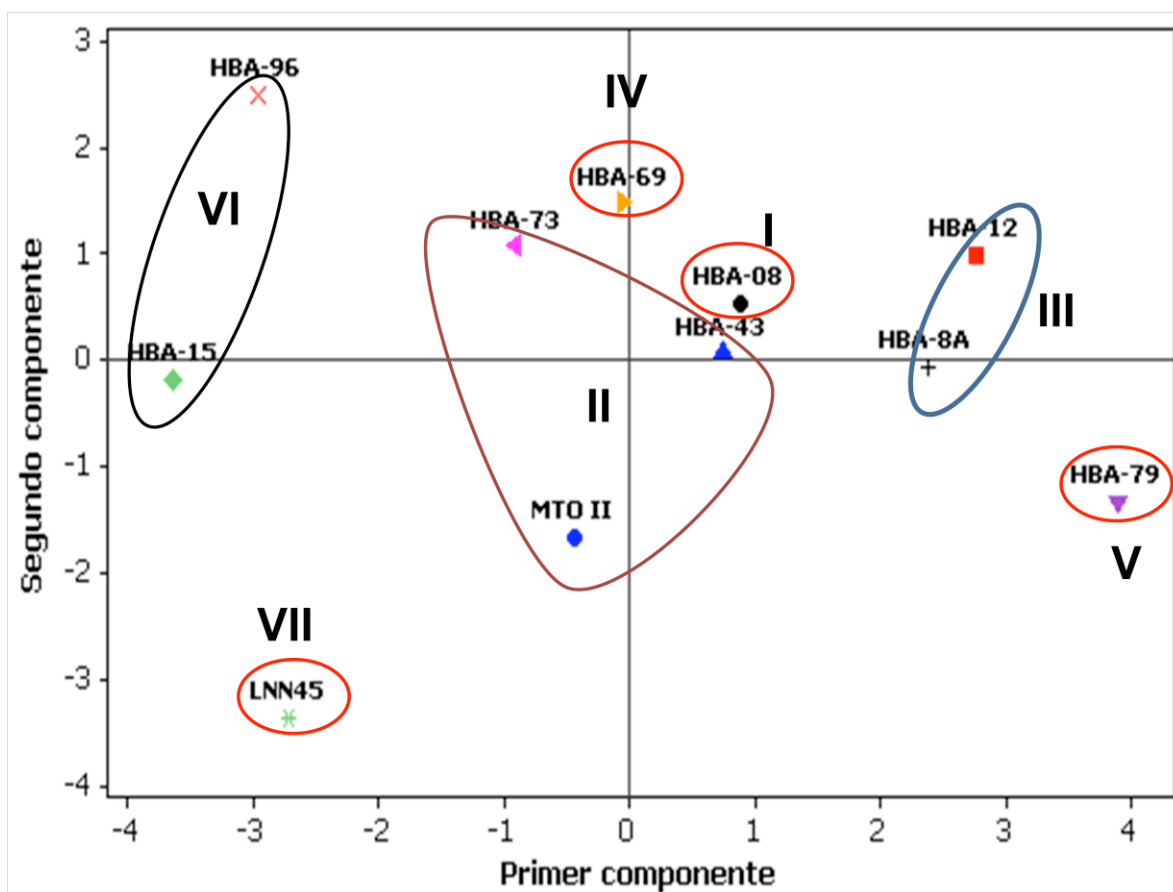


Figura 2. Diagrama de distribución de once híbridos del género *Brachiaria* spp. en función de los componentes principales I y II obtenidos con la matriz de correlación de 14 variables (9 cuantitativas y 5 cualitativas).

El grupo I se ubicó en el primer cuadrante y está conformado por el híbrido HBA-08. No presenta los mejores rendimientos (RS) y peso de mil semillas (PMS), tiene un hábito de crecimiento de tipo postrado (HC) y presenta poca vellosoidad en el nudo de la hoja bandera (PNHB), además de tener color de hoja (CH) del tipo verde pálido y presentar un fuerte enraizamiento de los nudos.

