

00345
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ESTUDIO SISTEMÁTICO DE *Sorghum
trichocladum* (HACKEL) KUNTZE
(POACEAE: ANDROPOGONEAE)**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA VEGETAL)**

**P R E S E N T A :
LIDIA IRENE CABRERA MARTÍNEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:
Dra. PATRICIA DOLORES DÁVILA ARANDA**



MÉXICO, D.F. 1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

268781



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Estudio Sistemático de *Sorghum trichocladum* (Hackel) Kuntze
(Poaceae: Andropogoneae)**

Por: Lidia Irene Cabrera Martínez

UNAM

Septiembre 1998

RESUMEN

Este trabajo representa una revisión taxonómica de la especie *Sorghum trichocladum*, integrante de la subtribu Sorghinae, tribu Andropogoneae, de la familia Poaceae. El trabajo incluye un tratamiento taxonómico, donde se anexa una clave de identificación de esta especie y grupos relacionados, así como sus descripciones morfológicas y anatómicas. También se aportan datos fitoquímicos, citológicos, así como aspectos generales de distribución geográfica y hábitat.

Con base en la información generada y con el fin de reconocer la delimitación taxonómica de *Sorghum trichocladum* y su relación con otros géneros afines, se realizó un análisis filogenético en el cual se incluyeron además de esta especie, algunas pertenecientes a los géneros *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Cleistachne*, que pertenecen a la subtribu Sorghinae y que según varios autores representan taxa cercanamente relacionados al taxón en estudio.

El resultado del análisis filogenético indica varios puntos importantes. En primer lugar, el género *Sorghum* es una entidad polifilética, es decir no existe ninguna sinapomorfia que apoye la monofilia de este género. En segundo término, se observa que *Sorghastrum*, *Cleistachne* y *Sorghum trichocladum* forman una entidad monofilética, diferente al resto de los taxa analizados. En tercer término, *Sorghum trichocladum* tiene como grupo hermano al género *Sorghastrum*, con el que comparte una sinapomorfia y algunos caracteres importantes. Por último, con base en los resultados del análisis filogenético se apoya la propuesta de que *Sorghum trichocladum*, representa un taxón diferente taxonómica y evolutivamente, de los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum* y se propone el nombre de *Mesosorghum* para esta nueva entidad taxonómica.

A mi esposo: Gerardo
A mis padres: José y Martha
A mis hermanos: Claudia, Esperanza e Ignacio
Muchas Gracias

AGRADECIMIENTOS

En seguida listo a todas las personas en instituciones que me brindaron su apoyo para la realización de este trabajo.

En primer termino agradezco ampliamente a la Dra. Patricia Dávila A. por su dirección, gran apoyo y sugerencias en el desarrollo de este estudio.

Agradezco al Herbario Nacional de México, del Instituto de Biología, las oportunidades que me brindó para el desarrollo de mi trabajo y formación profesional.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, agradezco el apoyo de beca (of. 523.01) que me fue otorgado.

A los miembros integrantes del jurado que fungieron como sinodales, les agradezco profundamente sus pertinentes sugerencias y observaciones en la revisión final de este estudio: Dra. Patricia D. Dávila A., Dra. M. Hilda Flores O., M. en C. Maricela Gómez S., M. en C. Manuel González González Ledesma, Dra M. Cristina Pérez-Amador y Barrón, Dr. Rafael Lira S, y Dr. Jesús Valdés R.

A las Doctoras Patricia Guevara y Aida Nelly, por su asesoría en las técnicas para la detección de flavonoides y compuestos Cianogénicos.

A el Dr. Javier Caballero, le agradezco las observaciones y sugerencia, para el desarrollo de los análisis fenéticos.

A la Pas. de Biól. Iliana Ramírez, le agradezco las sugerencias, observaciones y enseñanzas de las técnicas citológicas, que se requirieron en este estudio.

Al Jardín Botánico del Instituto de Biología y a la Biól. Estela Sandoval agradezco su tiempo y sugerencias, en el desarrollo del estudio anatómico de corte transversal de lámina.

Al Dr. Gerardo Pérez Ponce de León y a la M. en C. Berenit Garcia por el apoyo para realizar los análisis filogenéticos.

