

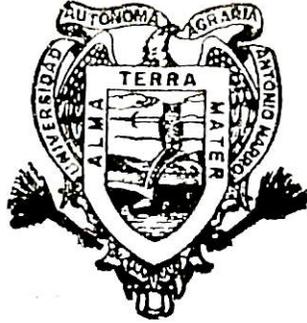
61

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

FECHA DE ADQUISICION	
NUM. DE INVENTARIO	00115
PRESTANCIA	UAAAN
NUM. DE CLASIFICACION	SB
	197.E86
PRECIO	1984
	C.1



EVALUACION DE COLECCIONES DE ZACATE GIGANTE

Leptochloa dubia (H.B.K. NESS) NATIVO
 DE MEXICO BAJO DIFERENTES CRITERIOS
 PARA DETERMINAR RESISTENCIA
 A SEQUIA

TESIS

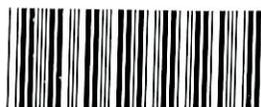
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
 PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
 ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO

POR

ROBERTO ESPINOZA ZAPATA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

T00115



T00115
CID UAAAN

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OPTAR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL: *K. Sathyanarayanaiah*
DR. KURUVADI SATHYANARAYANAIAH

ASESOR: *D. Dharampal Singh*
DR. DHARAMPAL SINGH

ASESOR: *Victor Manuel Serrato*
ING. M.C. VICTOR MANUEL SERRATO CASTRILLÓN

ASESOR: *Alfonso López Benitez*
DR. ALFONSO LÓPEZ BENITEZ

Jesús Torralba El Guezabal
DR. JESÚS TORRALBA EL GUEZABAL
SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO



BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO DE 1984.

BIBLIOTECA
FONDO G. REPOSICIÓN
DE TEXOS
COAHUILA

INDICE DE CONTENIDO

	PAG.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INTRODUCCION	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Conceptos generales y algunos logros en el mejora - miento genético de gramíneas forrajeras.....	5
Resistencia a sequía en las plantas.....	10
Rendimiento.....	13
El sistema radical y la resistencia a sequía.....	14
Resistencia a sequía a través de germinación de se- millas en manitol y otros medios.....	17
Acumulación de betaina, ácido abscisico y prolina - en las plantas.....	19
MATERIALES Y METODOS	22
Evaluación de colecciones de zacate gigante bajo condiciones de sequía.....	22
Estudio del potencial del sistema radical de zacate gigante a nivel planta adulta en invernadero.....	25
Germinación de semillas de zacate gigante bajo di - gerentes presiones osmóticas usando manitol.....	28
Determinación de betaina en colecciones de zacate - gigante.....	31
Clasificación de las colecciones según su resisten- cia o susceptibilidad a sequía.....	31

	PAG.
RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
Evaluación de colecciones de zacate gigante bajo con <u>di</u> ciones de sequía.....	33
Estudio del potencial del sistema radical de zacate gigante a nivel planta adulta en invernadero.....	37
Germinación de semillas de zacate gigante bajo dife- rentes presiones osmóticas usando manitol.....	47
Determinación de betaina en colecciones de zacate gi- gante.....	55
Clasificación de las colecciones según su resistencia susceptibilidad a sequía.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
RESUMEN.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	71

DEDICATORIA

i

A MIS QUERIDOS PADRES

ANGEL ESPINOZA SOSA
CARLOTA ZAPATA DE ESPINOZA

Quienes con amor han luchado incansablemente para dar a sus hijos educación y carrera.

A MI ESPOSA YOLANDA

Quien como compañera de mi vida con paciencia y comprensión, soportara sacrificios apoyándome siempre en la realización de mis estudios. Para ella con amor y cariño.

A MIS HIJOS LUIS ROBERTO

ZOA YOLANDA Y
GERARDO

Que son fe y esperanza en mi vida y quienes motivan mi existencia.

A MIS HERMANOS CONSUELO

RUBEN
ARTURO
ANGEL
EUNICE

Con gratitud, por ser ejemplo en mi vida.

JOSÉ LUIS
CARLOS
PEDRO
MARIBEL Y
ARACELI

A quienes he visto esforzarse para lograr un porvenir mejor.

A MI MAESTRO DR. MARIO CASTRO GIL

A su memoria con respeto y admiración, quien dedicó gran parte de su vida a la noble labor de la enseñanza e investigación.

A G R A D E C I M I E N T O

Mi gratitud y reconocimiento al Programa de Graduados de la Universidad Autónoma Agraria "Antônio Narro", por la oportunidad brindada en la realización de mis estudios.

En forma muy especial a mi Comité Particular de Asesoría:

Dr. Kuruvadi Sathyanarayanaiah

Dr. Dharampal Singh

Ing. M.C. Victor Manuel Serrato Castrillón

Dr. Alfonso López Benitez

por su inapreciable apoyo, orientación y revisión de éste trabajo.

A la Ing. M.S. Leticia Bustamante García por sus valiosas sugerencias en el desarrollo del trabajo de laboratorio.

Al Ing. Regino Morones Reza, por su orientación en los análisis estadísticos del trabajo realizado.

A la CONAZA por su apoyo económico proporcionado.

Al CIQA, particularmente al Ing. Edgar Quero, por su colaboración en la realización de análisis bioquímicos.

Al Ing. Adolfo Ortegón Pérez y demás personal del Programa de Pastos del Depto. de Fitomejoramiento, por su colaboración en la obtención de datos.

A la Srita. Juana María Bocanegra Malacara, por su colaboración en la mecanografía de este trabajo.

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	Nombre y lugar de origen de las colecciones de zacate gigante <i>Leptochloa dubia</i> incluidas en el estudio.	23
2	Análisis de covarianza para rendimiento de forraje en peso seco de zacate gigante bajo temporal 1977-1978.	34
3	Rendimiento promedio de forraje seco de zacate gigante bajo temporal en los años 1977-1978.	35
4	Análisis de varianza para altura de las colecciones de zacate gigante bajo temporal en 1977-1978.	36
5	Promedio de altura y vigor en diferentes colecciones de zacate gigante bajo condiciones de temporal, 1977-1978.	38
6	Análisis de varianza para diferentes características a nivel de planta adulta en invernadero.	39
7	Promedio de diferentes características de zacate gigante bajo condiciones de invernadero.	41
8	Correlaciones fenotípicas entre diferentes características en planta adulta en invernadero.	46
9	Análisis de varianza para germinación de semilla de zacate gigante bajo diferente presión osmótica usando manitol.	48
10	Promedio de germinación en porcentaje de semillas de zacate gigante bajo diferente presión osmótica usando manitol.	50
11	Significancia para la interacción entre colecciones y presión osmótica.	51

CUADRO

PAG.

12	Porcentaje promedio de humedad en los perfiles de suelo correspondientes a las parcelas muestreadas para análisis de betaina.	56
13	Análisis de varianza sobre el contenido de betaina en las colecciones de zacate gigante.	57
14	Porcentaje promedio de contenido de betaina en las colecciones de zacate gigante bajo condiciones de sequía.	57
15	Correlaciones simples entre diferentes parámetros de sequía en zacate gigante.	59
16	Promedio de diferentes características relacionadas con resistencia a sequía en zacate gigante.	61
17	Clasificación de las colecciones de zacate gigante por su resistencia a sequía según características estudiadas.	62

INDICE DE FIGURAS

iv

FIGURA		PAG.
1	Gráfica representativa de la tendencia general de la germinación de las colecciones de zacate gigante.	52
2	Tendencia de la germinación de las colecciones através de los diferentes niveles de presión - osmótica.	53

INTRODUCCION

Un número importante de especies forrajeras constituye el principal apoyo de la actividad ganadera en las zonas áridas y semiáridas de México, sin embargo, en la actualidad, millones de hectáreas demandan con urgencia una recuperación del pastizal a base de resiembras parciales o totales con especies de gramíneas forrajeras que ayuden a detener la erosión del suelo y a mejorar su productividad; para ello se requieren grandes volúmenes de semillas de diversas especies las cuales actualmente se tienen que importar del extranjero y en la mayoría de los casos, son variedades no exactamente las mas recomendables para los ecosistemas donde necesitamos utilizarlas, trayendo consigo además fugas de divisas por concepto de importación.

Hernández y Ramos (1968) señalan que un programa de mejoramiento de plantas forrajeras debe tener como objetivos: la búsqueda, selección y formación de variedades forrajeras con alta capacidad de adaptación, debiéndose conjugar además, características favorables para su óptima conversión por el instrumento animal, así como también observaciones fenológicas, citológicas, bromatológicas y agronómicas de las especies potenciales cuyas observaciones deberán auxiliar el proceso de selección. En México, los esfuerzos para la formación de variedades de especies de zacates nativos apenas se inicia. La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" después de la formación de variedades en zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), inició también colectas de germoplasma de zacate gigante para su evaluación bajo condiciones de aridez.

El zacate gigante (*Leptochloa dubia*) es un zacate nativo de México, muy aceptado por el ganado y de buena calidad forrajera. Aunque se encuentra distribuido en zonas de baja precipitación, es menos resistente a la sequía que otras especies de zacates tales como; banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita (*Bouteloua gracilis*) y zacaton alcalino (*Sporobolus airoides*) entre otros; es considerado además como una especie potencial para desarrollar variedades rendidoras que puedan ser utilizadas en regiones con escasa humedad.

Muchas especies, debido a la selección natural a través de miles de años han adquirido diferentes formas de adaptación que les provee de la capacidad para crecer y desarrollarse en zonas áridas y en las cuales no se ha hecho mejoramiento genético. Por medio de evaluaciones y selección podemos rápidamente alcanzar progresos significativos para la formación de variedades con mayor rendimiento, tal es el caso de la especie que nos ocupa.

Resistencia a sequía en la plantas es una característica compleja controlada por rasgos morfológicos, fisiológicos, anatómicos y genéticos. El sistema radical encargado de absorber y transportar el agua obtenida del suelo, es determinante en la resistencia a sequía. El contenido de betaina en la planta germinación de semillas en alta presión osmótica, área foliar, capacidad de agua retenida en las hojas influyen también en la capacidad de respuesta hacia sequía. La literatura no proporciona información sobre resistencia a sequía en el zacate gigante, se desea por ello, estudiar en la presente investigación bajo condiciones de laboratorio, invernadero y de campo, características que contribuyen a la resistencia a sequía contemplando los siguientes objetivos:

- Identificar genotipos de zacate gigante con resistencia a sequía bajo criterios de estudio como rendimiento de forraje en el campo en condiciones de temporal, potencial de masa radical,

germinación de semillas bajo diferente presión osmótica y contenido de betaina.

- Estimar correlaciones entre diferentes parámetros relacionados con la resistencia a sequía.
- Determinar áreas potenciales como mejores fuentes de germoplasma de zacate gigante en México.

REVISION DE LITERATURA

El zacate gigante (*Leptochloa dubia*, H.B.K. Ness) es un zacate perenne compacto, firme sin estolones o rizomas, con tallos en su mayoría de 30 a 110 cm de altura no ramificado sobre su base. La lígula es una membrana de cerca de 0.5 mm de largo. Hojas verde azuladas sin vello, ásperas o con vellos esparcidos, de 5 a 30 cm de largo y de 2 a 6 mm de ancho con frecuencia enrolladas hacia dentro. Inflorescencias con 2 a 15 ramas no ramificadas de 4 a 12 cm de longitud, flexibles, juntas o abiertas bien espaciadas en los 5 a 20 cm superiores de la caña o tallo. Espigas subsésiles y ligeramente sobrepuestas en la rama, solitarias en los nudos con 2 a 8 flores. Glumas lanceoladas sin barbas, la segunda gluma usualmente de 4 a 5 mm de longitud, la primera ligeramente más corta. Lemas anchas redondeadas en la parte posterior y número de cromosomas reportados de $2n = 40, 60$ y 80 . Se encuentra en sitios abiertos con altura de 2,500 a 6,000 pies sobre el nivel del mar. Se distribuye en Texas, Oklahoma, Arizona y México, reportado desde el sur de Florida hasta Argentina. Su floración se lleva a cabo de mayo a noviembre dependiendo de la precipitación, regularmente las plantas de *Leptochloa dubia* desarrollan espiguillas cleistógamas perfectas en las axilas de las cubiertas inferiores. Esta altamente diseminada, es altamente palatable y se presenta usualmente en poblaciones mezcladas (Gould, 1975). En México se encuentra distribuida en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Nuevo León, Querétaro y Jalisco.

Conceptos Generales y Algunos Logros en el Mejoramiento Genético en Gramíneas Forrajeras.

El mejoramiento genético de gramíneas forrajeras no ha tenido rápido progreso como en el caso de muchas otras especies, probablemente debido a que se les ha considerado como especies de menor importancia económica y alimenticia, sin embargo, afortunadamente esta situación está cambiando y se está reconociendo el verdadero valor que los pastos tienen como fuente de alimento para el ganado y como alternativa en la conservación de los suelos. El fitomejorador de gramíneas forrajeras tiene que afrontar una larga serie de dificultades como las que se observan en la polinización, irregularidades en su fertilización, producción de semillas, problemas relacionados con la evaluación y conservación de los nuevos tipos (Johnson 1966). Varios investigadores (Poehlman, 1976; Hernández, 1968 y González, 1982) citan una relación de dificultades que es importante conocer como antecedentes para hacer mejoramiento en especies forrajeras.

- 1.- La mayor parte de las plantas forrajeras son alógamas, lo que hace difícil la propagación y mantenimiento de líneas.
- 2.- Muchas especies son autoincompatibles, por lo tanto la autofecundación se ve limitada.
- 3.- Los órganos florales de muchas especies son muy pequeños lo cual dificulta la hibridación artificial.
- 4.- Algunas gramíneas presentan el fenómeno de apomíxis.
- 5.- Un gran número de especies forrajeras producen muy poca semilla o las que producen son de muy baja viabilidad.
- 6.- Las especies forrajeras por lo general producen plántulas débiles lo cual dificulta el establecimiento y la obtención de buenas poblaciones.

- 7.- La evaluación de plantas o líneas seleccionadas se basa en plantas individuales o en surcos y su comportamiento se desvirtúa con su establecimiento en pradera.
- 8.- La evaluación individual no refleja el comportamiento en asociaciones.
- 9.- Existe gran variación en el comportamiento, según el sistema de pastoreo que se utilice.
- 10.- Se dificulta el establecimiento de poblaciones libres de invasoras.
- 11.- La semilla de algunas especies presentan largos períodos de latencia.
- 12.- Suele realizarse el establecimiento de poblaciones en viveros lo cual aumenta el costo y se reduce el tamaño de las poblaciones.
- 13.- Las especies forrajeras perennes requieren para su evaluación varios años, por lo mismo se retarda el progreso en su mejoramiento.
- 14.- No ha sido posible establecer métodos básicos correctos para el mejoramiento fundamentados en una basta experiencia o en datos obtenidos en la investigación.

Los objetivos generales deseables de considerar en un programa de mejoramiento según algunos investigadores pueden resumirse en los siguientes: facilidad de establecimiento, persistencia, alta y prolongada producción forrajera, alta calidad aprovechamiento por el animal. Como objetivos específicos para el mejoramiento de gramíneas forrajeras del árido mexicano, González (1982) señala como importantes: vigor de plántula, facilidad de establecimiento, tolerancia a sequía en estado de plántula y producción de semilla.

Pocos estudios genéticos se han realizado en especies fo-

rrajeras, sin embargo, su composición genética se ajusta a los principios descritos para especies autógamas y alógamas (Poehlman, 1976). El mejoramiento de los forrajes es complejo y difícil debido principalmente al problema de evaluación del material base para que se adapte a las muy diversas finalidades para que se produzcan las cosechas forrajeras y por el tiempo que se necesita para la evaluación de una sola generación mejorada.

En el mejoramiento de las plantas forrajeras el sistema de reproducción define en una parte la metodología que debe utilizarse, agrupándose los métodos de mejoramiento en forma general; en método para especies autógamas y métodos para especies alógamas o de polinización cruzada. Poehlman (1976) indica que el mejoramiento en plantas autógamas se basa en la suposición de que las plantas individuales dentro de una población normalmente autógama, serán homocigóticas y que se pueden obtener líneas idénticas a partir de plantas sobresalientes seleccionadas dentro de poblaciones o en progenies de origen híbrido, indica también como métodos utilizados para mejoramiento de plantas autógamas; la introducción, selección e hibridación. En plantas alógamas el mismo autor indica que los métodos están menos definidos que para otras especies como maíz y que el establecimiento de métodos de mejoramiento en especies alógamas forrajeras ha seguido en gran parte un proceso de adaptación de los métodos utilizados con éxito en otras especies desechando los menos eficaces y modificando otros. Introducción, selección, formación de variedades sintéticas e hibridación se señalan como métodos de mejoramiento para plantas forrajeras alógamas.

La selección natural es la base principal de la evolución de las especies, actúa a través de todos los factores que constituyen el medio ecológico. No todos los individuos dentro de una especie son iguales y la sobrevivencia debe estar determinada por algún sistema de selección que ha permitido que sobre-

vivan individuos que tienen algunas ventajas en competencia con otros, en el caso de los pastos naturales, y aún en algunos cultivados se pueden encontrar ecotipos que han sido seleccionados tanto por la acción de factores climáticos como por su resistencia al pastoreo (Brauer, 1978).