El grupo II está conformado por HBA-43, HBA-73 y el híbrido Mulato II, ubicándose en los cuadrantes uno, dos y tres. Estos híbridos se caracterizaron por ser los de menor producción de semilla (PS) además de tener el mismo hábito de crecimiento (HC) del tipo intermedio, las dimensiones en la longitud (LH) y ancho (AH) de la tercera hojas son muy similares, presentan poca pubescencia en las espiguillas (PE) así como otras doce características más. Este agrupamiento coincide con información previa, pues se sabe que los progenitores masculinos de los híbridos HBA-43 y HBA-73 son materiales que no son buenos productores de semillas (Peralta, 2008).

El grupo III se localiza en los cuadrantes 1 y 4, donde se agruparon los híbridos HBA-8A y HBA-12, genealógicamente (Cuadro 1 Capítulo 3) estos dos materiales son hermanos y esto pudo influir para que, de 31 caracteres evaluados posean 20 que los hacen muy parecidos; algunas de estos caracteres en común son: abundante presencia de estolones (PEST); hábito de crecimiento (HC) de tipo postrado, ausencia en la pubescencia del nudo de la hoja bandera (PNHB), abundante vellosoidad en la lámina de la hoja (PLTH), longitud del eje de la inflorescencia (LEPI) y longitud total de la inflorescencia (LT).

El híbrido HBA-69 perteneciente al grupo IV se ubica en el primer cuadrante; este híbrido se caracteriza por ser el segundo mejor en producción de semilla (RS) además de tener hábito de crecimiento (HC) del tipo postrado, el color de hoja (CH) del tipo verde pálido, tiene un fuerte enraizamiento de los nudos (EN), ausencia en la pubescencia del nudo de la hoja bandera (PNHB) y presencia de vellosoidad intermedia, corta y dura (PLTH).

El grupo V ubicado en el cuadrante 4 está formado por el híbrido HBA-79 que se caracteriza por tener hojas anchas (AH), hábito de crecimiento postrado (HC), el color de hoja es un verde intenso (CH), poca presencia de estolones (PEST), con abundante vellosoidad larga y suave (PLTH) y semillas pesadas (PMSEM).

Los híbridos HBA-15 y HBA-96 pertenecen al grupo VI y se ubicaron en el cuadrante 3; estos materiales son hermanos (Cuadro 1 del capítulo 3) y las variables

que lo caracterizan principalmente son: menor peso en la semilla (PMS), menores tamaños en: longitud de vaina de la hoja bandera (LVHB), longitud de hoja (LH), longitud del primer racimo secundario (LPRS), longitud de la vaina de la hoja (LVH), longitud de hoja (LH), diámetro del nudo terminal superior (DNTS), hábito de crecimiento (HC) del tipo decumbente, pocos estolones (PEST) y no presentan pubescencia en el nudo de la hoja bandera (PNHB).

El grupo VII se localiza en el cuadrante 3, y está constituido por el híbrido LNN45; se caracterizó por su alto rendimiento en producción de semilla (RENKG), hábito de crecimiento de tipo semierecto (HC), color de la hoja verde amarillo, carece de pubescencia en las hojas (PLTH), carece de estolones (PREEST), presenta el menor diámetro en el nudo terminal superior (DNTS).

4.3.3 Frecuencia de caracteres

Los 11 genotipos evaluados mostraron polimorfismo en caracteres cualitativos (Cuadro 4). En general, las plantas tuvieron un hábito de crecimiento (HC) balanceado, aunque predominaron los de porte intermedio (I) (54.5%) y postrado (P) (36.4%). En lo referente al color general de las hojas de la planta (CH), predominó el verde pálido (VP) (54.5%). Con respecto al enraizamiento de los nudos predominaron los que estuvieron fuertemente enraizados (F) (36.4%), así como un enraizamiento intermedio (I) (27.3%). La presencia de pubescencia en la espiguilla se caracterizó por tener poca (P) pubescencia (72.7%). Por otra parte la pubescencia de la lamina de la hoja (PLTH) fue mayormente del tipo Abundante corta y dura (ACD) (27.2%). Los resultados anteriores muestran la diversidad morfológica que presentan estos híbridos, producto de la recombinación genética.

Cuadro 4. Frecuencias observadas de los caracteres morfológicos cualitativos en la descripción de once híbridos de *Brachiaria* spp.