Mi agradecimiento a los diferentes herbarios nacionales y extranjeros, que amablemente me prestaron los ejemplares de herbario: CHAPA, COCA, GH y US.

A Biól. Álvaro Campos, al colector Izmael Calzada, y al Pas. de Biól. Antonio Salinas, les agradezco su ayuda y tiempo, que me brindaron durante la colecta de los especímenes.

Por ultimo, agradezco a todos mis amigos y compañeros del Depto. de Botánica del Instituto de Biología, por su ayuda y amistad durante este tiempo.

INDICÉ

RESUMEN	0
INTRODUCCIÓN E HISTORIA TAXONÓMICA	1
OBJETIVOS	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
1. Trabajo de herbario	9
2. Estudio morfológico	9
3. Trabajo de campo	10
4. Estudios anatómicos	10
4.1 Corte transversal de lámina	10
4.2 Epidermis de lámina	11
4.21 Microscopio óptico	11
4.22 Microscopio electrónico de barrido	11
5. Recuentos cromosómicos	12
6. Fitoquímica	12
6.1 Compuestos cianogénicos	12
6.2 Flavonoides	13
7. Estudio fenético	15
7.1 Análisis de conglomerados para morfología y anatomía	15
7.2 Análisis de conglomerados para flavonoides	16
8. Estudio filogenético	16
8.1 Análisis cladístico para <i>Cleistachne</i> , <i>Sorghastrum</i> , <i>Sorghum</i> y <i>Sorghum trichocladum</i>	17
8.2 Análisis cladístico para especies de <i>Sorghastrum</i> , <i>Sorghum</i> y <i>Sorghum trichocladum</i>	18
RESULTADOS	19
1. Estudios anatómicos	19
1.1 Corte transversal de lámina	19
1.11 <i>Sorghum trichocladum</i>	19
1.12 <i>Sorghum spp.</i>	23
1.13 <i>Sorghastrum spp.</i>	27

1.2 Epidermis de lámina	38
1.21 <i>Sorghum trichocladum</i>	38
1.22 <i>Sorghum spp.</i>	43
1.23 <i>Sorghastrum spp.</i>	55
2. Recuentos cromosómicos	69
3. Fitoquímica	69
3.1 Compuestos cianogénicos	69
3.2 Flavonoides	69
4. Distribución geográfica	79
5. Estudio fenético	84
5.1 Análisis de conglomerados para morfología y anatomía	84
5.2 Análisis de conglomerados para flavonoides	93
6. Estudio filogenético	97
6.1 Análisis cladístico para <i>Cleistachne</i> , <i>Sorghastrum</i> , <i>Sorghum</i> y <i>Sorghum trichocladum</i>	97
6.2 Análisis cladístico para especies de <i>Sorghastrum</i> , <i>Sorghum</i> y <i>Sorghum trichocladum</i>	102
DISCUSIÓN	115
CONCLUSIONES	120
1. TRATAMIENTO TAXONÓMICO	122
1.1 <i>Mesosorghum</i>	122
1.11 <i>Mesosorghum trichocladum</i>	124
LITERATURA CITADA	127

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Ejemplares utilizados, en corte transversal de lámina. <i>Sorghum</i> <i>trichocladum</i>	21
Cuadro 2. Ejemplares utilizados, en corte transversal de lámina. <i>Sorghum</i>	25
Cuadro 3. Ejemplares utilizados, en corte transversal de lámina. <i>Sorghastrum</i>	29
Cuadro 4. Corte transversal de la lámina. Forma de la hoja	32