Algunos resultados importantes en el mejoramiento de especies de gramíneas forrajeras han sido observados por diferentes investigadores y como lo indican Hernández y Ramos (1968), el estudio, selección y mejoramiento genético de nuestras especies forrajeras de las zonas climatológicas BW, BS y A (Zonas árida, semiárida y de riego), presenta uno de los campos que mayores probabilidad de éxito ofrece al fitomejorador.

Claverán (1968) indica que cuando se plantean programas de mejoramiento debe hacerse especial énfasis en el concepto de ecotipo de especies forrajeras nativas, por las implicaciones genéticas de la selección del material con características deseables tanto cualitativas como cuantitativas. Castro et al. (1983) hace resaltar que ha sido posible identificar materiales nativos de banderilla (*Bouteloua curtipendula*), zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) superiores que igualan o superan en capacidad de producción de forraje y semilla, permanencia verde, velocidad de crecimiento y contenido de fibra al comparar materiales colectados con variedades comerciales americanas existentes.

Breese y Hayward (1972) citados por González (1982) mencionan que en Gran Bretaña mediante descubrimientos y explotación de ecotipos ya existentes en forma natural algunos de los primeros investigadores en este tipo de especies hicieron rápido mejoramiento.

La factibilidad de desarrollar tipos forrajeros mejorados de zacate banderilla mediante la selección y multiplicación de ecotipos superiores ha sido indicado por Serrato (1977). Las variedades mexicanas AN-Sel.-75 y Chihuahua-75 fueron formadas

en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" a partir de colecciones y selección hecha en esta especie. El mismo autor cita a Newel et al. (1962) quienes reportan que mediante la mezcla de dos colecciones de alto rendimiento y superiores en vigor de plántula y establecimiento dió origen a la variedad Butte. La variedad Premier de zacate banderilla fue formada también a partir de colecciones realizadas en 1953 y la variedad Lovington de zacate navajita desarrollada partiendo de semillas colectadas en 1944 en Lovington, Nuevo México (Anónimo 1960 y 1964).

Ganancias del 6% en rendimiento de forraje por ciclo han sido reportadas por Burton (1948) aplicando selección masal fenotípica recurrente en zacate pensacola Bahiagrass (*Paspalum notatum*); semejante metodología es aplicada por Vogel (1977) en especies de zacates perennes como bromo, switchgrass (*Panicum virgatum* L.), big bluestem (*Andropogon gerardii*), sand bluestem (*Andropogon hallii*), zacate indio (*Sorghastrum nutans*) y otros.

Poehlman (1976) señala algunas especies que han sido mejoradas através de selección masal como zacate festuca, Kentucky-31 y de zacate bromo la variedad Achenback. Por selección y multiplicación asexual de una planta híbrida F_1 entre pasto bermuda Tift y una introducción de Africa, se obtuvo el pasto Bermuda de la Costa.

En la evaluación de clones y progenies de *Panicum virgatum* para su mejoramiento, Newel y Eberthart (1961) concluyen que las correlaciones fenotípica; y genotípicas encontradas entre características observadas indican efectividad en la selección para importantes caracteres en el desarrollo de variedades mejoradas.

Desde el punto de vista del fitomejoramiento, no únicamente es necesario la sobrevivencia sino también considerar ren-

dimiento relativo bajo buena humedad y bajo sequía (Cortéz, 1981). Alta producción de forraje es considerada una característica fundamental en cualquier variedad forrajera mejorada. Para obtener rendimientos máximos de forraje se necesita rápida recuperación, resistencia a sequía, frío, calor, enfermedades, insectos y alta capacidad para competir con malas hierbas y otras especies. La persistencia o longevidad de las plantas forrajeras es esencial para mantener una población densa durante mucho tiempo y la resistencia a sequía es factor importante para la supervivencia de muchas gramíneas que tienden con frecuencia a interrumpir su crecimiento durante los períodos secos y altas temperaturas, pero tienen la capacidad para reiniciar su crecimiento cuando disponen nuevamente de humedad (Poehlman, 1976).

Resistencia a Sequía en las Plantas

Maximov (1946) define resistencia a sequía, como la capacidad que tienen las plantas para minimizar la reducción del rendimiento bajo condiciones de déficit de agua.

En las plantas la resistencia a sequía puede deberse a mecanismos como: escape, evitación y tolerancia. En escape no se da una capacidad necesaria para enfrentar sequía, lo que sucede es que las plantas con ciclo corto terminan su desarrollo antes de que estas sean afectadas por períodos de escasés de agua. La evitación a la sequía por otro lado se presenta como un mecanismo en el que la planta aunque se encuentre en un medio con falta de humedad, la célula se mantiene con un contenido de agua adecuado; para esto la planta debe tener algún sistema radical profundo, mayor proporción raíz/vástago menor pérdida de agua por su comportamiento estomático, rapidéz en el cierre estomatal, cutícula gruesa o encerada, reducción en la temperatura de hojas y reducción en área de transpiración. En tolerancia a sequía la planta logra sobrevivir con bajo poten-

cial hídrico en sus tejidos depende para ello; de tamaño de célula, viscosidad del citoplasma y permeabilidad de la pared celular principalmente. La evitación o sequía es el mejor mecanismo dado que la planta además de sobrevivir la sequía, es capaz de continuar su metabolismo, crecimiento y desarrollo aún con períodos largos de déficit de agua (Levitt, 1972).

Moss et al. (1974) mencionan los factores que controlan el uso de agua en las plantas las cuales pueden ser modificados genéticamente:

<u>En la hoja</u>	<u>En estomas</u>
Orientación	Densidad
Pubescencia	Tamaño
Reflección	Comportamiento
Coloración	
Area foliar total	<u>Fotosíntesis</u>
Tamaño	Intensidad
Duración	C ₃ vs C ₄
Espesor de hoja	
Senescencia	<u>Brotos y tallos</u>
<u>En las raíces</u>	<u>Fructificación</u>
Absorción de agua	Duración
Transporte del agua	Relación de Transpiración.
Pelos absorbentes	Tasa de crecimiento
Habilidad de crecer en suelo seco	Efecto de temperatura
Aireación interna	
Tasa de penetración	<u>Barbas</u>
Tamaño (diámetro y longitud)	Longitud
Ramificación	Diámetro
Respiración	
Reacción a temperatura	<u>Maduración</u>
	<u>Respiración</u>
	<u>Suculencia</u>

Indica Maximov (1946), que la selección de tipos resistentes a sequía es difícil en virtud de la complejidad de las condiciones y por existir diversas clases de resistencia a sequía. Muñoz (1980) divide las metodologías para seleccionar genotipos tolerantes a sequía en: 1) de laboratorio e invernadero y 2) de campo. Las primeras incluyen la selección por tolerancia a la presión osmótica y selección por tolerancia a marchitez permanente y sistema riego-sequía para condiciones de campo.

Gómez (1983) señala que las plantas sujetas a altas tasas de evapotranspiración pueden poseer diferentes adaptaciones y habilidades con las cuales logran mayor eficiencia en el uso del agua. Algunas difieren por su ciclo de vida, otras se adaptan a la absorción del agua en capas superficiales o profundas del suelo. Otras más modifican su superficie foliar y ritmo estomático para lograr óptimo aprovechamiento del agua y nutrientes, existiendo inclusive plantas que combinan una forma particular de absorción foliar con una fisiología normal para crecer bajo condiciones extremas de aridez. Concluye este autor que la eficiencia en el uso de agua puede ser un criterio útil para el desarrollo ecológico y económico de cultivos y plantas útiles en zonas áridas y semiáridas.

En estudios realizados por el Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en Chapingo, México, sobre agua en plantas con énfasis en sequía a nivel biológico se proponen parámetros (diferentes a los taxonómicos) que deben acompañar a la descripción de una especie vegetal de interés agronómico que se diga resistente a sequía a saber: 1) comportamiento estomatal, 2) si posee ajuste osmótico y de qué magnitud, 3) su eficiencia de uso de agua, 4) eficiencia radical y 5) tipo de resistencia a la sequía que se propone para el material (Larqué, 1983).

Muñoz (1983) al explicar algunos principios fundamentales

que normen el criterio en el manejo de resistencia a sequía, señala que la resistencia a sequía se puede evaluar mediante dos componentes: la debida al potencial genético promedio y la de la interacción de la componente genética por las variaciones de sequía; la resistencia a sequía comprende las variaciones entre grupos filogenéticos, las variaciones através del desarrollo ontogénico y la interacción de ambos, los factores genéticos pueden dividirse en genes directamente involucrados en la síntesis del rendimiento y aquellos que mejoran la condición interna de la planta, finalmente, la resistencia según este autor comprende tres tipos básicos: la tolerancia, evasividad y el escape a sequía.

Para que las especies forrajeras sean valiosas no solo deben ser capaces de sobrevivir y reproducirse bajo las condiciones locales de clima y suelo, sino que deben también producir altos rendimientos de forraje de acuerdo con el sistema de explotación y puedan al mismo tiempo multiplicarse fácilmente y ponerse al alcance del agricultor. La obtención de tales extirpes o variedades mejoradas implica lo siguiente: 1) recolección del material, 2) selección de progenitores, 3) ensayos genealógicos y 4) multiplicación de semillas. La secuencia variará de acuerdo con el presente estado de la agricultura a base de pastos en la región (Whyte et al, 1959).

Rendimiento

Los ensayos de rendimiento constituyen una prueba de las más confiables para determinar resistencia a sequía y estos deben ser conducidos bajo condiciones naturales típicas de sequía, algunos investigadores consideran que tanto en condiciones favorables como en condiciones desfavorables, el rendimiento es el objetivo principal como parámetro más importante en la selección para resistencia a sequía. En el mejoramiento genético para resistencia a sequía, resulta más importante me-

jorar para mayor rendimiento en condiciones adversas que en condiciones favorables considerando de esa manera la capacidad de la planta para rendir alto en climas semiáridos (Hurd, 1971).

Sandu y Laude (1958) trabajando con cinco variedades de trigo observaron que la resistencia al calor y a la sequía, estaba estrechamente asociada con altas proporciones de raíz/vástago, baja pérdida de agua en plantas cortadas y mejores rendimientos de campo bajo condiciones de sequía.

Sobre selección masal estratificada aplicada en maíz, Molina (1980) concluye, que para mejorar resistencia a sequía cuando se usa el rendimiento como criterio de selección la selección masal estratificada es una metodología eficiente y que el efecto de selección se manifiesta más cuanto más drástica es la sequía.

Según Hurd et al. (1972) los ensayos de rendimiento de generaciones tempranas de trigo conducidas bajo condiciones de estres de humedad, son efectivos en la selección de características asociadas con rendimiento bajo tales condiciones, cita como ejemplo un extenso sistema radical.

El Sistema Radical y la Resistencia a Sequía

Aunque la cantidad de agua utilizada por las plantas es una función del clima y está determinada principalmente por radiación solar, las especies pueden variar notablemente en su tolerancia a sequía. La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo cuando la disponibilidad de agua es limitada es una característica de cada especie, esta capacidad suele estar relacionada con la profundidad y extensión de la raíz (Sprague y McClaud, 1978).

Singh (1980) menciona que los caracteres, modelos y creci-

miento de la raíz han sido usados en distintos cultivos particularmente en cebada, trigo y algodón. Souza et al. (1983) señalan que la importancia del crecimiento del sistema radical como un mecanismo fisiológico para evitar la deshidratación, ha sido observada por muchos investigadores.

Nour et al. (1976) en sorgo para grano encontraron que el peso de la raíz mostró ser la característica más indicativa y más fácil de determinar cuando se trata de identificar líneas resistentes a sequía aunque la técnica involucre una considerable cantidad de tiempo y trabajo.

Sathyanarayanaiah (1983) estudiando el potencial radical en trigo duro através de rizotrones encontró diferencias altamente significativas entre genotipos para masa total de raíces en perfiles de 60 a 120 cm y también de 90 a 120 cm. No encontró diferencias significativas en profundidad de 0 a 60 cm. Los genotipos con la máxima cantidad de raíces en perfiles de 60 a 120 cm cubrieron más áreas de absorción y tienen una ventaja adicional en la seguridad de conseguir agua y nutrientes y podrían evitar la sequía.

Amplia variabilidad genética entre genotipos de sorgo ha sido reportada por Beltrán (1983) al estudiar características del sistema radical, pérdida de agua en hojas cortadas y ensayos de rendimiento (sequía y riego). Reporta también haber encontrado correlaciones de gran magnitud para longitud de raíz seminal y número de raíces mayores de 40 cm con el resto de las características del sistema radical a excepción de la proporción raíz/vástago. Encontró también que longitud de raíz seminal y suma de excedentes después de 40 cm, fueron los que mostraron mayor asociación con el resto las características (número de raíces; nodales, raíz nodal más larga, suma de excedentes después de 40 cm rendimiento bajo sequía y riego entre otras) concluye el autor que lo anterior hace pensar en practicar selección indirecta para rendimiento por selección previa sobre raíces en invernadero.

Hurd (1974) indica que en trigo un sistema radical extenso está asociado con resistencia a sequía y que la selección para alto rendimiento bajo condiciones de déficit de agua selecciona para un sistema de raíces mas grande, sugiriendo al mismo tiempo que en un programa de mejoramiento sistemático selección para sistema radical favorable, contribuirá para obtener altos rendimientos bajo déficit de humedad.

Al estudiar varios caracteres del sistema radical en 10 variedades de sorgo Nour y Weibel (1976) utilizaron bolsas de plástico rellenas con arena lavada colocadas en una cámara de crecimiento, a las tres semanas de edad se tomaron los datos encontrando diferencias significativas para todos los caracteres en general, las variedades más resistentes a sequía mostraron pesos más altos de raíz.

Kauter (1933) mencionado por Whyte et al. (1959) encontró que las plantas de las dos especies de rápido establecimiento, *Arrhenatherum elatius* y *Lolium multiflorum*, estaban dotadas de raíces más profundas y producían un peso mayor de raíces durante los primeros meses de desarrollo que las especies tardías como *Festuca pratensis* y *Phleum pratense*.

Entre otros Levitt (1952) menciona que en *Bromus inermis* zacate muy usado como forraje en lugares con limitaciones de lluvia, se han seleccionado variedades con raíces mas grandes y abundantes, que permiten aprovechar mejor el agua del suelo y presentan por lo tanto mayor resistencia a la sequía que otros.

Al estudiar el comportamiento de 5 gramíneas forrajeras de edad relativamente joven: zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), Azulado Caddo (*Panicum virgatum*), indio (*Sorghastrum nutans*), azulado gigante y azulado chico, Dalrymple y Dwyer (1980) encontraron que los pesos de raíces y brotes discreparon de una especie a otra. En todos los casos la pro-

ducción de raíces fue mayor que la de los brotes.

Tischler y Monk (1980) señalan que el establecimiento de zacate Klein es reducido debido a su inadecuado sistema radicular y al estudiar las características de crecimiento de raíz primaria y la variabilidad en el número de raíces adventicias en el internudo del coleoptilo encontraron que el número longitud de raíces basales y adventicias fue independiente de la longitud de la raíz primaria. El zacate Klein parece ser variable para ambas características: crecimiento de raíz primaria y para crecimiento de raíces adventicias. Diferencias en ambos rasgos pueden ser usados en mejoramiento de plantas para incrementar el establecimiento de plántulas.

Resistencia a Sequía Através de Germinación de Semilla en Manitol y otros Medios

La humedad para la germinación es de vital importancia para que las plántulas logren su establecimiento en suelos secos o con poca humedad. La germinación constituye la fase inicial para la obtención de plántulas y condiciones simuladas de sequía pueden aplicarse a las semillas con objeto de conocer su potencial de establecimiento. Caracteres importantes necesarios en la mayoría de las gramíneas son: alta germinación, un establecimiento rápido y uniforme de plántulas.

Singh (1980) señala que la germinación pobre bajo condiciones de estrés de agua es responsable de bajos rendimientos y correlaciones de porcentaje de germinación bajo estrés osmótico con experimentos de campo han sido reportados por diferentes investigadores, entre ellos se menciona a Uhvits (1946) como uno de los primeros en usar manitol como un soluto para producir soluciones de diferentes potenciales osmóticos.

Lima (1978) estudió la respuesta a sequía en frijol, utilizó para ello 3 métodos para medir resistencia; 1) variación del

potencial mátrico de humedad del suelo; 2) germinación de semillas y crecimiento de plántulas en soluciones de manitol a diferentes presiones osmóticas; 3) prueba de índice de estabilidad de clorofila, indicando que el manitol dió el mejor resultado para los estudios de resistencia a sequía. Observó disminuciones en 1% de germinación en las variedades Carioca, P-748-7, P-750-A cuando fueron sometidos a tensiones osmóticas de 3 atmósferas pero la variedad P-749-A no se afectó por tensión de humedad del suelo, aún cuando se sometió a 5 atmósferas en ambos métodos.

Al someter semillas de frijol a condiciones crecientes de presión osmótica de 3.5, 7.2, 11.0 y 16.5 atmósferas durante la germinación mediante el uso de polietilenoglicol-6000 Maglhaer y Carelli (1972), encontraron que el estres de agua tuvo un efecto muy grande disminuyendo la germinación total, el crecimiento de raíces y crecimiento de la plántula aún a 3.5 atmósferas; sugieren que existe una gran susceptibilidad del frijol para germinar bajo condiciones limitadas de agua.

Williams et al (1967) compararon híbridos y líneas autofecundadas de maíz bajo sequía en laboratorio usando solución de manitol a 15 atmosferas de presión osmótica en cajas petri. Después de 6 días a 100% de humedad relativa y a 30°C de determinaron el porcentaje de germinación encontrando una correlación positiva altamente significativa ($r = 0.65$) con rendimiento de los genotipos en el campo, indicaron que la metodología de presión osmótica con solución de manitol es una base metodológica para identificar resistencia a sequía.