Variables				
HC	CH	EN	PUES	PLTH
I (54.5)	VP (54.5)	M (36.4)	P (72.7)	ACD (27.2)
P (36.4)	VA (18.2)	I (27.3)	A (9.1)	ICD (18.2)
SE (9.1)	VL (18.2)	N (18.2)	I (9.1)	A (9.1)
	VI (9.1)	P (18.2)	AB (9.1)	PLS (9.1)
				ICS (9.1)
				ACS (9.1)
				ALS (9.1)
				ALD (9.1)

HC= Habito de crecimiento; I: Intermedio; P: Postrado; SE: Semierecto; CH= Color de hoja; VP: Verde pálido; VA: Verde amarillo; VL: Verde limón; VI: Verde intenso; EN= Enraizamiento de los nudos; N: Nulo; P: Poco; I: Intermedio; M: Mucho; PUES= Pubescencia en la espiguilla; A: Ausente; P: Poca; I: Intermedia; AB: Abundante; PLTH = Pubescencia de la lamina de la tercera hoja; ACD: Abundante-corta-dura; ICD: Intermedia-corta-dura; A: Ausente; PLS: Pocos-largos-suaves; ICS: Intermedio-corto-suave; ACS: Abundante-corto-suave; ALS: Abundante-largo-suave; ALD: Abundante-largo-duro;

4.3.4 Análisis de Varianza

A las nueve variables cuantitativas de mayor valor en el análisis de componentes principales (Cuadro 3) que ayudaron a generar los 7 grupos, se les realizó análisis de varianza (Cuadro 5). En ocho de ellas se encontraron diferencias altamente significativas (<0.001), solamente longitud de hoja no fue significativa.

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza, para las nueve variables de mayor valor de los componentes principales.

FV	GL	LH	LVH	LEPI	LT	DNTS	LVHB	LPRS	PMS	RS
Grupos	6	18.54 ^{NS}	6.22**	7.94**	50.63**	0.006**	11.33**	5.65**	0.025**	15971.02**
Error	14	7.33	1.20	0.66	6.78	0.001	0.89	0.23	0.0007	733.2
Total	20									
CV (%)		10.321	9.085	7.371	6.578	5.820	4.067	6.200	3.143	19.55

FV= Fuente de variación; GL= Grados de Libertad; CV: Coeficiente de variación; LH= Longitud de hoja; LVH= Longitud de la vaina de la hoja; LEPI= Longitud del eje de la inflorescencia; LT= Longitud total de la inflorescencia; DNTS= Diámetro del nudo terminal superior; NS= No significativa; **= Altamente Significativa

La prueba de medias (Cuadro 6) arrojó que el grupo V (HBA-79) obtuvo los mejores valores en Longitud total del eje de la inflorescencia (LT), diámetro del nudo terminal superior (DNTS), longitud de la vaina de la hoja bandera (LVHB) y Longitud del primer racimo secundario (LPRS) con 45.58, 0.44, 26.27 y 10.74 respectivamente; el grupo IV (HBA-69) obtuvo el mayor valor en la variables longitud de hoja (LH) con 13.60, y 206. El grupo I obtuvo el mejor valor en la longitud del eje de la inflorescencia con 13.15. Los mejores valores obtenidos en la variable Peso de mil semillas (PMS) fueron para los grupos III (HBA-8A y 12), 5 (HBA-79) y IV (HBA-69) con 0.99, 0.98 y 0.97 respectivamente, en la variable Rendimiento de semilla (RS) las mayores cantidades fueron obtenidas por los grupos VII (LNN45) y IV (HBA-69) con 245.43 y 206.6 respectivamente.

Cuadro 6. Promedio de características morfológicas cuantitativas (Tukey $P \leq 0.05$) por grupos de once híbridos de *Brachiaria* spp.

VARIABLE	GRUPOS (Híbridos que conforman cada grupo)							DMS
	I (HBA-08)	II (HBA-43,73 y MULATO II)	III (HBA-8A y 12)	IV (HBA-69)	V (HBA-79)	VI (HBA-15 y 96)	VII (HBA-LNN45)	
LH	26.00 a	25.36 a	30.52 a	23.61 a	28.23 a	23.65 a	26.13 a	7.55
LVH	10.41 c	12.45 abc	12.54 abc	13.60 a	13.26 ab	9.73 c	12.34 abc	3.05
LEPI	13.15 a	10.65 bcd	11.89 abc	10.16 cd	12.90 ab	9.33 d	9.19 d	2.27
LT	41.54 abc	40.89 abc	42.55 ab	36.41 bc	45.58 a	35.10 c	35.02 c	7.26
DNTS	0.42 ab	0.37 b	0.41 ab	0.41 ab	0.44 a	0.39 ab	0.30 c	0.06
LVHB	23.84 abc	23.02 bcd	24.56 ab	22.25 bcd	26.27 a	20.70 d	21.24 cd	2.62
LPRS	7.54 b	7.41 b	7.84 b	6.9433 b	10.74 a	6.65 b	7.2 b	1.34
PMS	0.88 b	0.82 bc	0.99 a	0.97 a	0.98 a	0.80 c	0.78 c	0.08
RS	64.5 c	53.45 c	110.1 bc	206.6 a	178.46 ab	111 bc	245.43 a	75.49

LH: Longitud de hoja; LVH: Longitud de la vaina de la hoja; LEPI: longitud del eje de la inflorescencia; LT: Longitud total del eje de la inflorescencia; DNTS: Diámetro del nudo terminal superior; LVHB: Longitud de la vaina de la hoja bandera; LPRS: Longitud del primer racimo secundario; PMS: Peso de mil semilla; RS: Rendimiento de semilla.

4.4 CONCLUSIONES

1. Cuatro componentes principales explicaron el 73.2% de la variabilidad total de once híbridos de *Brachiaria* evaluados, tomando en cuenta 9 caracteres cuantitativos y 5 cualitativos.
2. Con un porcentaje de similitud de 52% se definieron siete grupos, interviniendo variables cuantitativas y cualitativas.
3. Las variables cuantitativas de mayor valor fueron: peso de mil semillas (PMSE), longitud total del eje de la inflorescencia (LT), longitud del eje de la inflorescencia (LEPI), longitud de la vaina de la hoja bandera (LVHB), diámetro del nudo terminal superior (DNTS), rendimiento kg ha⁻¹ (RENKG), longitud de la vaina de la hoja número 4 (LVHN4), longitud del primer racimo secundario (LPRS) y longitud de hoja (LH).
4. Las variables cualitativas de mayor valor fueron: pubescencia en la lámina de la hoja número 4 (PLTH), color de las hojas (CH), hábito de crecimiento (HC), presencia de estolones (PEST), pubescencia en el nudo del eje de la inflorescencia (PENI) y pubescencia en el nudo de la hoja bandera (PNHB).
5. Los híbridos ubicados en los grupos VII (LNN45), IV (HBA69) y V (HBA-79) fueron los que presentaron los rendimientos más altos.
6. El grupo V conformado por el híbrido HBA-79 fue el que presentó las mejores características en morfología de planta, obteniendo los valores más altos en longitud total del eje de la inflorescencia (LT), Diámetro del nudo terminal superior (DNTS), Longitud de vaina de la hoja bandera (LVHB) y Longitud del primer racimo secundario (LPRS).
7. Los caracteres que podrían ser de valor en un programa de mejoramiento genético del género *Brachiaria* spp. son: rendimiento de semilla, peso de mil semillas, longitud de hoja, longitud total del eje de la inflorescencia.
8. Este estudio permitió identificar los híbridos y las características valiosas que poseen y que pueden servir para orientar los programas de mejoramiento genético en el género *Brachiaria* spp.