En resultados obtenidos por Kaul citado por Hurd (1975) a través de germinación de semilla de trigo en solución de manitol a presión osmótica de 20 atmósferas obtuvo 49% de germinación para la variedad Pitic-62, 27% para Manitoua, 5% para Giza y 3% para Carazinho, lo cual demostró substanciales diferencias entre cultivares de trigo.

Knipe (1980) al estudiar la germinación de semillas de zacatón alcalino, galleta y navajita en soluciones de manitol representando tensiones de humedad de 0, 1, 4, 7, 13 y 16 atmósferas, encontró que la tensión de humedad afectó notablemente el vigor de las plántulas. Las tensiones de humedad por encima de 1 atmósfera disminuyeron el vigor de plántulas de zacatón alcalino y navajita. Las tensiones por encima de 4 atmósferas disminuyeron el vigor de plántulas de zacate galleta.

Tapia y Schmutz (1970) en pruebas de germinación con manitol en tres especies de zacates del desierto, concluyen que en *Eragrostis lehmanniana* la germinación decreció al incrementar la tensión osmótica. En contraste con *Trichachne californica* y *Setaria macrostachya* que fueron bastante resistentes no apreciándose efectos adversos drásticos sino hasta 12 atmósferas.

Acumulación de Acido Abscisico, Prolina y Betaina en las Plantas

Se ha estudiado el contenido de varios metabolitos en algunas plantas, encontrándose en forma general asociación positiva con resistencia a sequía, tales determinaciones según Hanson et al (1978) pueden ser usados como criterio de selección en mejoramiento de plantas para incrementar resistencia a sequía. Se ha descubierto a nivel metabolico la aptitud de las plantas para acumular un regulador de crecimiento como ácido abscisico en plantas bajo sequía es diferente entre cultivos de una misma especie y que la resistencia a sequía puede deberse a una diferente acumulación de ácido abscisico.

Wright (1969) citado por Rodríguez (1983), indica que existen evidencias inequívocas de que el ácido abscisico, hormona producida endogenamente por las plantas, se acumula en grandes cantidades en respuesta a déficit de humedad. Se ha observado

también que este ácido juega un papel regulador de la apertura estomatal en plantas que se desarrollan en condiciones de escasa humedad.

La acumulación de prolina en las plantas también ha sido utilizado para encontrar diferencias varietales por ejemplo Barnett y Naylor (1966) observaron diferencias de acumulación de prolina en hojas de plantas bajo sequía en zacate bermuda a lo que sugieren que el contenido de prolina en la hoja es una medida útil para determinar resistencia a sequía. Sin embargo, Townley-Smith y Hurd (1977) sugieren que la relación entre prolina y resistencia a sequía necesita clarificación antes de que se pueda confiar en contenido de prolina como prueba de resistencia a sequía.

La acumulación de betaina ha sido reportada también en hojas de distintas especies tolerantes a salinidad que han sido expuestas a altas concentraciones de NaCl, Coughlan (1982), Hanson y Wyse (1982) y Pan et al. (1981), indicaron que el nivel de betaina puede aumentar en las partes aéreas de la planta en respuesta a la salinidad o déficit de agua en el suelo. El contenido de betaina aumenta en respuesta a sequía en variedades de remolacha azucarera, espinacas y en algunas quenopodáceas halófitas.

Hits et al. (1982) señalan resultados de campo consistentes para acumulación de betaina en cebada con valor adaptativo en condiciones de estrés de agua prolongados. Si hay variación genética sobre potencial para acumular betaina, este hecho puede ser un criterio valioso en el mejoramiento para resistencia a sequía.

Para obtener información genético-fisiológica sobre el valor de adaptación y acumulación de betaina entre diferentes genotipos de *Hordeum vulgare* y *Hordeum spontaneum*, Ladyman et al. (1983) encontraron variación significativa para nivel de betaina cuando la planta estaba espigando aunque no se obser-

varon diferencias significativas en su contenido de agua. Los genotipos que acumularon alto o bajo nivel de betaina en ambientes controlados acumularon alto o bajo nivel de betaina en el campo. La correlación de genotipos en dos ambientes fue altamente significativa ($r = 0.71$). Estos resultados indican que variabilidad genotípica para nivel de betaina es expresado en ambientes controlados y en el campo, y que esta variabilidad no solo es para contenido de agua, por lo tanto, estudios de adaptación genético-fenológicos pueden ser posibles por el papel que desempeña betaina.

Ford y Wilson (1981) concluyeron que las especies de pastos tropicales como green panic y buffel acumularon betaina como respuesta al estres de agua. La acumulación de betaina aumentará la adaptación de la planta en condiciones de estres y actua como no tóxico para el citoplasma de la célula o como protector contra la inactividad enzimática.

MATERIALES Y METODOS

Para lograr los objetivos planteados en el presente trabajo, se llevaron a cabo cuatro experimentos:

Evaluación de colecciones de zacate gigante bajo condiciones de sequía.

Estudio del potencial del sistema radical de zacate gigante a nivel de planta adulta en invernadero.

Germinación de semilla de zacate gigante bajo presiones osmóticas diferentes usando manitol y

Determinación del contenido de betaina en colecciones de zacate gigante.

Evaluación de Colecciones de Zacate Gigante bajo Condiciones de Sequía.

Con el objeto primordial de detectar mayor potencial de adaptación y alto rendimiento de zacate gigante bajo condiciones de sequía en el campo, durante 1977 y 1978 se evaluaron 12 colecciones originarias de ocho diferentes estados de la República Mexicana incluyendo además un testigo. La semilla de los materiales o colecciones utilizadas, fue colectada en masa en cada localidad o estado según se indica en el Cuadro 1. Dado que en México no se cuenta en la actualidad con variedades mejoradas en esta especie se utilizó como testigo semilla que fue posible conseguir a través de un distribuidor del estado de Texas en Estados Unidos; dichos materiales cubren un amplio

rango de distribución, por lo que se considera representan amplia variabilidad genética.

El estudio se desarrolló en terreno del campo experimental "Mardoqueo Ramos Ibarra" de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", situado a treinta y dos kilómetros al norte de la población de Ocampo, Coah., latitud 27°19'N, longitud 102°23' W, altitud de 1200 msnm, precipitación anual de 270.3 mm, tipo de clima BWkw, seco, templado, muy extremo con lluvias escasas todo el año pero más abundantes en el verano (Mendoza, 1983). La superficie del campo experimental es plana, suelos de origen aluvial con textura migajón limoso medianamente alcalino, contenido de materia orgánica de mediano a rico, donde el tipo de vegetación corresponde a matorral desértico micrófilo, rocetófilo y pastizal halófito.

Cuadro 1. Nombre y lugar de origen de las colecciones de zacate gigante (*Leptochloa dubia*) incluidas en el estudio.

Colección	Origen
Zacatecas-51	Zacatecas
Zacatecas-7	Zacatecas
Chihuahua-22	Chihuahua
Chihuahua-30	Chihuahua
Chihuahua-120	Chihuahua
Chihuahua-188	Chihuahua
Durango-39	Durango
Coahuila	Coahuila
Narro	Coahuila
Aguascalientes	Aguascalientes
San Luis Potosí-190	San Luis Potosí
Jalisco-64	Jalisco
Testigo	Texas E.U.A

La preparación del terreno constó de barbecho, rastreo y

surcado, habiéndose realizado la siembra el día 23 de abril de 1976 depositando una semilla cada 10 cm, para la germinación y el establecimiento fue necesario un riego quedando el experimento posteriormente bajo condiciones de temporal. Por cada parcela experimental se sembraron cuatro surcos de cinco metros de largo con una separación entre surcos de .90 m utilizando como diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones. La precipitación ocurrida durante 1976 fue de 242.5, en 1977 de 251.5 mm y en 1978 de 541.6 mm. Con el objeto de eliminar mas hierbas y otros zacates indeseables durante el desarrollo de las plántulas, se dieron algunas escardas y limpias o deshierbes con azadón y a mano; no se fertilizó en ninguno de los dos ciclos de prueba.

Las observaciones experimentales fueron:

Establecimiento. Se midieron los metros de área cubierta por plantas.

Altura de planta. Se tomaron y promediaron 3 lecturas en cada parcela, haciendo las mediciones desde la base de las plantas hasta donde llegaron la mayoría de las espigas producidas.

Vigor de planta. Fue determinado visualmente en base a una escala de 1-5 considerando el valor del 1 para vigor excelente, 2 bueno, 3 regular, 4 pobre y 5 muy pobre.

Rendimiento de forraje. Fue obtenido en peso seco después de haber cortado el forraje de cada parcela a 10 cm de altura.

Dado que el establecimiento de las plantas fue diferente en todo el experimento, los datos de rendimiento fueron analizados y ajustados por covarianza de acuerdo al modelo estadístico siguiente:

Modelo estadístico del diseño bloques al
azar con covarianza

$$Y_{ij} = \mu + R_j + \zeta_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \xi_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

$$\xi_{ij} \sim N1 (0, \sigma^2)$$

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta para el tratamiento i en su repetición j .

μ : Efecto general

R_j : Efecto del bloque o repetición j

ζ_i : Efecto del tratamiento i

β : Coeficiente de regresión entre las variables X_{ij} e Y_{ij}

X_{ij} : Valor de la covariable en el tratamiento i en la repetición j

$\bar{X}_{..}$: Media general de la covariable

ξ_{ij} : Variable aleatoria que se distribuye normal e independientemente con media cero y varianza σ^2

Estudio del Potencial del Sistema Radical de Zacate Gigante a Nivel Planta Adulta en Invernadero

La principal función de la raíz es absorber el agua disponible bajo el suelo para proceso de metabolismo en la planta, por esta razón el sistema radical es un carácter determinante en la resistencia a sequía. El potencial del sistema radical lo podemos medir de 3 formas: peso de la masa de raíz, longitud y volumen de raíces. En la presente investigación se utilizó

el total de masa de raíces en gramos como criterio para identificar resistencia a sequía en zacate gigante y estudiar la asociación de este carácter con otras características agronómicas útiles.

Este experimento se condujo en uno de los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" registrándose temperaturas promedio de 26°C durante el día, 18°C durante la noche y una humedad relativa de 40%. Bajo estas condiciones la siembra del experimento se llevó a cabo el 6 de junio de 1983 en macetas de cartón llenándolas con un kilo de tierra y arena en una proporción de tres cuartas partes de tierra cribada y una cuarta parte de arena fina. Antes de realizar la siembra se humedeció el suelo después se distribuyeron 10 cariósides y se cubrieron con 5 mm de suelo humedo. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, sembrándose tres macetas por repetición por colección proporcionándose el riego las veces que fue necesario con el objeto de evitar que las plantas sufrieran daño por sequía severa. La colección Chihuahua-188 no fue incluida debido a que no fue posible obtener el número mínimo de tres plantas por maceta que se había previsto manejar por cada colección en cada repetición.

La germinación ocurrió aproximadamente a los 6 días después de la siembra y cuando la mayoría de las plántulas alcanzaron una altura de tres centímetros fue necesario aclarar, dejando inicialmente cinco plántulas y finalmente tres por maceta. Aunque hubo poca contaminación para evitar crecimiento de raíces de otras especies, durante el crecimiento de las plántulas se eliminaron también plántulas de hierbas y otros zacetes no deseados. El número final de plantas utilizadas por repetición fue de nueve por colección tomando los datos experimentales después de la floración a los 95 días de haber realizado la siembra.

Los datos experimentales tomados en este experimento fueron los siguientes:

- peso seco de raíces
- peso fresco de forraje
- peso seco de forraje
- altura de planta
- número de tallos por planta
- número de hojas por planta
- área foliar
- contenido de humedad

Para obtener peso seco de raíces previamente se eliminó totalmente el suelo adherido a estas lavándolas con agua a presión para posteriormente secarlas en una estufa a 60°C hasta llegar a peso seco constante, utilizando una balanza analítica para pesar masa total de raíces.

El peso fresco de forraje se obtuvo separando tallos y follaje de la raíz pesando las plantas en forma inmediata, tratando de evitar que ocurriera pérdida de humedad en el tiempo entre el corte de forraje y peso en la balanza. El forraje fue deshidratado en una secadora con temperatura de 60°C hasta obtener peso seco constante.

El número de tallos y hojas se obtuvo contando el total de tallos y hojas producidas, considerando tallos florales y tallos vegetativos presentes.

El contenido de humedad fue obtenido por diferencia de peso fresco y peso seco de forraje convirtiendo a porcentajes.

Para obtener la altura de plantas, se midieron las plantas desde la base de la porción vegetativa hasta el extremo de la espiga más alta.

El área foliar fue determinada midiendo y multiplicando lo largo por ancho de la penúltima hoja de las plantas.

Se realizaron los análisis de varianza de cada caracterís-

tica así como las correlaciones entre las mismas de acuerdo a los modelos:

Para análisis de varianza el modelo que se asume es como sigue:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}; \quad \begin{array}{l} j = 1, 2, 3, \dots \text{tratamientos} \\ j = 1, 2, 3, \dots \text{repeticiones} \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

U = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental

El modelo anterior asume que:

$$E_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$$

Para determinar correlaciones fenotípicas se usó la fórmula siguiente:

$$r = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\sqrt{\sigma_x^2 \cdot \sigma_y^2}}$$

Germinación de Zacate Gigante bajo Diferentes Presiones Osmóticas usando Manitol

El experimento fue conducido con la finalidad de determinar el efecto que causa la tensión de humedad en la germinación de semilla de las diferentes colecciones utilizando para ello, soluciones acuosas de manitol como medio para probar resistencia a sequía.

Para la realización de este experimento, las envolturas de las semillas fueron eliminadas a mano para obtener únicamente cariósides excluyendo aquellas cariósides quebradas o dañadas. Las semillas se pusieron a germinar en cajas petri de 10 cm de diámetro usando dos hojas de papel filtro Wathman saturadas con cada una de las soluciones preparadas de acuerdo a la fórmula indicada por el principio de J.H. Van't Hoff (Salisbury y Ross, 1969).

$$- \psi\pi = miRT$$

Donde:

- m = Molalidad de la solución
- i = Una constante la cual explica la ionización del soluto y/o otras desviaciones de soluciones perfectas.
- R = Constante de los gases (0.083 litros bars/mol grado ó 0.082 litros atmosfera/mol grado, ó 0.0357 litros calorías/mol² grado
- T = Temperatura absoluta.

El diseño experimental utilizado fue un bifactorial con una distribución de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se colocaron 50 cariósides en cada solución con los niveles de humedad de 0, 3, 6, 9, 12, y 15 atmósferas, utilizando para el tratamiento con 0 (cero) atmósferas únicamente agua destilada y agua con manitol para cada una de las demás soluciones. Las cariósides fueron lavadas previamente con agua y cloro al 5 por ciento antes de colocarlas en el papel filtro dentro de cada caja petri con el objeto de evitar al máximo la aparición de hongos, bacterias o cualquier contaminación sobre el medio o solución utilizado y en las mismas cariósides. Las cajas petri así preparadas se colocaron en un cuarto con temperatura constante a 22°C; los riegos con cada solución se hicieron cada 48 horas agregando cada vez 1 mm por cada caja petri, los conteos se hicieron periódicamente suspendiéndolos a los 15 días

de iniciado el experimento. Se consideró semilla germinada aquella que mostró un crecimiento mínimo de 5 mm tanto en plúmula como en radícula, sacando las plántulas de cada caja petri una vez realizado cada uno de los conteos

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_i$$

Factor	Niveles	
A (Genotipos)	$a_1, a_2, a_3, \dots, a_{13}$	$i = 1, 2, 3, \dots, 12$
B (Presión osmótica)	$b_1, b_2, b_3, \dots, b_6$	$j = 1, 2, 3, \dots, 6$
n (Repeticiones)		$k = 1, 2, \dots, 4$

$E_{ijk} \sim N(0, \alpha^2)$

Donde:

Y_{ijk}	=	Variable de respuesta
μ	=	Media general
α_i	=	Genotipos
β_j	=	Presión osmótica
$\alpha\beta$	=	Interacción genotipo por presión osmótica.
E_i	=	Error

Para determinar resistencia a sequía, el criterio consistió en considerar como resistentes a las colecciones que presentaron alto porcentaje de germinación en alta presión osmótica y como susceptibles aquellas que presentaron bajos porcentajes de germinación en alta presión osmótica. Después de obtener los porcentajes de las semillas germinadas, los datos fueron transformados por arco seno $\sqrt{\text{porcentaje}}$, para su análisis estadístico.

Determinación de Betaina en Colecciones de Zacate Gigante

Con el objeto de determinar contenido de betaina en el forraje de zacate gigante como un parámetro auxiliar en la identificación de colecciones con resistencia a sequía; en julio de 1983 se tomaron antes del espigamiento muestras de 250 g de forraje en plantas representativas de cada colección que fueron establecidas para su evaluación bajo sequía, (primer experimento). Para este caso el número de repeticiones utilizadas fueron dos. La muestra fue tomada cortando tallos con hojas desde la base de la planta, identificando muestra y bolsa de plástico donde fueron vaciadas y colocadas bajo hielo. Al mismo tiempo que se tomaron las muestras de forraje, se sacaron también muestras de suelo a 20, 40 y 60 cm de profundidad para determinar el porcentaje de humedad en los tres diferentes perfiles de suelo y confirmar la existencia de condiciones de sequía.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio del Centro de Investigación de Química Aplicada donde fueron hiliofilizadas y donde se efectuó el análisis bioquímico correspondiente através de la técnica recomendada por Wyn Jones para determinación de amino cuaternario. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, incluyéndose tal información en la estimación de correlaciones con otras características también bajo estudio.

Clasificación de las Colecciones según su Resistencia o Susceptibilidad a Sequía

Seis características, peso seco de raíces, contenido de humedad en las hojas, área foliar de la penúltima hoja, germinación de semilla bajo presión osmótica, contenido de betaina y rendimiento de forraje seco de campo relacionadas con resistencia a sequía, fueron consideradas en este estudio para cla-

sificar e identificar las colecciones más sobresalientes estableciendo previamente las cinco clases siguientes:

Altamente resistente	(AR)
Resistente	(R)
Moderadamente resistente	(MR)
Susceptible	(S)
Altamente susceptible	(AS)

El criterio de clasificación se basó en la distribución de 20% de variación en cada clase considerando el valor de 0-20% como altamente susceptible (AS), 21-40 como susceptible (S), 40-60 como moderadamente resistente (MR), 61-80 como resistente (R) y de 81-100% como altamente resistente a sequía (AR).

Mayor peso de raíces, mayor contenido de agua, mayor porcentaje de germinación en alta presión osmótica, mayor contenido de betaina y mayor rendimiento de forraje en campo, indican resistencia a sequía, en forma contraria menor valor observado en cada carácter fue tomado como altamente susceptible. En la característica, área de follaje el valor menor determina alta resistencia a sequía y valor mayor susceptibilidad. La metodología utilizada en tal clasificación ha sido descrita por Sathyanarayanaiah (1980) para la clasificación de genotipos de trigo por su resistencia a sequía.

En los experimentos descritos, la comparación de medias se realizó através de la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 5 por ciento de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación de Colecciones de Zacate Gigante bajo Condiciones de Sequía

El análisis de varianza para el rendimiento de forraje seco bajo condiciones de temporal se presenta en el Cuadro 2. La información obtenida muestra diferencias altamente significativas en el rendimiento de forraje en los dos años (1977 y 1978) lo cual indica la existencia de variación considerable entre los materiales genéticos estudiados y es posible la identificación de colecciones altamente rendidoras de zacate gigante. Los coeficientes de variación de 23.82% y de 25.79% para los dos años mencionados expresan confiabilidad en los resultados si consideramos que se trabaja con plantas perennes y bajo condiciones de temporal como en este caso.

En el rendimiento promedio de forraje seco (Cuadro 3) se observa un amplio rango de variación en cada año de evaluación. En 1977, la colección Zacatecas-51 mostró ser la más productiva (2,856.0 g) seguida por Durango-39 (2,787.0 g) y San Luis Potosí-190 (2,303.0 g), las cuales se comportaron estadísticamente iguales entre si pero superiores a la mayoría de las demás colecciones incluyendo al testigo que produjo menor rendimiento de forraje (782.0 g). En 1978 Aguascalientes, Durango-39, Zacatecas-7, Zacatecas-51 y Jalisco-64 son estadísticamente semejantes produciendo, los más altos promedios en rendimiento con 3,414.0 g, 3,051.0, 3,008.0, 2,960.0 y 2,806.0 g respectivamente. En forma general las colecciones más rendidoras de forraje en 1977 también lo fueron en 1978, mostrando mejor comportamiento y consistencia que otras.

Cuadro 2. Análisis de covarianza para rendimiento de forraje en peso seco de zacate gigante bajo temporal 1977-1978.

Fuente de variación	Grados de libertad	F. Calculada	
		1977	1978
Colección	12	12.55**	3.22**
Error (C.M.)	35	0.18	0.41
C.V. (%)		23.82	25.79

** Nivel de significancia al 1 por ciento.

Considerando simultáneamente el rendimiento promedio de los dos años de prueba, la colección Durango-39 produjo el rendimiento de forraje superior a las demás (2,919.0 g), le siguen por orden de importancia; Zacatecas-51 (2,908.0 g), Zacatecas-7 (2,644.0g), Aguascalientes (2,584.5 g) y San Luis Potosí-190 (2,451.5 g), superiores al valor de la media general obtenida. Serrato (1977) al evaluar colecciones de zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*) colectadas en diferentes localidades del árido mexicano, reporta diferencias significativas para rendimiento y otras características señalando la ventaja de aplicar selección entre ecotipos. La literatura casi no reporta trabajos relacionados con el comportamiento en rendimiento de zacate gigante. En nuestro estudio las cinco colecciones indicadas como sobresalientes produjeron rendimientos de 121% hasta 163% más que el testigo.

Aumento en el rendimiento de forraje se puede realizar por mejoramiento cuando existen varianzas genéticas entre y/o dentro de las poblaciones. Las diferencias significativas entre las colecciones de zacate gigante indican suficiente grado de variabilidad genética para hacer selección efectiva. Sin embar-

Cuadro 3. Rendimiento promedio de forraje seco de zacate gigante bajo temporal en los años 1977-1978

Colección	Forraje seco (g)		Promedio
	1977	1978	
Zacatecas-51	2,856.0	2,960.0	2,908.0
Zacatecas-7	2,280.0	3,008.0	2,644.0
Chihuahua-22	1,304.0	2,287.0	1,795.5
Chihuahua-30	1,312.0	2,491.0	1,901.5
Chihuahua-120	1,746.0	2,374.0	2,060.0
Chihuahua-188	1,870.0	2,343.0	2,106.5
Durango-39	2,787.0	3,051.0	2,919.0
Coahuila	947.0	1,445.0	1,196.0
Narro	1,114.0	2,420.0	1,767.0
Aguascalientes	1,755.0	3,414.0	2,584.5
San Luis Potosí-190	2,303.0	2,600.0	2,451.5
Jalisco-64	2,075.0	2,806.0	2,440.5
Testigo	782.0	1,433.0	1,107.5
Promedio	1,779.3	2,510.1	1,982.7
D.M.S. 5%	609.0	929.0	

go, el carácter rendimiento es muy complejo y por lo general su heredabilidad es de bajo y moderado grado porque el carácter es afectado grandemente por factores ambientales y genéticos. Esto se aplica más en zacates que se siembran bajo condiciones adversas. Sin embargo, avances significativos respecto a rendimiento de forraje se han logrado en algunas pastos por selec-

ción. El grado de avance por selección por supuesto depende del grado de varianza y de la aptitud combinatoria general para rendimiento. Los estudios de tipo de acción de genes puedan hacerse en el futuro, puedan ayudar a determinar los métodos de mejoramiento que pueden usarse para lograr avances significativos más rápidos y la variabilidad genética encontrada en este material ofrece buenas perspectivas.

El análisis de varianza para altura según el Cuadro 4, muestra en 1977 diferencias significativas entre colecciones y diferencia altamente significativa en 1978, observandose también para este carácter una considerable variación entre los materiales genéticos estudiados. Por otra parte los bajos coeficientes de variación (11.47% y 7.27%) indican un grado de confianza aceptable en los resultados obtenidos.

Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de las colecciones de zacate gigante bajo temporal en 1977 y 1978

Fuente de variación	Grados de libertad	F. Calculada	
		1977	1978
Colecciones	12	2.02*	8.22**
Error (C.M.)	36	95.08	72.12
C.V. (%)		11.47	7.27

* Nivel de significancia al 5 por ciento.

** Nivel de significancia al 1 por ciento.

La altura es una de las características de mayor importancia en el desarrollo de las plantas pues contribuye directamente en el rendimiento de forraje.

Durante 1977, las colecciones Durango-39 (102.5 cm), San

Luis Potosí (91.6 cm) y Chihuahua-188 (88.7 cm) alcanzaron valores estadísticamente superiores al resto (Cuadro 5). Menor crecimiento se observó en las colecciones: Narro (79.0 cm), el testigo (77.5 cm) y Chihuahua-30 (76.2 cm). Zacatecas-7 (130.0 cm), Zacatecas-51 (128.7 cm), San Luis Potosí-190 (126.6 cm), Jalisco-64 (125.0 cm) y Durango-39 (124.7 cm) fueron durante 1978 las colecciones con mayor altura y nuevamente las colecciones Narro (102.5 cm) y el testigo (86.2 cm) se encuentran entre los materiales con menor porte. El valor promedio de dos años indica mayor consistencia de las colecciones Durango-39, San Luis Potosí-190 y Zacatecas-7.

Según el promedio de vigor observado visualmente en función de mejor apariencia de las plantas por su amacollamiento, cobertura foliar y recuperación, las colecciones más sobresalientes según se observa en el Cuadro 5 son: Zacatecas-7 (1.7), San Luis Potosí-190 (1.7), Zacatecas-51 (1.8) y Aguascalientes (1.9), observando menos vigor en el testigo (3.3), Chihuahua-22 (2.8) y Coahuila (2.8).

Tanto en altura como en vigor de planta los valores promedio más significativos fueron obtenidos durante 1978, presumiblemente debido a mayor cantidad de lluvia ocurrida en este año si se compara con la registrada en 1977.

Estudio del Potencial del Sistema Radical de Zacate Gigante a Nivel Planta Adulta en Invernadero

Los resultados del análisis de varianza que se muestran en el Cuadro 6, revelan la existencia de diferencias altamente significativas para 7 de las características estudiadas; peso seco de raíz, peso fresco de forraje, peso seco de forraje, número de tallos, número de hojas, área foliar y altura final, indicando una gama amplia de variabilidad presente en el material genético bajo estudio.

Cuadro 5. Promedio de altura y vigor en diferentes colecciones de zacate gigante bajo condiciones de temporal 1977-1978

Colección	Altura (cm)			Vigor		
	1977	1978	Prom.	1977	1978	Prom.
Zacatecas-51	82.5	128.7	105.6	2.2	1.5	1.8
Zacatecas-7	87.5	130.0	108.7	2.0	1.5	1.7
Chihuahua-22	82.5	110.0	96.2	3.0	2.7	2.8
Chihuahua-30	76.2	113.7	94.9	3.0	2.5	2.7
Chihuahua-120	85.0	120.0	102.5	2.5	2.2	2.3
Chihuahua-188	88.7	116.2	102.4	2.0	2.0	2.0
Durango-39	102.5	124.7	113.6	2.0	2.0	2.0
Coahuila	87.5	113.7	100.6	2.7	3.0	2.8
Narro	79.0	102.5	90.7	3.0	2.0	2.5
Aguascalientes	81.2	122.5	101.8	2.2	1.7	1.9
San Luis Potosí-190	91.6	126.6	109.1	2.3	1.2	1.7
Jalisco-64	82.5	125.0	103.7	2.5	1.5	2.0
Testigo	77.5	86.2	81.8	3.2	3.5	3.3
Promedio	84.9	116.9	100.8	2.5	2.1	2.3
D.M.S. 5%	14.0	12.1				

Cuadro 6. Análisis de varianza para diferentes características en zacate gigante a nivel de planta adulta en invernadero

Fuente	Grados de libertad	F. Calculada							
		Peso seco de raíz	Peso fresco de forraje	Peso seco de forraje	No. de tallos	No. de hojas	Altura final	Area foliar	Contenido de humedad
Colecciones	11	5.45**	9.45**	7.68**	3.75**	3.77**	9.43**	6.08**	0.91 NS
Bloques	3	1.40	2.00	0.25	0.21	0.40	0.81	0.96	21.02
Error (C.M.)	33	0.02	62.15	6.22	7.02	129.11	121.49	18.95	3.667
C.V. (%)		19.94	30.69	30.00	18.51	14.46	8.11	25.42	3.51

** Significativo al 1 por ciento.

NS = No significativo

Los promedios de las diferentes características de zacate gigante bajo condiciones de invernadero se presentan en el Cuadro 7 en el cual se observa que el peso de raíces varía entre 0.36 g (Coahuila) a 0.94 g (Zacatecas-7) y un promedio general para esta característica 0.70 g. Zacatecas-7 registró el peso más alto manifestandose también como sobresalientes en orden de importancia y estadísticamente iguales entre si las colecciones; Aguascalientes (0.90 g), San Luis Potosí-190 (0.84 g), Durango-39 (0.80 g), Zacatecas-51 y Chihuahua-120 (0.77 g) que produjeron al mismo tiempo mayor peso seco de raíces que el promedio general observado en este experimento. Resultado en *Bromus inermis* mencionados por Levitt (1952) señalan que en lugares con escasa lluvia ha sido posible seleccionar variedades con raíces más grandes y abundantes que presentan mayor resistencia a la sequía al aprovechar mejor el agua del suelo. Al estudiar también sistema radical en sorgo, Nour y Weibel (1976) reportan que las variedades más resistentes a sequía mostraron los pesos más altos del sistema radical. Sathyanarayanaiah (1980) y otros investigadores señalan haber encontrado en trigo correlación altamente significativa entre peso seco de raíces por estudio bajo sequía en rizotrones y cuando usaron los mismos genotipos en macetas bajo condiciones de riego. Es posible también durante el proceso de selección con los resultados obtenidos en este estudio, apoyar la identificación de progenitores o variedades con resistencia a sequía.

Varianzas significativas entre sistema radical y peso seco de raíces en zacates se han reportado por varios investigadores (Goedewaagen y Schurman, 1956; William y Backer, 1957; Holt y Fisher, 1960; Melnlosh y Miller, 1981; Pederson et al, 1984). Sin embargo, en cualquier estudio de sistema radical el investigador debe tomar en cuenta que el carácter se afecta por textura y estructura del suelo, el contenido de agua, contenido de oxígeno, concentración de sales, valor de pH y otros factores; por eso para hacer una comparación válida y realizar estudios

Cuadro 7. Promedio de diferentes características de zacate gigante bajo condiciones de invernadero

Colección	Peso seco de raíz (g)	Peso fresco de forraje (g)	Peso seco de forraje (g)	No. de tallos por planta	No. de hojas por planta	Altura final (cm)	Area foliar (cm ²)	Contenido de humedad (%)
Zacatecas-51	0.78	22.06	7.54	9.75	63.75	134.19	21.46	54.33
Zacatecas-7	0.94	35.09	12.14	16.25	88.75	139.44	19.58	55.15
Chihuahua-22	0.58	15.02	5.07	12.25	68.50	116.51	10.73	55.62
Chihuahua-30	0.63	13.64	4.58	19.50	91.50	125.72	10.62	54.40
Chihuahua-120	0.77	27.80	8.77	13.75	82.00	148.02	18.57	55.08
Durango-39	0.81	38.76	12.07	15.00	89.75	145.19	19.07	54.67
Coahuila	0.36	11.97	3.92	13.50	72.25	113.85	10.38	54.83
Narro	0.56	19.24	5.94	13.00	64.75	129.85	16.16	54.14
Aguascalientes	0.90	37.45	11.86	17.75	95.75	154.56	24.76	54.27
San Luis Potosí-190	0.84	22.22	8.57	13.50	78.50	144.94	20.26	52.06
Jalisco-64	0.70	49.88	13.80	14.25	78.00	165.94	23.59	54.83
Testigo	0.64	14.99	5.16	13.25	69.25	112.05	10.27	53.59
Promedio	0.70	25.68	8.29	14.31	78.56	135.85	17.12	54.41
D.M.S. .05	0.20	11.38	3.60	4.05	17.35	15.90	6.87	NS

BANCO DE TIERRAS

D.A.A.A.N.

en invernadero bajo condiciones controladas puede ser más confiable, si existe una correlación significativa entre estudios de invernadero y de campo.

El peso fresco de forraje por planta individual varió entre 11.97 g de Coahuila a 49.88 g de Jalisco-64 y en peso seco de 3.92 g de Coahuila hasta 12.14 g de Zacatecas-7. La comparación para la característica de peso fresco indicó superioridad en producción de forraje en las colecciones; Jalisco-64 (49.88 g), Durango-39 (38.76 g), Aguascalientes (37.45 g) y Zacatecas-7 (35.09 g) mostrando similar comportamiento. Como era de esperarse, en forma general las colecciones que mostraron mayor peso fresco también obtuvieron mayor peso seco, ya que Jalisco-64, Zacatecas-7, Durango-39 y Aguascalientes con 13.80, 12.14, 12.07 y 11.86 g respectivamente demuestran nuevamente mejor capacidad de producción de forraje que el resto de las colecciones. Las diferencias significativas en el rendimiento biológico de las plantas individuales de zacate gigante, ofrece una gran oportunidad para hacer selección efectiva para rendimiento siendo necesario en el futuro, estudiar también la respuesta con diferentes densidades así como la relación entre el rendimiento de planta individual y el rendimiento por hectárea en siembra comercial.

Chihuahua-30 produjo el promedio más alto de tallos por planta (19.50) observando al mismo tiempo que tanto ésta como Aguascalientes (17.75) y Zacatecas-7 (16.25) tuvieron estadísticamente igual comportamiento, en segundo término Durango-39 (15.00) y Jalisco-64 (14.25) y con menor número de tallos, Zacatecas-51 (9.75) y Chihuahua-22 (12.25). Las diferencias significativas para este carácter, refleja la capacidad de las colecciones para formar amacollos. Nelson et al. (1977) y Sleper et al. (1977) concluyen que el número de amacollos por planta es más importante que el rendimiento por amacollo en baja densidad de siembra en *Festuca arundinacea* Schrech. Estos resultados no se esperarían en condiciones de siembra normal donde

el número de amacollos tiende a estabilizarse (Zarrough et al 1983). Sin embargo el potencial de amacollamiento puede ser un mecanismo compensativo donde hay fallas en establecimiento del zacate por condiciones adversas en la etapa de plántula.