4.5 LITERATURA CITADA

- Argel, M. P. J., C. Hidalgo A. y M. Lobo di Palma. 2000.** Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). Gramínea de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Boletín Técnico CIAT. San José, Costa Rica. Octubre de 2000. p. 87
- Calderón M. De los A. y Agudelo, C. J. 1990.** Hibridaciones Interespecíficas en el género *Brachiaria*. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 89 p.
- Cherney, J.H. and Cherney, D. J. R. 1998.** Grass for dairy cattle. Editorial CABI Publishing. Oxo, UK. 403 p.
- García, E. 1988.** Modificaciones al sistema de clasificación de kopen. Cuarta edición. Editorial Universidad Autónoma de México. México. D.F. p. 35
- Manly, B. F. J. 1986.** Multivariate Statistical Methods. Third Edition. Ed Chapman & Hall/CRC. 159 p.
- Miles, J. W., C. B. do Valle, I. M. Rao, and V. P. B. Euclides. 2004.** *Brachiaria* grasses. In: L. E. Sollenberger et al. (ed.) Warm-season (C4) grasses. Agron. Monogr. 45. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA. pp. 745–783.
- Muñoz, G., G. Giraldo y J. Fernández de Soto. 1993.** Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo. Pub No 177 CIAT. Cali, Colombia. 168 p.
- Peralta, M. A. 2006.** Boletín Informativo. *Brachiaria*: Potencial y Mejoramiento Genético. Iguala, Guerrero. México. pp. 1-3.
- Peralta, M. A. 2008.** Boletín Informativo. Mejoramiento Genético de *Brachiaria*: Genealogía de los híbridos. Iguala, Guerrero. México pp. 7-8.
- Poblete, V. J. , 2008.** Caracterización e Identificación Agronómica, Morfológica, Citoembriológica y Molecular de Híbridos Interespecíficos de *Brachiaria*. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. pp. 22-21, 25.

Snedecor, G W and Cochran, W G. 1980 *Statistical methods*. 7th edition, Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Valle C. B. do and Miles, J. W. 2001. Breeding of Apomictic Species. *In*: Savidan, Y., J. G. Carman, and T. Dresselhaus (eds). *The Flowering of Apomixis: From Mechanism to Genetic Engineering*. México, D..F.: Cimmyt, IRD, European Commission DG VI (FAIR). 243 p.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL

Los pastos del género *Brachiaria* son de los mas cultivados, en centro América así como en las sabanas de América del sur (Fisher and Kerridge, 1996); debido a su adaptación a esta región; han tenido una significativa importancia económica particularmente en el trópico Americano, y con base en ello que es importante establecer objetivos de mejoramiento basado en las reconocidas deficiencias de los cultivares comerciales existentes (Miles and Valle 1996).

Los programas de mejoramiento de *Brachiaria* dieron inicio durante los 80'S, el único biotipo sexual compatible con los apomícticos cv Basilisk y Marandu comercialmente probados fue el tetraploide *B. ruziziensis* desarrollado en Bélgica (Swenne et al., 1981); lo que abrió la puerta al mejoramiento en este género y dando así la oportunidad a la exploración de la diversidad genética, dando la oportunidad de seleccionar genotipos sobresalientes en caracteres favorables de producción de semilla, persistencia, productividad y adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad, al igual que mejorar el rendimiento y la calidad de la semilla (Miles y Valle, 1998).

Con base en estas necesidades se evaluaron once híbridos de *Brachiaria* spp. sobresalientes, en la producción y calidad de semilla así como también se realizó la caracterización morfológica y agronómica de cada uno de los genotipos.

En las evaluaciones realizadas al rendimiento y calidad de semilla se identificaron materiales sobresalientes, la cual se dividió en dos fase la de campo y la de laboratorio; en el caso de la fase de campo los genotipos LNN45 y HBA-69 fueron los que obtuvieron los mejores rendimientos encontrando en ellos una opción con fines de producción de semilla además de incluirlos en los programas de mejoramiento. Por otra parte, el mayor numero de inflorescencia identificó que los genotipos HBA-43 y HBA-73 fueron los que obtuvieron la mayor densidad de tallos. En la fase de laboratorio se evaluó el comportamiento de los materiales en dos métodos de cosecha método sudado y método manual. El método de cosecha manual obtuvo el mejor comportamiento en dos de las tres pruebas de esta fase como fue peso de mil semillas donde los genotipos HBA-8A, HBA-79 y HBA-69 registraron los mayores pesos; por

otra parte, la Viabilidad de la semilla de los cuatro híbridos con al menos 85% de viabilidad fueron el HBA-12, HBA-15, HBA-96 y HBA-79. No obstante, se observó que el genotipo HBA-96 que fue sometido al método de cosecha sudado donde fue expuesto a condiciones de estrés (alta temperatura y humedad), aun así mostró un buen comportamiento ya que tuvo más del 85% de viabilidad, siendo así una opción de tolerancia a condiciones adversas en el almacenamiento de la semilla. El método de cosecha sudado mostró buen comportamiento en el número de semillas por gramo registrando la mayor cantidad de semillas como se observó en los híbridos Mulato II y LNN45.