Además del número de tallos otro carácter importante que determina el rendimiento, es el número de hojas. Las diferencias significativas respecto al número de hojas entre colecciones indica la posibilidad de lograr aumento en el rendimiento por selección. El número de hojas está en función del número de tallos y en el presente estudio las colecciones más sobresalientes lo fueron: Aguascalientes (95.75), Chihuahua-30 (91.50) Durango-39 (89.75), Zacatecas-7 (88.75), Chihuahua-120 (82.00) y San Luis Potosí-190 (78.50) estadísticamente iguales entre si, encontrando que colecciones con mayor número de tallos corresponden en este caso a colecciones con mayor número de hojas por planta coincidiendo en ello Chihuahua-30, Aguascalientes, Zacatecas-7 y Durango-39.

La altura final de planta varió de 112.05 cm del testigo a 165.94 cm de Jalisco-64, este último y Aguascaliente (154.56 cm) tuvieron un comportamiento similar siendo estadísticamente superiores al resto de las colecciones; en segundo término se observan Chihuahua-120 (148.02 cm), Durango-39 (145.19 cm) y San Luis Potosí-190 (144.94 cm) con valores superiores a la media (135.85 cm) y por abajo de ésta, con menor porte el testigo (10.27 cm), Coahuila (10.38 cm), Chihuahua-30 (10.62 cm) y Chihuahua-22 (10.73 cm). La capacidad de producción de hojas, suele estar en función de número de tallos y altura de planta. Este carácter puede ser utilizado durante la selección con probabilidades de seleccionar material con mayor producción de forraje.

El área foliar provee una superficie de fotosíntesis y captación de luz; es un parámetro para medir crecimiento de la planta y determinante en el aumento de peso seco (rendimiento

biológico). Las diferencias significativas entre colecciones indican variabilidad para este carácter. Las colecciones: Aguascalientes con 24.76 cm², y Jalisco-64, 23.59 cm² son las más sobresalientes seguidas por Zacatecas-51 con 21.46 cm², San Luis Potosí-190 con 20.26 cm², Zacatecas-7 con 19.58 y Durango-39 con 19.07 cm². Menor área foliar fue obtenida en el testigo (10.27 cm²), Coahuila (10.38 cm²), Chihuahua-30 (10.62 cm²) y Chihuahua-22 (10.73 cm²). En la determinación de rendimiento, la variación en el área foliar tiene relativamente más importancia que la tasa de asimilación neta (Watson, 1952; Blackman, 1950; Khan y Tsunoda, 1970). En este trabajo las diferencias significativas respecto a área foliar entre colecciones indica las diferencias en productividad lo que puede ser explotado por los mejoradores para desarrollar variedades de alto rendimiento. En forma general las colecciones con mayor área foliar corresponden también a materiales con mayor porte y viceversa con menor área foliar, menor altura.

No se encontró diferencias significativas en contenido de humedad en las plantas sin embargo, los valores más altos se dieron en las colecciones Chihuahua-22 (55.62%), Zacatecas-7 (55.15%) y Chihuahua-120 (55.08%) indicando lo anterior la posible existencia de mecanismos de ahorro de agua en éstas.

En el Cuadro 8 se muestran resultados de las correlaciones entre caracteres morfológicos y agronómicos en plantas bajo invernadero indicando que peso seco de raíz tiene una correlación significativa con peso fresco ($r = 0.584$) y peso seco de forraje ($r = 0.685$) y altamente significativo con área foliar ($r = 0.749$). La correlación con número de tallos, número de hojas y altura de planta (componentes de rendimiento), también es alta y positiva aunque no llegue al nivel significativo, esto indica que el crecimiento de la parte aérea depende de la actividad de raíces; Watson (1962) menciona que el número de hojas por unidad de superficie, su tamaño y duración, depende del suministro de nutrientes y agua del suelo.

Un sistema radical adecuado es también muy importante para el establecimiento de las plantas de zacate bajo condiciones adversas. Diferencias en establecimiento y subsecuente reducción en rendimiento a causa de un inadecuado sistema radical ha sido reportado por Tischler y Monk (1980) en el pasto Klein *Panicum coloratum*. Selección para más extenso sistema radical y mayor peso de raíz ha sido efectiva en varios cultivos de pastos (Melnosh y Miller, 1981; Pederson et al, 1984).

El número de tallos, número de hojas y altura de la planta, son componentes de rendimiento del forraje encontrándose correlaciones altamente significativas y positivas de peso fresco ($r = 0.737$) y seco de forraje ($r = 0.790$) solo con altura de planta aunque se observa una tendencia positiva con valores bastante altos no significativa con número de tallos y número de hojas. Vogel et al. (1981) reporta también correlación altamente significativa y positiva entre rendimiento, altura y número de hojas en *Sorghastrum nutans* (L.) Nash.

Existe correlación altamente significativa entre rendimiento o sea peso fresco y seco de forraje con área foliar ($r = 0.723$ y $r = 0.702$ respectivamente); pero falta de correlación entre rendimiento y número de hojas indica la variabilidad respecto a tamaño de hojas entre colecciones y a que el área foliar está en función de tamaño y número de hojas. El otro factor importante en la determinación de área foliar es la tasa de expansión de las hojas. En varios pastos se ha reportado correlaciones positivas y significativas de rendimiento con tasa de expansión de las hojas (Horst et al. 1978, Haveland et al, 1974, Robson y Jewiss, 1968). El uso de índice de área foliar y tasa de expansión de hojas por su alta, correlación con rendimiento son parámetros de selección efectivos para alto rendimiento en pastos. Rhodes y Mee, (1980) reportan aumentos en peso seco de poblaciones de pasto centeno italiano *Lolium multiflorum* L. por selección para longitud de hojas. Reeder et al. (1984) hicieron 5 ciclos de selección

Cuadro 8. Correlaciones fenotípicas entre diferentes características en planta adulta en invernadero.

	Peso fresco de forraje	Peso seco de forraje	Tallos por planta	Hojas por planta	Altura	Area foliar
Peso seco de raíz	0.584**	0.685*	0.311	0.533	0.546	0.749**
Peso fresco de fo - rraje		0.929**	0.281	0.509	0.737**	0.723**
Peso seco de forraje			0.307	0.554	0.790**	0.702**
Tallos por planta				0.826**	0.186	0.029
Hojas por planta					0.351	0.302
Altura						0.713**

* Significativo al 5 por ciento

** Significativo al 1 por ciento

recurrente para tasa de expansión, largo y ancho de las hojas observando al respecto, una respuesta lineal y simétrica.

Cabe hacer notar, que los estudios de caracteres morfo-agronómicos, especialmente el peso seco de raíz y área foliar en invernadero en base a plantas individuales, indican una correlación altamente significativa con rendimientos de campo y pone en relieve al mismo tiempo; la importancia de estudios en invernadero como una gran ayuda, al facilitar la evaluación de germoplasma de este zacate.

Germinación de Semillas de Zacate Gigante bajo Diferentes Presiones Osmóticas usando Manitol

La metodología sobre germinación de semillas bajo presión osmótica en soluciones de manitol, es una de las metodologías útiles para identificar resistencia a sequía. Varios investigadores (Lima, 1978, William et al, 1967 y Knipe, 1980 y otros) han hecho uso de ésta para identificar y seleccionar variedades resistentes a sequía en diferentes cultivos.

En el análisis de varianza del Cuadro 9 se observa diferencia altamente significativa entre colecciones, entre presiones osmóticas y en la interacción colección por presión osmótica. Entre colecciones se demuestra la existencia de variabilidad genética en zacate gigante y diferencia entre niveles de presión osmótica; esto último permite la aplicación de ciertos niveles de estres de humedad para la germinación de semilla. La interacción entre colecciones y diferente presión osmótica deja ver que se presentan porcentajes de germinación diferentes entre colecciones en una misma presión osmótica y entre diferentes niveles de presión osmótica lo que permitirá la detección de colecciones con cierto grado de resistencia a sequía y poder desechar las menos capaces de prosperar sobre todo en estado de plántula, que es cuando se requiere asegurar mayor establecimiento bajo condiciones críticas de humedad.

Los promedios de germinación en por ciento se presentan en el Cuadro 10 donde se observa el comportamiento de cada colección con los 6 niveles de presión osmótica. El testigo con valor de 55.24 y Durango-39 con 53.04% fueron estadísticamente semejantes entre si pero superiores al resto de las colecciones, obteniendose en segundo término 47.48%, Chihuahua-30, 47.43% en Chihuahua-120 y 44.91% en Chihuahua-188 y en último lugar; Zacatecas-51 (24.13%) y Zacatecas-7 (22.62%) siendo todas las demás superiores estadísticamente a estas dos últimas.

Cuadro 9. Análisis de varianza para germinación de semilla de zacate gigante bajo diferente presión osmótica usando Manitol

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada
Colecciones (Factor A)	12	29953.31	2496.11	57.27**
Presión osmótica (Factor B)	5	212727.14	42545.43	916.11**
Interacción (AB)	60	13282.31	221.37	5.07**
Error	234	10198.70	43.58	
Total	311	266161.46		

** Nivel de significancia al 1 por ciento.

Con los niveles de presión osmótica de 0, 3 y 6 atmósferas la mayoría de las colecciones no presentan cambios considerables excepto en Zacatecas-51 y Zacatecas-7 que registraron descenso fuerte y valores menores al resto de las colecciones. A 9 atmósferas es más fácil observar diferencias y de acuerdo a su respuesta se mantienen con mayor consistencia; el testigo con 65.13% y Durango-39 con 61.97%. Con los valores más bajos y estadísticamente diferentes al resto, se observaron a las colecciones: Aguascalientes, Zacatecas-51, Zacatecas-7 con 11.71, 10.49 y 10.49% de germinación respectivamente. Bajo tensión osmótica de 12 atmósferas, se mantiene en primer sitio el testigo con 26.55%, siendo sin embargo, estadísticamente semejante a Chihuahua-30 con 17.71%, Chihuahua-120 (17.66%) y Durango-39 (17.47%). Bajo la presión osmótica más drástica (15 atm) se observa diferencia estadística con valores del testigo de 14.32% y de Durango-39 de 9.83% superiores al resto de las colecciones; logran germinar también pero en menor porcentaje;

Chihuahua-120 y Chihuahua-30 ambos con 2.88%, y Chihuahua-22 con 2.03%. El resto de las colecciones tuvieron nula germinación a 15 atmósferas.

En forma general se observa que a partir de 9 atmósferas se presenta un descenso considerable en la germinación asen - tuándose aún más a 12 atmósferas, es a partir de este nivel de donde es posible aplicar selección drástica lo cual permite identificar mejores colecciones con mayores probabilidades de éxito para un buen establecimiento en condiciones adversas por falta de humedad.

Si se observa el comportamiento general através de todos los niveles de presión osmótica tanto el testigo como Durango-39, muestran una respuesta positiva y comportamiento superior al resto de las colecciones, así también en forma particular a 15 atmósferas como nivel de presión osmótica más drástica utilizada en este experimento.

El Cuadro 11 se presenta para la interpretación de la significancia de la interacción colección por presión osmótica, indicando que existen efectos interactivos, que las colecciones se comportan de manera diferente en presiones osmóticas distintas y que el comportamiento de los factores no es independiente.

Para observar la tendencia de la germinación de las colecciones, se llevó a cabo un ajuste polinomial encontrando significancia solo para el efecto lineal obteniéndose la ecuación y la gráfica representadas en la Figura 1, donde se observa que la germinación disminuye cuando la presión osmótica aumenta, se observa además que a 3 y 6 atmósferas la disminución de la germinación fue ligera pero a partir de 9 atmósferas ésta disminuyó en forma drástica. También Tapia y Schmutz (1971) usando manitol en tres especies de zacate del desierto concluyeron que en *Eragrostis lehmanniana* la germinación descendió rápido y considerablemente en cambio en *Trichachne californica*

Cuadro 10. Promedio de germinación en porcentaje de semillas de zacate gigante bajo diferente presión osmótica usando Manitol

Colección	Germinación (%) en diferentes atmósferas						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
Zacatecas-51	62.69	40.97	26.60	10.49	4.06	0.00	24.13
Zacatecas-7	58.37	40.37	25.06	10.49	1.43	0.00	22.62
Chihuahua-22	78.24	64.63	54.35	54.53	4.06	2.03	42.97
Chihuahua-30	71.38	70.83	69.34	52.73	17.71	2.88	47.48
Chihuahua-120	78.46	70.14	67.70	47.75	17.66	2.88	47.43
Chihuahua-188	74.33	68.10	67.54	45.56	13.94	0.00	44.91
Durango-39	81.34	72.40	75.19	61.97	17.47	9.83	53.04
Coahuila	71.08	59.17	53.72	33.81	7.34	0.00	37.52
Narro	75.51	70.87	65.33	42.70	3.54	0.00	42.99
Aguascalientes	65.28	41.55	46.45	11.71	4.92	0.00	28.32
San Luis Potosí-190	70.05	67.22	63.21	32.92	6.64	0.00	40.01
Jalisco-64	65.41	64.29	64.31	42.08	7.93	0.00	40.67
Testigo	79.50	75.81	70.14	65.13	26.55	14.32	55.24
Promedio	71.66	62.03	57.61	39.37	10.25	2.46	40.56
D.M.S. 5%	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14	3.73

y *Setaria macrostachya* se observaron efectos adversos apreciables a partir de 12 atmósferas.

Por los resultados que se han obtenido tanto en esta especie como en algunas otras gramíneas de zonas áridas o semiáridas, existe una tendencia a disminuir la germinación de semilla a partir de 8 a 10 atmósferas de presión osmótica usando soluciones de manitol como medio para inducir condiciones de sequía para la germinación de semilla, considerando que arriba de estos niveles es posible observar y seleccionar entre especies

Cuadro 11. Significancia para la interacción entre colecciones y presión osmótica.

Función de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrado medio	F calculada
A/b ₁	12	2427.23	202.26	4.64**
A/b ₂	12	7739.02	644.91	14.79**
A/b ₃	12	12446.14	1037.17	23.79**
A/b ₄	12	16860.20	1405.01	32.23**
A/b ₅	12	2786.30	232.19	5.32**
A/b ₆	12	976.49	81.37	1.86**
B/a ₁	5	16761.34	3352.26	76.91**
B/a ₂	5	13981.55	2796.31	64.15**
B/a ₃	5	19513.84	3902.76	89.54**
B/a ₄	5	19782.99	3956.59	90.78**
B/a ₅	5	19039.09	3807.81	87.36**
B/a ₆	5	15315.65	3063.13	70.28**
B/a ₇	5	10825.84	2165.16	49.67**
B/a ₈	5	19568.58	3913.71	89.79**
B/a ₉	5	22954.41	4590.88	105.33**
B/a ₁₀	5	20662.75	4132.55	94.81**
B/a ₁₁	5	11789.28	2357.85	54.09**
B/a ₁₂	5	17986.63	3597.32	82.53**
B/a ₁₃	5	17827.22	3565.44	81.80**
Error	234	10198.70	43.58	
Total	311	266161.46		

** Nivel de significancia al 1 por ciento.

alta capacidad de germinación y establecimiento de plántulas en condiciones adversas con estrés de humedad.