Por otra parte; con la finalidad de poder diferenciar los híbridos se realizó la caracterización morfológica y agronómica de cada uno de ellos. El análisis de componentes principales realizado a 31 caracteres (19 cuantitativos y 12 cualitativos) evaluados mostró que los cuatro primeros componentes explicaron el 76% de la variación total observada; las variables cuantitativas de mayor valor fueron: peso de mil semillas (PMSE), longitud total del eje de la inflorescencia (LT), longitud del eje de la inflorescencia (LEPI), longitud de la vaina de la hoja bandera (LVHB), diámetro del nudo terminal superior (DNTS), rendimiento de semilla (RS), longitud de la vaina de la hoja número 4 (LVHN4), longitud del primer racimo secundario (LPRS) y longitud de hoja (LH). Las variables cualitativas de mayor valor fueron: pubescencia en la lámina de la hoja número 4 (PLTH), color de las hojas (CH), hábito de crecimiento (HC), presencia de estolones (PEST), pubescencia en el nudo del eje de la inflorescencia (PENI) y pubescencia en el nudo de la hoja bandera (PNHB). El análisis de conglomerados ayudó a diferenciar los híbridos en 7 grupos: GI con HBA-08; GII HBA-43, HBA-73 y Mulato II; GIII HBA-8A y HBA-12; GIV HBA-69; GV HBA-79, GVI HBA-15 y HBA-96; dando así un agrupamiento de acuerdo a los caracteres en común que los identifica.

Las evaluaciones realizadas a estos once híbridos de *Brachiaria* spp. demuestra que las pruebas efectuadas son de utilidad en la identificación de genotipos con características morfológicas y agronómicas sobresalientes cuando el propósito de

continuar trabajando con los materiales sobresalientes en futuros programas de mejoramiento genético del cual fueron seleccionados.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES GENERALES

Muchos investigadores están tratando de desarrollar genotipos mejorados del género *Brachiaria* con atributos agronómicos sobresalientes, con el propósito de superar las deficiencias que presentan los cultivares comerciales que se encuentran en la actualidad en el mercado nacional e internacional. Con las evaluaciones realizadas a los genotipos, en este trabajo de investigación se identificaron híbridos con características sobresalientes.

En la evaluación realizada al rendimiento y calidad de semilla se identificaron los materiales sobresalientes LNN45 y HBA-69 los cuales obtuvieron los mayores rendimientos de semilla ventilada; los híbridos HBA-96, Mulato II, HBA-08 y HBA-43 soportaron condiciones de estrés por temperatura y humedad ya que no se vio afectada su calidad fisiológica.

En cuanto a la caracterización realizada a estos híbridos, se identificó el híbrido HBA-79, el cual presentó las mejores características en morfología de planta.

Las evaluaciones realizadas permitieron identificar híbridos de *Brachiaria* spp. con características valiosas, de tal forma que son un recurso genético de importancia comercial en un programa de mejoramiento genético de este género; los genotipos con mejores atributos, pueden cubrir algunas deficiencias que presentan los cultivares comerciales en la actualidad y así contar en un futuro cercano con opciones de gramíneas forrajeras con un mayor rango de adaptación y productividad.