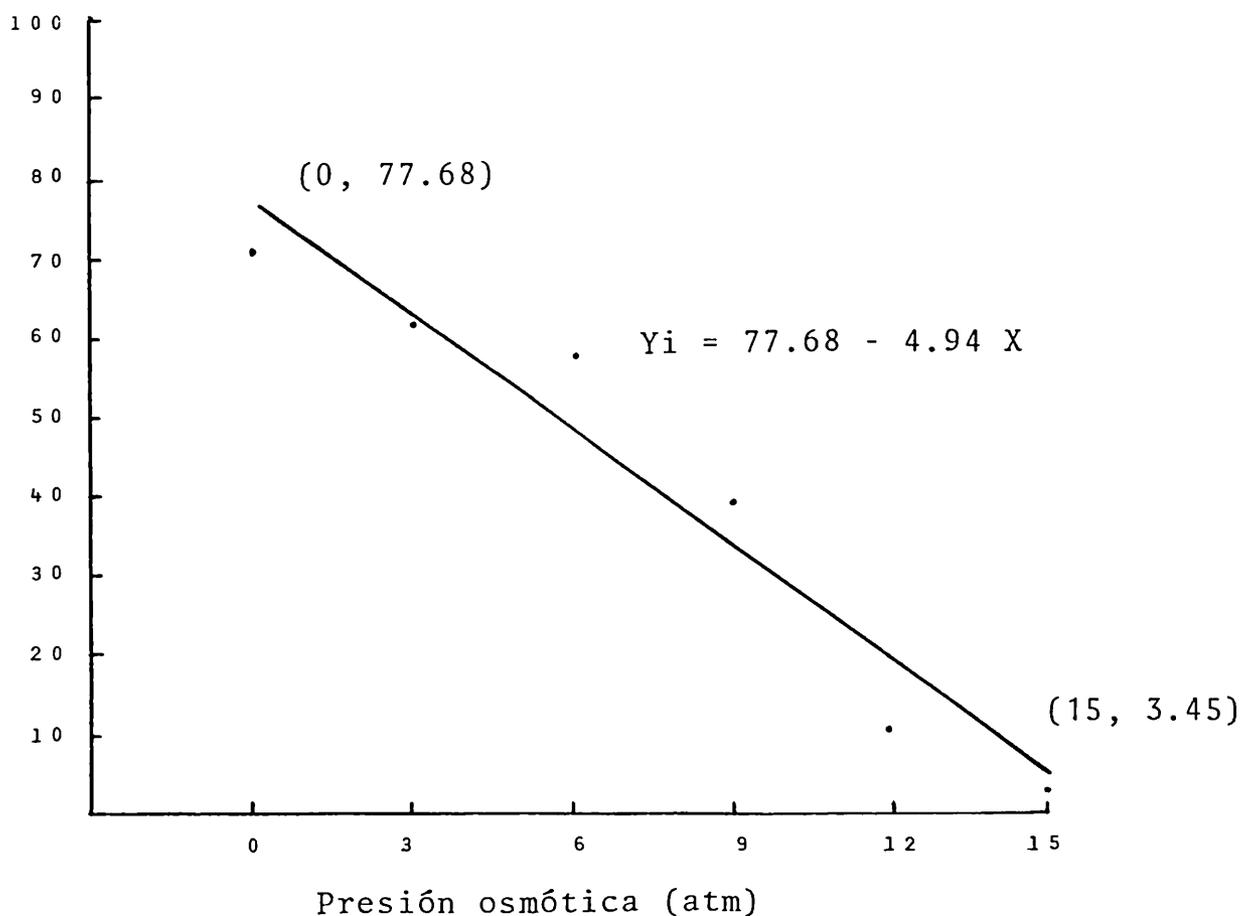
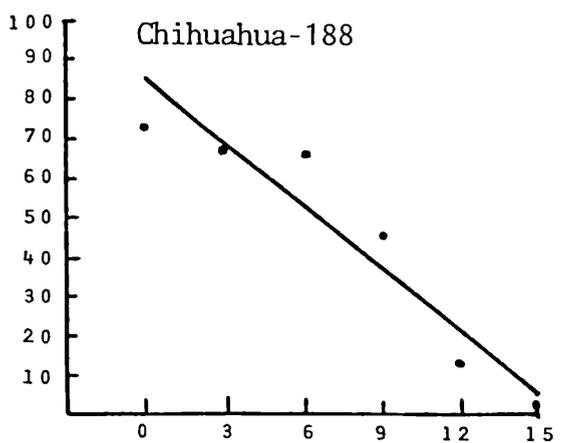
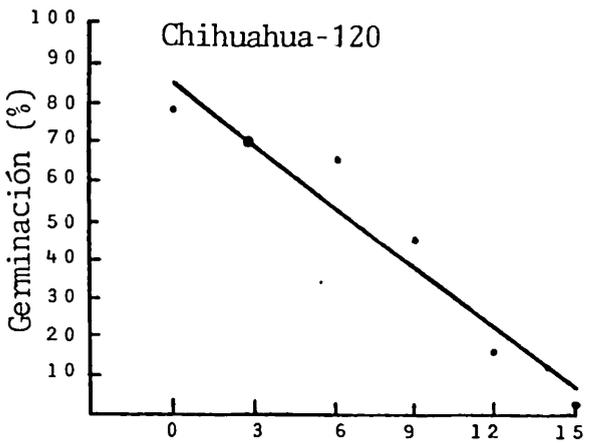
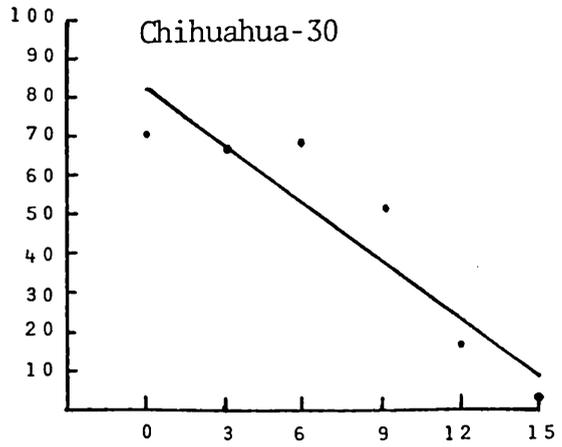
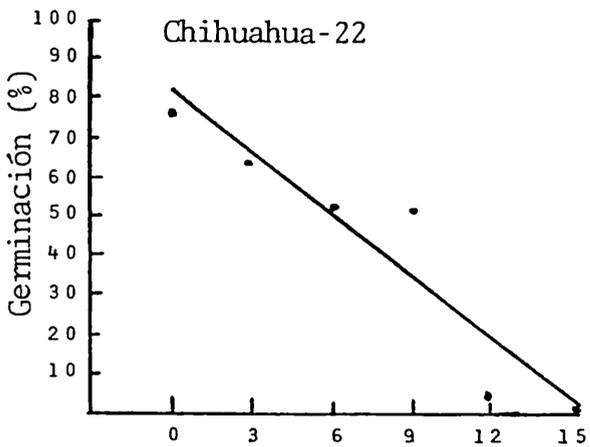
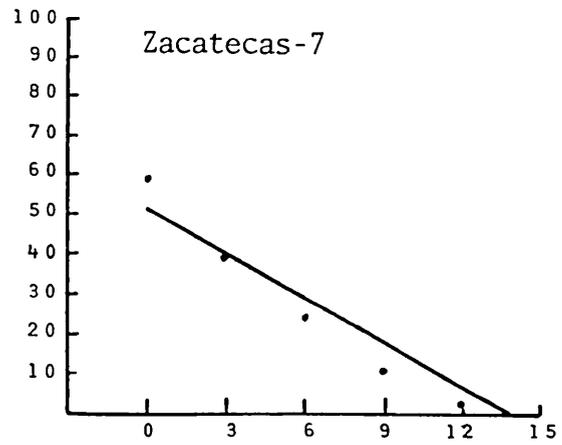
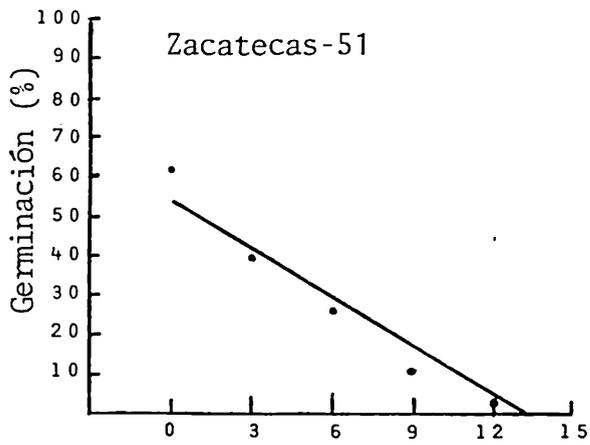


Figura 1. Gráfica representativa de la tendencia general de la germinación de las colecciones de zacate gigante.

La Figura 2 muestra la tendencia de cada colección expresada a través de diferentes niveles de presión osmótica, como puede observarse la germinación de las colecciones: Zacatecas-51 y Zacatecas-7 decrece más drásticamente que el resto. En cambio en el testigo, Durango-39, Chihuahua-30 y Chihuahua-120 las líneas de tendencia describen un descenso menos drástico desde cero hasta el nivel más alto de 15 atmósferas.

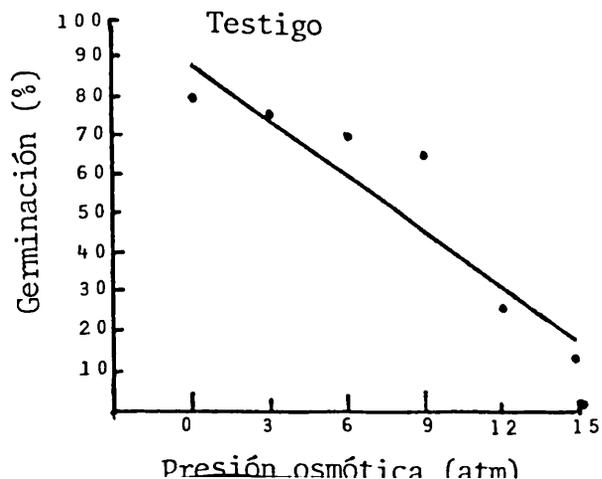
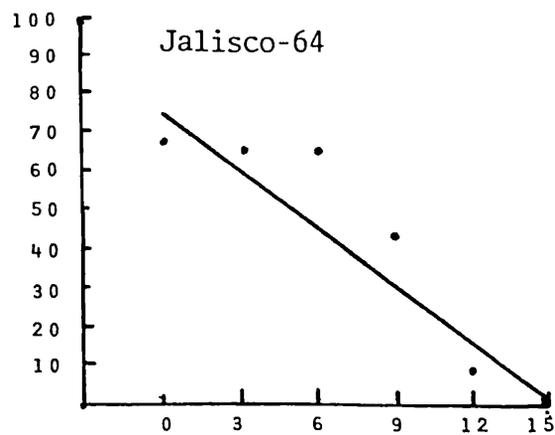
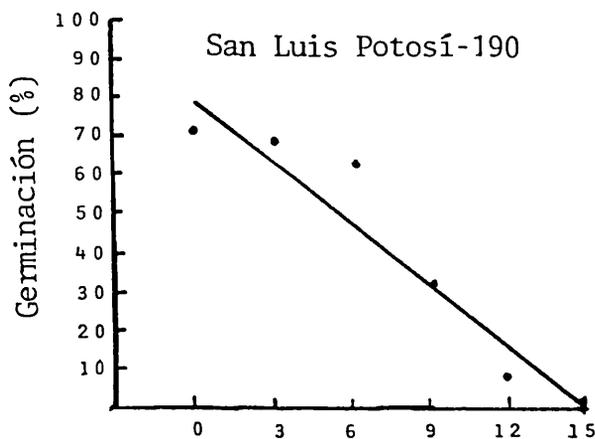
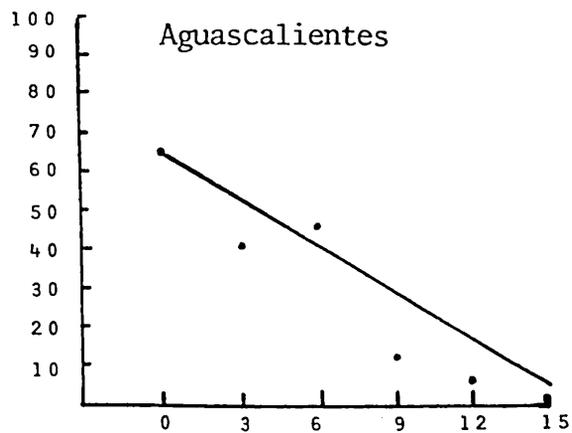
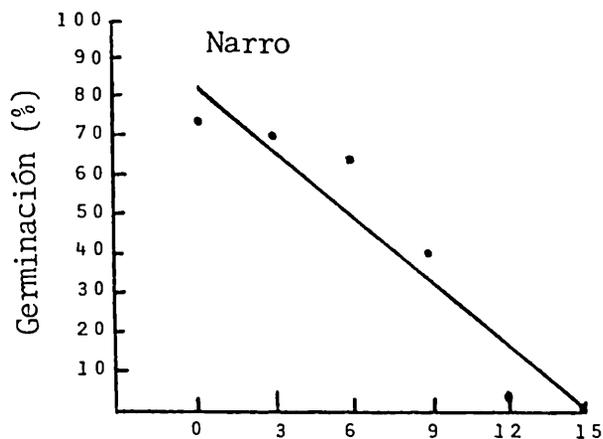
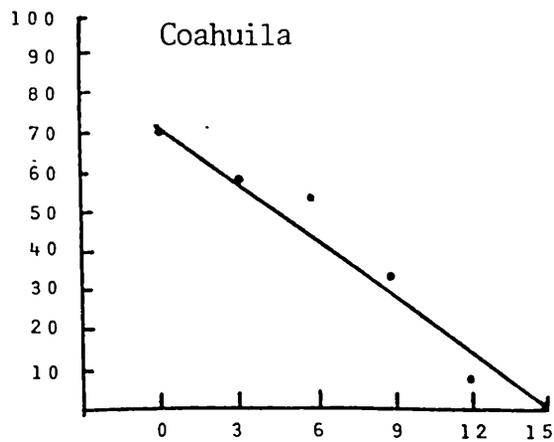
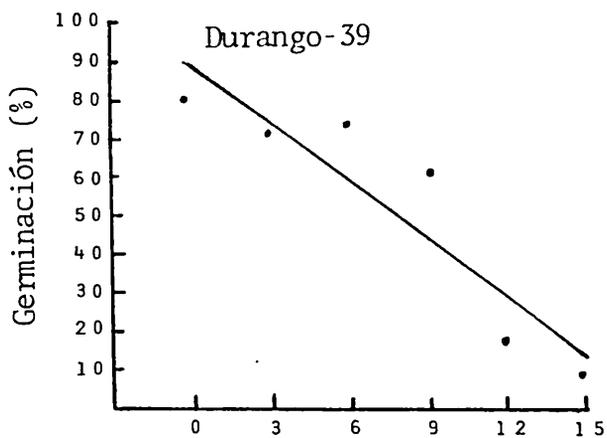


Presión osmótica (atm)

Presión osmótica (atm)

Figura 2. Tendencia de la germinación de las colecciones a través de los diferentes niveles de presión osmótica.

Continuación de la Figura 2.



Presión osmótica (atm)

Knipe (1968) al trabajar también con *Sporobolus airoides*, *Hilaria jamesii* y *Bouteloua gracilis* y soluciones de manitol con rango de -1 a -16 atmósferas a 20°C de temperatura encontró que *Sporobolus airoides* fue la especie más sensitiva; sin embargo *Hilaria jamesii* y *Bouteloua gracilis* no se afectaron sino hasta -7 a -10 atmósferas. Knipe y Herbel (1960) con soluciones de -0.3 a -20 atm a 20°C de temperatura aplicadas a *Hilaria mutica*, *Mulhembergia porteri* y *Bouteloua eriopoda* detectaron diferencias significativas en cuanto a germinación; mostrando *Hilaria mutica*, radícula más larga a -0.3 y -3.0 atmósferas; *Mulhembergia porteri* fue más resistente y no mostró efectos a -0.3, a -3.0 y a -7.0 atmósferas.

Determinación de Betaina en Colecciones de Zacate Gigante

El porcentaje de humedad en tres perfiles de suelo varía de 3.58 a 7.15% por lo que se consideró sequía casi perfecta en el suelo al momento de que se tomaron las muestras de forraje (Cuadro 12). El análisis de varianza sobre contenido de betaina no detecta diferencias significativas entre colecciones (Cuadro 13). Cabe la posibilidad de que los resultados obtenidos en este experimento no sean del todo confiables dado el número tan reducido de repeticiones, número de muestras que se usaron y el tiempo que las muestras permanecieron heliofilizadas y almacenadas antes de realizar su análisis bioquímico por lo que se esperarían resultados más precisos si se aumenta el número de muestras y repeticiones y analizar en forma inmediata después del corte. Sin embargo, es importante señalar que existe una diferencia de 122% entre el valor máximo y mínimo variando entre 1.87 a 4.17% siendo el promedio total de 2.85%. Las colecciones Chihuahua-120, Jalisco-64 y Durango-39 produjeron los valores más altos en por ciento con 4.17, 3.54 y 3.33% respectivamente y con mayor contenido de betaina si se compara con el resto de las colecciones (Cuadro 14), es muy probable que en condiciones de campo estas mismas muestraren ma-

yor capacidad de adaptación y resistencia a sequía. También Hanson et al (1977-1980) analizaron contenido de betaina en las especies de zacates green panic y buffel sugiriendo que la acumulación de betaina aumenta la adaptación de las plantas en condiciones de escasa humedad.

Cuadro 12. Porcentaje promedio de humedad en los perfiles de suelo correspondientes a las parcelas muestreadas para análisis de betaina.

Colección	Humedad (%) en tres perfiles de suelo			Promedio
	0-20 (cm)	21-40 (cm)	41-60 (cm)	
Zacatecas-51	4.98	5.58	5.90	5.48
Zacatecas-7	5.35	6.26	5.39	5.66
Chihuahua-22	5.48	5.04	5.85	5.45
Chihuahua-30	5.77	5.58	5.23	5.52
Chihuahua-120	4.64	5.42	4.76	4.94
Chihuahua-188	4.59	5.21	5.60	5.16
Durango-39	6.33	5.14	6.09	5.85
Coahuila	6.53	6.07	5.87	6.15
Narro	7.01	6.39	4.87	5.89
Aguascalientes	6.82	7.15	6.64	6.87
San Luis Potosí-190	5.41	5.75	5.44	5.53
Jalisco-64	5.51	5.13	5.28	5.30
Testigo	6.65	3.58	5.86	5.36
Promedio	5.77	5.56	5.59	5.62

Cuadro 13. Análisis de varianza sobre el contenido de betaina en las colecciones de zacate gigante.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrados medios	F calculada
Colecciones	12	29.240	2.437	1.002 NS
Bloques	1	0.115	0.115	0.047 NS
Error	12	29.182	2.432	
Total	25	58.537	4.878	

NS = No significativo al 5%

CV = 16.4%

Cuadro 14. Porcentaje promedio de contenido de betaina en colecciones de zacate gigante bajo condiciones de sequía.

Colección	Contenido de betaina
Zacatecas-51	3.12
Zacatecas-7	2.29
Chihuahua-22	2.70
Chihuahua-30	2.91
Chihuahua-120	4.17
Chihuahua-188	2.08
Durango-39	3.33
Coahuila	1.87
Narro	2.49
Aguascalientes	2.49
San Luis Potosí-190	2.91
Jalisco-64	3.54
Testigo	3.12
Promedio	2.84

Correlaciones simples entre diferentes parámetros de sequía se dan en el Cuadro 15, observándose que de todos los caracteres estudiados solo hubo correlación altamente significativa y positiva entre peso seco de raíz con área foliar ($r = 0.749$) y rendimiento de campo ($r = 0.802$) y entre área foliar con rendimiento ($r = 0.826$). La alta correlación entre peso de raíz y rendimiento recalca la gran importancia de la necesidad de contar con extenso sistema radical especialmente bajo las condiciones de sequía donde la planta tiene que absorber el agua disponible a gran profundidad. De Roo (1969) reportó que aún bajo riego las plantas que no tiene raíces bien ramificadas sufren la escasez de agua y no alcanzan un crecimiento óptimo. Fujii (1959) encontró también una correlación entre crecimiento de raíces primarias y desarrollo de hojas. Si por alguna razón hay reducción en el crecimiento de la parte aérea, sucede una reducción similar en el crecimiento de raíz y viceversa.

El área foliar es un componente de rendimiento y una correlación altamente significativa y positiva entre área foliar y rendimiento pone de manifiesto la importancia de área foliar como un buen índice de selección. El área foliar es un buen indicador para estudiar crecimiento de planta, asimilación y transpiración y se relaciona también con la absorción de radiación solar; por ejemplo Hodges y Kanemassu (1977) y Aase (1978) encontraron que la fotosíntesis, respiración y acumulación de peso seco puede expresarse como una función de índice de área foliar. El índice de área foliar también se ha usado para estimar la captación de luz (Blackman, 1956; Monteith y Szcziez, 1967; Fitzpatrick y Sterh, 1965; y Pearce et al 1965). Sin embargo el área foliar también determina la transpiración, cuanto más área foliar, se dispone de mayor superficie para transpiración aunque tiene que considerarse junto con número de estomas por unidad de superficie y ritmo al abrir estomas, por eso el mejorador de zacates debe usar área foliar como un índice de selección para relación área foliar, fotosíntesis y transpiración.

Cuadro 15. Correlaciones simples entre diferentes parámetros para resistencia a sequía en zacate gigante.

	Area foliar	Germinación en manitol	Rendimiento de campo	Contenido de betaina
Peso seco de raíz	0.749**	-0.377	0.802**	0.310
Area foliar		-0.510	0.826**	0.283
Germinación en manitol			-0.474	0.444
Rendimiento de campo				0.261

** Significativo al 1 por ciento.

En cuanto a germinación de semillas de zacate gigante en manitol se observa una correlación negativa aunque no significativa excepto con contenido de betaina ($r = 0.444$) dando valores suficientemente altos para indicar una tendencia de relación. Germinación en manitol crea una tensión de humedad para simular las condiciones de sequía. Esta base bioquímica se ha usado para evaluar germoplasma para resistencia a sequía en otros cultivos.

En el trabajo presente, la tendencia negativa de correlación entre peso seco de raíz y germinación en manitol son conflictivos respecto a su uso como un índice de selección para sequía. Se necesitará realizar experimentos bajo condiciones de más estres por falta de humedad para evaluar la importancia relativa como índices de selección para sequía.

Clasificación de Colecciones de Zacate Gigante Según su Resistencia o Susceptibilidad a Sequía.

Actualmente casi no se tienen estudios que se hayan conducido en forma sistemática e intensiva para tratar de aumentar el rendimiento através de características relacionadas con

resistencia a sequía. Algunas características morfológicas, fisiológicas y anatómicas contribuyen a la resistencia a sequía y mejor adaptación de los cultivos. El rendimiento de las gramíneas forrajeras está determinado por efectos multiplicativos de los componentes del rendimiento tales como; número de tallos, número de hojas, peso fresco y seco de forraje por planta. El estrés de agua puede afectar el número y tamaño de la hoja, eficiencia de la fotosíntesis, senescencia de la hoja, número de tallos por planta y finalmente afectará el rendimiento de forraje.

El objetivo principal del mejoramiento genético de las plantas forrajeras es identificar genotipos con alta capacidad de rendimiento bajo temporal; para ello es necesario investigar simultáneamente varias características relacionadas con resistencia a sequía. Los trece materiales fueron clasificados de acuerdo a su resistencia a susceptibilidad a sequía tomando como base seis características: peso seco de masa radical, contenido de humedad en las hojas, área foliar, tasa de germinación en alta presión osmótica, alto contenido de betaina y rendimiento de campo.

Promedios de las diferentes características relacionadas con resistencia a sequía y clasificación de las colecciones se presentan en los Cuadros 16 y 17. Las colecciones: Zacatecas-51, Aguascalientes, Durango-39, Zacatecas-7 y San Luis Potosí-190 (Cuadro 16) se mostraron altamente resistentes (AR) y resistentes (R) considerando peso seco de raíz y rendimiento de forraje en el campo. El mecanismo que se encuentra operando en estas muy probablemente sea de evitación a sequía. Levitt (1972) y Sathyanarayanaiah (1980) clasificaron genotipos resistentes a sequía y mecanismos de evitación a través de los caracteres peso seco de raíz y rendimiento de grano en el campo. Cabe indicar que en este sentido se encontró correlación positiva y altamente significativa (Cuadro 14) entre peso seco de raíz con rendimiento de campo ($r = 0.802$) y área foliar ($r = 0.749$). Hurd (1974) señala que al seleccionar genotipos

Cuadro 16. Promedio de diferentes características relacionadas con resistencia a sequía en zacate gigante

C o l e c i ó n	Peso seco de raíz (g)	Contenido de humedad (g)	Area foliar (cm)	Germinación en manitol (%)	Rendimiento de campo (g)	contenido de betaina (%)
Zacatecas-51	0.78	54.33	21.46	24.13	2908.0	3.12
Zacatecas-7	0.94	55.15	19.58	22.62	2644.0	2.29
Chihuahua-22	0.58	55.62	10.73	42.97	1795.5	2.70
Chihuahua-30	0.63	54.40	10.62	47.48	1901.5	2.91
Chihuahua-120	0.77	55.08	18.57	47.43	2060.0	4.17
Chihuahua-188	-	-	-	44.91	2106.5	2.08
Durango-39	0.81	54.67	19.07	53.04	2919.0	3.33
Coahuila	0.36	54.83	10.38	37.52	1196.0	1.87
Narro	0.56	54.14	16.16	42.99	1767.0	2.49
Aguascalientes	0.90	54.27	24.76	28.32	2584.5	2.49
San Luis Potosí-190	0.84	52.06	20.26	40.01	2451.5	2.91
Jalisco-64	0.70	54.83	23.59	40.67	2440.5	3.54
Testigo	0.64	53.59	10.27	55.24	1107.5	3.12
Promedio	0.71	54.41	17.12	40.56	2144.7	2.84

Cuadro 17. Clasificación de colecciones de zacate gigante por su resistencia a sequía según características estudiadas

C o l e c c i ó n	Peso seco de raíz	Contenido de humedad	Area foliar	Germinación en manitol	Rendimiento de campo	Contenido de betaina	Clasificación total
Zacatecas-51	R	R	S	AS	AR	MR	AR ₁ , R ₂ , MR ₁ , S ₁ , AS
Zacatecas-7	AR	AR	S	AS	AR	S	AR ₃ , S ₂ , AS ₁
Chihuahua-22	S	AR	AR	R	S	S	AR ₂ , R ₁ , S ₃
Chihuahua-30	MR	R	AR	R	MR	MR	AR ₁ , R ₂ , MR ₃
Chihuahua-120	R	AR	MR	R	MR	AR	AR ₂ , R ₂ , MR ₂
Chihuahua-188	-	-	-	R	MR	AS	R ₁ , MR ₁ , AS ₁
Durango-39	R	R	S	AR	AR	R	AR ₂ , R ₃ , S ₁
Coahuila	AS	R	AR	MR	AS	AS	AR ₁ , R ₁ , MR ₁ , AS ₃
Narro	S	MR	MR	R	S	S	R ₁ , MR ₂ , S ₃
Aguascalientes	AR	R	AS	AS	AR	S	AR ₂ , R ₁ , S ₁ , AS ₂
San Luis Potosí	R	AS	S	MR	R	MR	R ₂ , MR ₂ , S ₁ , AS ₁
Jalisco-64	MR	R	AS	MR	R	R	R ₃ , MR ₂ , AS ₁
Testigo	MR	MR	AR	AR	AS	MR	AR ₂ , MR ₃ , AS ₁

de trigo con alto rendimiento bajo sequía automáticamente se seleccionará para un extenso sistema radical.

Por mayor contenido de humedad en la porción aérea las colecciones Zacatecas-7, Chihuahua-22 y Chihuahua-120, se señalan como altamente resistentes (AR). Zacatecas-51, Chihuahua-30, Durango-39, Coahuila, Aguascalientes y Jalisco-64 como resistentes (R). Por otra parte al clasificar para área foliar, se puede observar como altamente resistente (AR) a las cuatro colecciones Chihuahua-22, Chihuahua-30, Coahuila y el Testigo; los cuales presentan menor área foliar, disminuye la transpiración y la planta economiza agua.

Fue posible identificar seis colecciones que se presentaron como resistentes (R), altamente resistentes (AR) y moderadamente resistentes (MR) de acuerdo a su poder de germinación en las soluciones de manitol y las mismas moderadamente resistentes, altamente resistentes y resistentes según rendimiento de forraje obtenido del campo siendo estos: Chihuahua-30, Chihuahua-120, Chihuahua-188, Durango-39, San Luis Potosí-190 y Jalisco-64.

En cuanto a contenido de betaina y rendimiento de campo también fue posible detectar seis colecciones sobresalientes: Zacatecas-51, Chihuahua-30, Chihuahua-120, Durango-39, San Luis Potosí-190 y Jalisco-64 como altamente resistentes, resistentes y moderadamente resistentes.

La colección Durango-39 demostró ser altamente resistente a sequía considerando cinco de los parámetros involucrados; peso seco de raíz, contenido de humedad, germinación de semillas en manitol, rendimiento de campo y contenido de betaina; siendo susceptible únicamente en el carácter de área foliar. La colección Chihuahua-120 muestra resistencia a sequía a través de: peso seco de raíz, contenido de humedad, germinación en manitol y contenido de betaina y moderada resistencia por área foliar y

rendimiento de campo. Chihuahua-30 se presenta como altamente resistente según área foliar, resistente por contenido de humedad y germinación en manitol, también moderadamente resistente por peso seco de raíz, rendimiento de campo y contenido de betaína. Jalisco-64 de acuerdo a tres de los parámetros analizados, manifiesta ser resistente considerando contenido de humedad, rendimiento de campo y contenido de betaína, aunque altamente susceptible según área foliar. El testigo es señalado como regular de acuerdo a su comportamiento general, sin embargo, es uno de los dos que bajo condiciones de campo el rendimiento es de los más pobres.

Las colecciones: Durango-39, Chihuahua-120, Chihuahua-30 y Jalisco-64 con la finalidad de desarrollar materiales con alto rendimiento y manipulando los parámetros de resistencia a sequía identificados pueden ser incrementados para utilizarlos como progenitores, realizar pruebas avanzadas bajo condiciones de sequía en diferentes localidades, identificar y desarrollar líneas más rendidoras de forraje para explotación comercial. Sathyanarayanaiah (1980) también clasificó variedades de trigo resistentes, moderadamente resistentes y susceptibles en base a peso seco de raíz, agua perdida en hojas, temperatura de hojas, tasa de transpiración en las hojas, área foliar y rendimiento de grano en el campo bajo condiciones de sequía, sugiriendo también los mejores progenitores para hibridación y selección en la formación de variedades.

En el estudio realizado, se han obtenido bases importantes en el conocimiento para reforzar y planear trabajos futuros para el mejoramiento genético de esta especie bajo condiciones de sequía haciendo particular énfasis en que la información de este tipo puede ser mejor aprovechada cuando el rendimiento y otros caracteres son considerados simultáneamente como criterio de selección.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se realizaron cuatro experimentos conducidos bajo invernadero, laboratorio y campo para identificar y clasificar genotipos resistentes a sequía obteniendo las conclusiones y recomendaciones siguientes:

Conclusiones.

1. Existe una gama de variabilidad genética para todas las características relacionadas con rendimiento y para características asociadas con resistencia a sequía en las colecciones incluidas en esta investigación.
2. Bajo condiciones de campo se identificaron seis colecciones altamente rendidoras: Durango-39, Zacatecas-51, Zacatecas-7, Aguascalientes, San Luis Potosí-190 y Jalisco-64.
3. Zacatecas-7, Aguascalientes, San Luis Potosí-190 y Durango-39, fueron las colecciones que produjeron mayor peso seco de raíces y también mostraron un comportamiento sobresaliente en rendimiento de forraje en invernadero y en el campo.
4. El testigo, Durango-39, Chihuahua-30, Chihuahua-120 y Chihuahua-188 mostraron mayor capacidad de germinación en alta presión osmótica.
5. La mayor cantidad de betaina se encontró en las colecciones: Chihuahua-120, Jalisco-64, Durango-39, Testigo y Zacatecas-51.
6. Existe correlación positiva y altamente significativa entre

peso seco de raíz con rendimiento de campo y área foliar. Peso fresco de forraje con peso seco, altura de planta y área foliar.

7. Área foliar y rendimiento de campo son parámetros útiles para selección de colecciones de zacate gigante con mejor sistema radical, y con resistencia a sequía.
8. De acuerdo a su clasificación considerando simultáneamente de cuatro a cinco de los parámetros relacionados con resistencia a sequía los genotipos Durango-39, Chihuahua-120, Chihuahua-30 y Jalisco-64, mostraron ser los más sobresalientes.
9. Fue posible detectar como mejores fuentes de germoplasma localidades de los estados de Chihuahua y Zacatecas.

Recomendaciones.

1. Se recomienda que las colecciones: Durango-39, Chihuahua-120, Chihuahua-30 y Jalisco-64 sean utilizadas en un programa de mejoramiento como progenitores, para efectuar pruebas avanzadas considerando amplio número de localidades y/o para incrementarse para ser liberadas como variedades.
2. Al evaluar materiales de zacate gigante se sugiere como criterio de selección más eficiente, el estudio y análisis simultáneo del rendimiento, sistema radical, respuesta de la germinación de la semilla en presión osmótica usando algunos productos químicos, contenido de betaina y ácido abscísico, área foliar y otros caracteres asociados con resistencia a sequía a través de metodologías de laboratorio, invernadero y campo.

4. Para el análisis del contenido de betaina en las colecciones se recomienda considerar cuando menos cuatro repeticiones, aumentar el número de muestras por parcela y analizar en forma inmediata después de efectuar el corte del forraje.

RESUMEN

Trece colecciones de zacate gigante *Leptochloa dubia* H.B.K. Ness (doce nativos y un testigo) fueron evaluados a través de varios criterios para identificar los mejores con resistencia a sequía a nivel de campo, laboratorio e invernadero. A nivel campo en el Campo Experimental "Mardoqueo Ramos Ibarra" del municipio de Ocampo, Coahuila; de laboratorio e invernadero en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Para ello se realizaron cuatro experimentos principalmente para determinar rendimiento de forraje bajo sequía en condiciones de campo, estudiar potencial de sistema radical, germinación de semilla bajo presión osmótica y determinar contenido de betaina en esta especie.

El experimento conducido para evaluación de las colecciones bajo temporal, fue sembrado en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los análisis de covarianza para rendimiento indicaron diferencias altamente significativas tanto en 1977 como en 1978. Las colecciones: Durango-39, Zacatecas-51, Zacatecas-7, Aguascalientes, San Luis Potosí-190 y Jalisco-64 produjeron los rendimientos de forraje más altos, comportamiento estable y resistencia a sequía a través de los dos años de estudio.

En el experimento sobre potencial de sistema radical, doce colecciones fueron evaluadas a nivel de planta adulta, estudiando peso seco de raíz y otras características bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los análisis de varianza revelaron diferencias altamente significativas en siete de las características estudiadas, encontrando que Zacate-

cas-7, Aguascalientes, San Luis Potosí-190 y Durango-39 produjeron mayor peso seco de raíces por planta y estos mismos produjeron altos rendimientos de forraje en condiciones de campo. Fue posible detectar correlaciones positivas significativas entre peso seco de raíz con peso fresco y peso seco de forraje. Peso fresco de forraje esta directamente asociado con peso seco, altura de planta y área foliar. Por otra parte altura de planta, peso fresco y seco de forraje pueden ser útiles como índice de selección indirecta para identificación de genotipos con alto rendimiento de forraje y mejor sistema radical.

Para realizar el experimento sobre estudio de la germinación de semilla de zacate gigante bajo diferente presión osmótica, se usaron seis tratamientos: 0, 3, 6, 9, 12 y a 15 atmósferas donde el diseño experimental fue un bifactorial con distribución de bloques al azar y cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que los más altos porcentajes de germinación en alta presión osmótica fueron alcanzados por el Testigo, Durango-39, Chihuahua-30 y Chihuahua-188, lo que permite aumentar por selección la emergencia y establecimiento de plántulas de zacate gigante bajo condiciones de escasa humedad en el suelo. En algunas colecciones se observó relación entre alta germinación en alta presión osmótica y rendimiento sobresalientes de forraje, sin embargo en otros no fue posible observar tal asociación.