CAPÍTULO VII. LITERATURA CITADA EN INTRODUCCIÓN, REVISIÓN Y DISCUSIÓN GENERAL

- Argel P. J. 1989.** Reserch advances of the tropical pasture program of CIAT for Mexico. Central America and the Caribbean. In: Tergas I.E., Valencia E. and Cal M. (De). Proceeding of workshop. Stanford Conn., USA. IRI Research Institute. Pp 33-45.
- Argel, P. J., Hidalgo, C. A., y Lobo, M. D. 2000.** Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) Boletín Técnico CIAT, MAG, y Consorcio Tropileche. 14 p. Argel, P. J., y G. Séller-Grein, 1998. Experiencia Regional con *Brachiaria*: Región América Tropical-Tierras Bajas Húmedas. *En: Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento.* ed. J. W. Miles, B. L. Mass y C. B. do Valle, colaboración de V. Kumble, CIAT, Cali, Colombia, y EMBRAPA/CNPGC, Campo Grande, Brasil. 312p.
- Argel, P. J; Miles, J. w; Guiot, J. D. y Lascano, C. E. 2004.** Cultivar Mulato (*Brachiaria* híbrido CIAT 36061): Gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos. CIAT. Cali, Colombia. pp. 1-24.
- Argel, P. J. 2005.** Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. XIX reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. CIAT, Coronado, San José, Costa Rica. pp 42-52.
- CIAT. 1995.** Informe bianual 1994-1995. Programa de forrajes tropicales. Documento de Trabajo No 153.
- Cornide, M. T., Lima, H., Gálvez, G. y Sigarroa, A. 1985.** Genética vegetal y fitomejoramiento. La Habana. Científico – Técnica. pp. 79-101.
- De Andrade, R. P y Ferguson, J, E. 1988.** La calidad de la semilla en el establecimiento de las pasturas. En: RIEPT (eds.) Establecimiento y renovación de pasturas “IV Reunión del comité de asesores de la RIEPT. CIAT. Cali, Colombia. pp 3-7.

- Ferguson J. E. 1979.** Sistemas de producción de semillas de pastos en América Latina. En Tergas L.E. y Sánchez P. A. (Eds). Producción de Pastos en suelos ácidos de los trópicos. CIAT. Cali, Colombia pp 413-423.
- Fisher, M. J., and P. C. Kerridge. 1996.** The agronomy and physiology of *Brachiaria* species. p. 43–52. In J.W. Miles et al (ed.) *Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement*. CIAT, Cali, Colombia.
- Hanna, W. W. and Bashaw, E. C. 1987.** Apomixis: its identification and use in plant breeding. *Crop Sci.* 27: pp. 1136-1139.
- Holmann, F. y Rivas, L. 2004.** Impacto de la Adopción de Híbridos de *Brachiaris* Resistentes al Salivazo Colombia, México y Centroamérica. CIAT. Cali, Colombia. pp. 1-28.
- Holmann, F., Rivas, L., Argel, P. y Pérez, E. 2005.** Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 197. p. 31.
- Hopkinson, J. M. 1977.** Sudado de Semilla de Pastos. Queensland Seed Producers Notes, New Series N° 20. Julio 1977. p. 6.
- Hopkinson, J. M ; de Souza, F. H. D; Diulgheroff, S ; Ortiz, A. y Sánchez. 1998.** Fisiología Reproductiva, Producción de Semilla y Calidad de la Semilla en el Género *Brachiaria*. En: MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B (eds). *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT. Cali, Colombia. Capítulo 8. pp.136 - 155.
- Humphreys, L. R. and Riveros, F.1986.** Tropical pastures seed production Rome: FAO Plant Production and protection. Paper 8.
- Lascano, C. E y Euclides, P. B.1998.** Calidad Nutricional y Producción Animal en las Pasturas de *Brachiaria* En: MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B (eds). *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT Cali, Colombia. Capítulo 7. pp.116-135

- Loch, D. S. y Ferguson J. E. 1999.** Tropical and Subtropical Forage Seed Production. Volumen 2. CABI Publishing. Cali, Colombia. pp 1-39.
- Miles, J. W., Lapointe, S. L. 1992.** Regional germplasm evaluation: A portfolio of germplasm options for the major ecosystems of tropical America. *In: Pastures for the tropical Lowlands: CIAT, Cali, Colombia.* pp: 9-28.
- Miles, J. W., and Valle, C. B. do 1996.** Manipulation of apomixis in *Brachiaria* breeding. p. 164–177. *In: J.W. Miles et al. (ed.) Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement.* CIAT, Cali, Colombia, and CNPGC/EMBRAPA, Campo Grande, MS, Brazil.
- Miles, J. W. y Valle, C. B. do 1998.** Manipulación de la Apomixis en el Mejoramiento de *Brachiaria* En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento.* Ed. MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B. CIAT Cali, Colombia Capítulo 11 pp. 181-195
- Miles, J. W., C.B. do Valle, I. M. Rao, and V. P. B. Euclides. 2004.** *Brachiaria* grasses. *In* L. E. Sollenberger et al. (ed.) Warm-season (C4) grasses. Agron. Monogr. 45. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA. pp. 745–783.
- Muñoz, G., G. Giraldo, J. Fernández de Soto. 1993.** Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo. Pub. No 177. CIAT. Cali, Colombia. pp 174.
- Ndikumana, J. 1985.** Etude de l'hybridation entre especes apomictiques et sexuées dans le genre *Brachiaria*. Disertación para Ph. Université Ph. D. Thesis, Université Catholique de Louvain-la-Nueve, Bélgica. p. 210.
- Nogler, G. A. 1984.** Gametophytic apomixis. *In: B. M. Johri (ed.) Embriology of angiosperms.* New York. Springer-Verlang. pp. 475-518.
- Peralta, M. A. 1990.** Praderas tropicales para la producción de leche: situación actual y perspectivas. En: Seminario internacional sobre lechería tropical. Banco de México. FIRA. Villahermosa, Tabasco. pp. 42-47.

- Peralta, M. A. 2004.** Boletín Informativo (*Brachiaria*: Potencial y oportunidades de Mejoramiento. Iguala, Guerrero. pp 4-12.
- Poblete, V. J., 2008.** Caracterización e Identificación Agronómica, Morfológica, Citoembriológica y Molecular de Híbridos Interespecíficos de *Brachiaria*. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. pp 6-10.
- Renvoize, S. A., W. D. Clayton y C. H. S. 1998.** Morfología, taxonomía y distribución natural de *Brachiaria* (Trinius) Griseb. En: Miles, J. W., B. L. Mass, C. B. Do. Y V. Kumble. (Eds). *Brachiaria*. Biología, Agronomía y Mejoramiento. CIAT Cali, Colombia. pp. 1-17.
- Roche, R.; J. Menéndez y J. E. Hernández. 1990.** Características morfológicas indispensables para la clasificación de especies del género *Brachiaria*. Pastos y Forrajes. 13: 205-222.
- Savidan, Y.H. (2000)** Apomixis: genetics and breeding. Plant Breeding Reviews 18, 13-86.
- Santos, L.. F. 1998.** Producción de semillas: El Punto de Vista del sector Privado Brasileño. En: Miles, J. W., B. L. Mass, C. B. Do. Y V. Kumble. (Eds). *Brachiaria*. Biología, Agronomía y Mejoramiento. CIAT Cali, Colombia. pp. 156-163.
- Swenne, A., B. P. Louant, and M. Dujardin. 1981.** Induction par la colchicine de formes autotetraploïdes chez *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard (Graminée). Agron. Trop. 36:134–141.
- Valle, C. B. do y Miles, J. W. 1994.** Melhoramiento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. En: Peixoto, A. M.; Moura, J. C. de; y Faira, V. P. de (eds.). [Memoria del] XI simposio sobre manejo de pastagem. FEALQ, Piracicaba, SP, Brasil. pp. 1-23.

- Valle, C. B. do y Savidan, Y. H. 1998.** Genética, Citogenética y Biología Reproductiva de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Ed. MILES, J. W, MAASS, B. L. y DO VALLE, C. B. CIAT Cali, Colombia Capítulo 10 pp. 163-180.
- Vera, C. J. 1998.** Descripción y mantenimiento de la identidad en la variedad de maíz CP-V-20 (P.L). Tesis M.C., Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. p. 101.
- Yañez, S y Funes, F. 1989.** Manual práctico para la producción de semillas de Pastos en Cuba. Documento de campo, proyecto PNUD/FAO-CUBA/86/005. Ministerio de agricultura. Universidad de la Habana, Cuba. pp 20-22.
- West, S. H and W. D. Pitman. 2001.** Seed Production Technology of Tropical Forage. In: Rios, S.A. and W. D. Pitman (eds) *Tropical Forage plants: Development and use*, Cap. 9 pp. 143-165.