El contenido de betaina en las colecciones: Chihuahua-120, Jalisco-64, Durango-39 y Zacatecas-51 fue mayor, lo que hace suponer que tienen resistencia y alta capacidad de adaptación en condiciones de temporal en zonas áridas y semiáridas.

Al analizar conjuntamente el comportamiento de los genotipos através de los parámetros; peso seco de raíz, contenido de humedad, área foliar, germinación en soluciones de manitol, rendimiento de campo y contenido de betaina usando para su clasificación los niveles de resistencia comó: 1) genotipo alta-

mente resistente; 2) resistentes; 3) moderadamente resistentes, 4) susceptibles y 5) altamente susceptibles, se identificaron cuatro colecciones: Durango-39, Chihuahua-120, Chihuahua-30 y Jalisco-64 como materiales sobresalientes con resistencia a sequía habiendo considerado para ello de cuatro a cinco de los parámetros relacionados con sequía incluidos en este trabajo.

Se recomienda usar las colecciones de Durango-39, Chihuahua-120, Chihuahua-30 y Jalisco-64 como progenitores dentro de un programa de mejoramiento genético de zacate gigante para desarrollar líneas más rendidoras o bien incrementar su semilla con posibilidades futuras para liberar variedades, realizar pruebas avanzadas en diferentes localidades y continuar una búsqueda más amplia de nuevos materiales en las regiones de Chihuahua y Zacatecas.

A través de este estudio ha sido posible establecer algunas bases importantes que se recomienda tomar en cuenta al planear trabajos posteriores de mejoramiento genético y resistencia a sequía en esta especie. Se desprende también de los resultados obtenidos que cuando el rendimiento y otros caracteres asociados con sequía son considerados simultáneamente como criterio de selección se obtiene un mejor aprovechamiento de la información.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo. 1960. Premier sideoats grama. The agricultural and mechanical. Collage of Texas. Texas Agricultural Station.
- Anónimo. 1964. Lovington bluegrama. Cooperative Extension Service. New México State University. Circular 364.
- Aase, J.K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70: 563-565.
- Alba, A. 1983. Comparative germination ecology of *Sporobolus airoides* and *Hilaria mutica* from Mapimi Biosphere reserve and other Mexican and United States locations. Thesis, M.S. Graduate College, University of Arizona.
- Barnett, N.M. y A.W. Naylor. 1966. Amino acid and protein metabolism in bermuda grass during water stress. *Plant Physiology*. pp. 1222-1230.
- Beltrán, E.D. 1983. Estudio de heterosis en algunas características relacionadas con la resistencia a sequía en el sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis, M.C. Programa de Graduados. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenayista, Saltillo, Coahuila.
- Blackman, G.E. 1950. The Phisiological basis of variation in yield. *Adv. Agro.* 40: 101-145.
- _____. 1956. Influence of light and temperature on leaf growth. p. 151-167 in F. Milthorpe (ed) the growth of leaves, Butterworths, London.

- Brauer, O. 1978. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa, S.A. México, D.F. pp. 241-244.
- Burton, G.W. 1948. A method for producing chance crosses and polycrosses of Pensacola Bahiagrass (*Paspalum notatum*). Jour. Soc. Agron.
- Castro, G.M., G. Olivares, S. Ruelas, A. López, R. Espinoza y S. Castro. 1983. Uso actual y potencial de los recursos genéticos de las zonas áridas. En: Simposio de Recursos Agrícolas de las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Jose Molina (ed) Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 119-122.
- Claverán, A.R. 1968. Comentario sobre: Mejoramiento de las plantas forrajeras en México. (de Efraín Hernández, X. y Ángel Ramos Sánchez). pp. 255-257.
- Cortez, N.J.R. 1981. Selección recurrente para tolerancia a sequía en el compuesto de maíz, Calera-74. Tesis, M.C. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buena Vista, Saltillo, Coahuila.
- Caughlan, S.J., R.G. Wyn Jones. 1982. Glycinebetaine biosynthesis and its control in detached secondary leaves of spinach. Planta. 154: 6-17.
- Dalrymple, R.L. y D.D. Dwyer. 1980. Crecimiento de los brotes y raíces de cinco gramíneas forrajeras. En: rendimiento del pastizal. Compiladores: Martín H. González y Robert S. Campbell. Traducción de artículos seleccionados de Journal of range management, traducidos a español por Ramón Palazon. Editorial Pax México, Librería Carlos Cesarman, S.A. México, D.F.
- De Roo, R.E. 1969. Tillage and root growth. Whittington W.J. (ed) Butterworths, London. pp. 339-358.
- Fitzpatrick, E.A. y W.R. Sterh. 1965. Components of the radia-

tive balance of irrigated plots in dry monsoonal environment. *J. Appl. Meteorol.* 4: 649-660.

- Ford, C.W., J.R. Wilson. 1981. Changes in leaves of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. *Aust. J. Plant Physiol.* 8: 77-91.
- Fujii, Y. 1959. On the correlation between development of branch roots and emergence of leaves at the successive nodes of the main stem of wheat plants. *Proc. Crop Sci. Soc., Japan.* 27: 232-234
- Goedwaageen, M.A.J. y J.J. Schuurman. 1956. Root development of grassland with special reference to water conditions of soil. *Proc. 7th Int. Grassland, Cong., New Zeland.* pp. 45-55.
- Gómez, L.E. 1983. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Resumen, Semana de la Hierba. *Simposium: La Sequía y su Impacto en la Agricultura.* Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- González, D.J.R. 1982. Perspectivas y plan para el mejoramiento genético de las gramíneas forrajeras de la zona árida y semiárida de México. Folleto de divulgación, Vol. 2. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Gould, F.W. 1975. *The grasses of Texas* A&M. University Press.
- Hanson, A.D., C.E. Nelson, E.H. Everson. 1977. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. *Crop Sci.* 17: 720-726.
- _____. y E. Nelsen. 1978. Betaine accumulation and (^{14}C) formate metabolism in water-stressed barley leaves. *Plant Physiology.* 62: 305-312.

- _____. , y N.A. Scott. 1980. Betaine synthesis from radioactive precursors in attached water-stressed barley leaves. *Plant Physiology*. 66: 342-348.
- _____. , y R. Wyse. 1982. Biosynthesis, translocation, and accumulation of betaine in sugarbeet and its progenitors in relation to salinity. *Plant Physiol.* 70: 1191-1198.
- _____. , y D. Rhodes. 1983. ^{14}C tracer evidence for synthesis of choline and betaine via phosphoryl base intermediates in salinized sugarbeet leaves. *Plant Physiology*. 71: 692-700.
- Hernández, X.E. y S.A. Ramos. 1968. Mejoramiento de plantas forrajeras en México. Memorias del Tercer Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. CENEINA, Chapingo, Edo. de México.
- Hitz, W.D., Jar Ladyman, D.D. Hanson. 1982. Betaine synthesis and accumulation in barley during field water-stress. *Crop Sci.* 22: 47-54.
- Hodges, T. y E.T. Kanemasu. 1977. Modeling of daily dry matter production of winter wheat. *Agron. J.* 69: 974-978.
- Holt, E.C. y F.L. Fisher. 1960. Root development of Coastal Bermudagrass with high nitrogen fertilization. *Agron. J.* 52: 593-596.
- Horst, D.L., C.J. Nelson y K.H. Asay. 1978. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. *Crop Sci.* 18: 715-719.
- Hoveland, C.S., H.W. Foutch y G.A. Buchanan. 1974. Response of *Phalaris* genotypes and other cold-season grasses to temperature. *Agron. J.* 66: 686-690.
- Hughes, H.D., M.E. Heat y D.S. Metcalfe. 1978. Forrajes. Edi-

torial Continental, S.A. México, D.F.

Hurd, E.A. 1964. Root study of three wheat varieties and their resistance to drought and damage by soil cracking. Can. J. Plant Sci. 44:240-248.

_____. 1971. Can we breed for drought resistance. pp 77-78. In: Drought injury and resistance in crops. CSSA. Spec. Publ. 2. Madison, Wis., USA.

_____. , Townley-Smith, T.F., Petterson, L.A., y Owen, C.H. (1972a). Wascana, a new durum wheat. Can J. Pl. Sci. 52: 687-688.

_____. , Townley-Smith, T.E., Petterson, L.A., y Owen, C.H. (1972b). Techniques used in producing Wascana wheat. Can J. Pl. Sci. 52: 689-691.

_____. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. In: J.F. Stone (editor) Plant modification for more efficient water use. Agric. Meteorol., 14: 39-55.

_____. 1975. In symposium of plant modification for more effective water use (J.E. Stone and J.E. Newman, eds.). Agric. Meteorology. 14: 39-55.

Johnson, I.J. 1966. Mejoramiento de las cosechas forrajeras. En: Forrajes. H.D. Hughes, M.E. Heath y D.S. Metcalfe. Editorial Continental, S.A. México. pp. 115-129.

Khan, M.A. y S. Tsunoda. 1970. Tohoku, J. Agric. Rev. 21: 60-72.

_____. y S. Tsunoda. 1971. Japan J. Breed. 21: 147-150.

- Knipe, O.D. 1968. Effects of moisture stress on germination of alkali sacaton, galleta and blue grama. *J. Range Mange.* 21: 3-4.
- Ladyman, J.A.R., K.M. Ditz, R. Grumet y P.D. Hanson. 1983. Genotypic variation for glycinebetaine accumulation by cultivated and wild barley in relation to water stress. *Crop Science.* 23: 465-468.
- Larque, S.A. 1983. Contribuciones de la fisiología vegetal a la resistencia a la sequía a nivel agronómico, a nivel biológico y a nivel metabólico. *Semana de la Hierba. Simposium: La Sequía y su Impacto en la Agricultura.* Univ. Autón. de Chapingo, México.
- Levitt, J. 1952. Frost, drought and heat resistance. *Ann. Rev. Plant. Physiology.* 2: 245-268.
- _____. 1972. Stress concepts. Responses of plant to environmental stress. Academic Press. Inc. New York, N.Y. U.S.A.
- Lima, M.G. 1978. Estudio da resistencia a seca en cultivares de feijão *Phaseolus vulgaris*, L. Tese Mag. Sc. Piracicaba-sp. Brasil, Universidad de Sao Paulo Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz".
- Little, T.M. y F.J. Hills. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura, Segunda reimpresión Editorial Trillas, México, D.F.
- Magalhaer, A.C. y Mil Carelli. 1972. Germinação de sementes de feijão *Phaseolus vulgaris*, L. sob condições variadas de pressau osmótica. *Bragantia.* 31: XIX-XXVI.
- Maximov, N.A. 1946. *Fisiología Vegetal.* ACME. Buenos Aires.

- McGinnies, W.J. 1960. Effects of moisture stress and temperature on germination of six range grasses. Agron. J. - 52: 159-162.
- Melnosh, M.S. and D.A. Miller. 1981. Genetic and soil moisture effects for root characters in alfalfa populations differency in winter herdiness. Crop Science, 24: 465-468.
- Mendoza, H.J.M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la Univ. Agron. Agraria "Antonio Narro". Agrometeorología, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Molina, G.J.D. 1980. Selección masal para resistencia a sequía en maíz. Agrociencia, Chapingo, México. pp. 42: 69-76.
- Monteith, J.L. y G. Szciez. 1967. Radiactive temperature in the heat balance of natural surfaces. O.J.R. Meteorological Sci. 88: 496-507.
- Moss, D.N., J.T. Woolley and J.E. Stone. 1974. Plant modification for more efficient water use. The Challenge Agric. Meteor. 14: 311-320.
- Muñoz, O.A., F. Márquez, S. y J. Ortíz. 1974. Problemas del mejoramiento de la producción bajo sequía en maíz. IV Congreso Mexicano de Fitogenética. Esc. de Agric. Univ. de Guadalajara.
- _____. 1980. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. Ciencia y Desarrollo, CONACYT. No. 33, p. 26-35.
- _____. 1983. Principios básicos de la resistencia a sequía Resumen; Semana de la Hierba. Simposium: La Sequía y su Impacto en la Agricultura. Univ. Autón. de Chapingo, México.
- Nelson, C.J., K.H. Asay y D.A. Sleper. 1977. Mechanisms of

canopy development of tall fescue geotypes. *Crop Science*. 177: 449-452.

- Newel, L.C. and S.A. Eberhart. 1961. Clone and progeny evaluation in the improvement of switchgrass *Panicum virgatum* L. *Crop Sci.* 1: 117-121.
- Nour, M.A.E. y D.E. Weibel. 1978. Evaluation of root characteristics in grain sorghum. *Agron. Jour.* 70: 217-218.
- Ortegón, P.A. 1979. Desarrollo de variedades mejoradas de pastos nativos de zonas áridas a partir de poblaciones naturales. Informe Anual. UAA'AN'. Saltillo, Coah.
- Pan, S.M., R.A. Moreav, C. Yu and A.H.C. Huang. 1981. Betaine accumulation and betaine-aldehyde dehydrogenase in spinach leaves. *Plant Physiol.* 67: 1105-1108.
- Pearce, R.B., R.H. Brown and R.E. Blaser. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. *Crop Sci.* 5: 553-556.
- Pederson, G.A., W.A. Kengal and R.R. Hill Jr. 1984. Effect of divergent selection for root weight on genetic variation for root and shoot characters in alfalfa. *Crop Sci.* 24: 270-573.
- Poehlman, J.M. 1976. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa, S.A. México.
- Reeder, L.R. Jr., D.A. Sleper and C.H. Nelson. 1984. Response to selection for leaf area expansion rate of tall fescue. *Crop Sci.* 24: 97-100.
- Rhodes, I. y S.S. Mee. 1980. Changes in dry matter yield associated with selection for canopy characters in ryegrass. *Grass Forage. Sci.* 35: 35-39.
- Robson, M.J. y O.R. Jewiss. 1968. A comparison of British and North African varieties of tall fescue *Festuca arundinacea*

III Effects of light, temperature and daylength on relative growth rate and its components. *J. Appl. Ecol.* 5: 191-204.

- Rodríguez, O.J.L. 1983. Comportamiento de los estomas bajo sequía. *Semana de la Hierba. Simposium: La Sequía y su Impacto en la Agricultura.* Univ. Autón. de Chapingo, México.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1969. *Plant Physiology.* Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California. pp. 66-67.
- Sandhu, A.S. y H.H. Laude. 1957. Tests of drouth and heat hardiness of winter wheat. *Agronomy Journal.* pp. 78-81.
- Sathyanarayanaiah, K. 1980. Genetic studies on dryland wheat (*Triticum durum*). Research Station. Research Branch, Agriculture Canadá. Swift Current, Saskatchewan.
- Sathyanarayanaiah, K. 1983. Modelo de raíces en trigo macarronero en rizotrones. *Semana de la Hierba. Simposium: La Sequía y su Impacto en la Agricultura.* Univ. Autón. de Chapingo, México.
- Serrato, C.V.M. 1977. Ensayo de selección en zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula* Michx) Torr. Tesis M.C. Univ. Autón. Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Singh, D. 1980. Crop improvement under water stress conditions. Comunicación personal. Univ. Autón. Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Sleper, D.A., C.J. Nelson y K.H. Asay. 1977. Diallel and path coefficient analysis of tall fescue *Festuca arundinacea* regrowth under controlled conditions: *Can. J. Genet. & Cytol.* 19: 557-564.

- Souza, J.G., J.V. Da Silva, M.B. Neto y J.A. Giles. 1983. Velocidade de crecimiento da raiz como parametro de resistencia a secano algodoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasilia. 18(2): 169-172.
- Sprague, V.G. y D.E. McClaud. 1978. Los factores climatológicos en la producción de forraje. En: *Forrajes*. Hughes H.D., M.E. Heath y D.S. Metcalfe (editores) CECSA, México, D.F.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1960. *Principles and procedures of statistics*. Mac Graw-Hill, Book Company Inc.
- Tapia, C.R. and E.M. Schmutz. 1970. Germination responses of three desert grasses to moisture stress and light. *J. Range Manage.* 24: 292-295.
- Tischler, C.R. y R.L. Monk. 1980. Variability in root system characteristics of klein grass seedlings. *Crop Sci.* 20: 384-386.
- Townley, T.F. Smith and E.A. Hurd. 1977. Testing and selecting for drought resistance in wheat. In *Mussel, H. & Staples, R.C. Stress physiology in crop plant*. New York, Wiley - Interscience. p. 447-464.
- Vogel, K. P. 1977. Where are we going in grass breeding program? NFGC. Winter Meeting, Lincoln, Nebraska. p. 19-25.
- _____, H.J. Gorz y F.A. Hskins. 1981. Heritability estimates for height, color, erectness, leafiness and vigor in indiangrass. *Crop Sci.* 21: 734-736.
- Whvits, R. 1946. Effects of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seed. *Am. J. Bot.* 33: 278-295.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agro.* 40: 101-145.

- Whyte, R.O., T.R.G. Moir y J.P. Cooper. 1959. Las gramíneas en la agricultura. FAO, Roma.
- Williams, T.F. y H.M. Baker. 1957. Studies of the root development of herbage root investigation Brit. Grassland Soc. 12: 49-55.
- Williams, T.V., R.S. Snell y J.F. Ellis. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. Crop Sci. 7: 179-181.
- Zarrouh, K.M., C.J. Nelson y J.H. Coutts. 1983. Relationship between tillering and forage yield of tall fescue. I yield. Crop Sci. 23: 333-337.
- _____. , C.J. Nelson and J.H. Coutts. 1983. Relationship between tillering and forage yield of tall fescue. II Pattern of tillering. Crop Science. 23: 337-341.