Cuadro 5. Corte transversal de la lámina. Costillas y surcos	32
Cuadro 6. Corte transversal de la lámina. Nervadura central	33
Cuadro 7. Corte transversal de la lámina. Haces vasculares	34
Cuadro 8. Corte transversal de la lámina. Vaina parenquimática de los haces vasculares	35
Cuadro 9. Corte transversal de lámina. Esclerénquima asociado a los haces vasculares	36
Cuadro 10. Corte transversal de lámina. Esclerénquima en el margen de la lámina	36
Cuadro 11. Corte transversal de lámina. Células epidérmicas	37
Cuadro 12. Ejemplares utilizados, en epidermis. Sorghum trichocladum	40
Cuadro 13. Ejemplares utilizados, en epidermis. Sorghum	46
Cuadro 14. Ejemplares utilizados, en epidermis. Sorghastrum	58
Cuadro 15. Epidermis adaxial. Células largas intercostales	59
Cuadro 16. Epidermis adaxial. Aparatos estomáticos	59
Cuadro 17. Epidermis adaxial. Células interestomáticas	60
Cuadro 18. Epidermis adaxial. Papilas	60
Cuadro 19. Epidermis adaxial. Células cortas intercostales	61
Cuadro 20. Epidermis adaxial. Células cortas costales	61
Cuadro 21. Epidermis adaxial. Agujiones	62
Cuadro 22. Epidermis adaxial. Micropelos	63
Cuadro 23. Epidermis adaxial. Macropelos	63
Cuadro 24. Epidermis adaxial. Cuerpos de sílice	64
Cuadro 25. Epidermis abaxial. Células largas intercostales	64
Cuadro 26. Epidermis abaxial. Aparatos estomáticos	64
Cuadro 27. Epidermis abaxial. Células interestomáticas	64
Cuadro 28. Epidermis abaxial. Papilas	65
Cuadro 29. Epidermis abaxial. Células cortas intercostales	66
Cuadro 30. Epidermis abaxial. Células cortas costales	66
Cuadro 31. Epidermis abaxial. Agujiones	67
Cuadro 32. Epidermis abaxial. Micropelos	68
Cuadro 33. Epidermis abaxial. Macropelos	68

Cuadro 34. Epidermis abaxial. Cuerpos de sílice	68
Cuadro 35. Especies, colectores y número de colecta de las muestras utilizadas. Flavonoides	70
Cuadro 36. Especies y número de manchas presentes en cada una de las placas cromatográficas	71
Cuadro 37. <i>Sorghum trichocladum</i> . Flavonoides	75
Cuadro 38. <i>Sorghum bicolor</i> . Flavonoides	75
Cuadro 39. <i>Sorghum halepense</i> . Flavonoides	76
Cuadro 40. <i>Sorghum stipoides</i> . Flavonoides	76
Cuadro 41. <i>Sorghastrum brunneum</i> . Flavonoides	77
Cuadro 42. <i>Sorghastrum nutans</i> . Flavonoides	78
Cuadro 43. <i>Sorghastrum incompletum</i> . Flavonoides	78
Cuadro 44. <i>Saccharum officinarum</i> . Flavonoides	78
Cuadro 45. Promedio de manchas por cuadrante. Flavonoides	79
Cuadro 46. Distribución geográfica de los subgéneros de <i>Sorghum</i>	80
Cuadro 47. Especies, estados, colectores y número de colecta	85
Cuadro 48. Matriz de datos para el análisis cladístico 1	99
Cuadro 49. Matriz de datos para el análisis cladístico 2	111
Cuadro 50. Diferencias morfológicas entre <i>Sorghum</i> , <i>Sorghastrum</i> y <i>Mesosorghum</i> <i>trichocladum</i>	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía 1. Corte transversal de la lámina. <i>Sorghum trichocladum</i>	22
Figura 2. Fotografía 2. Corte transversal de la lámina. <i>Sorghum trichocladum</i>	22
Figura 3. Fotografía 3. Corte transversal de la lámina. <i>Sorghum halepense</i> ...	26
Figura 4. Fotografía 4. Corte transversal de la lámina. <i>Sorghum halepense</i> ...	26
Figura 5. Fotografía 5. Corte transversal de la lámina. <i>Sorghastrum</i> <i>incompletum</i>	31

Figura 6. Fotografía 6. Corte transversal de la lámina. Sorghastrum incompletum	31
Figura 7. Fotografía 7. Epidermis abaxial. Microscopio óptico. Sorghum trichocladum	41
Figura 8. Fotografía 8. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum trichocladum	42
Figura 9. Fotografía 9. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum trichocladum	42
Figura 10. Fotografía 10. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum trichocladum	42
Figura 11. Fotografía 11. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum trichocladum	42
Figura 12. Fotografía 12. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum arundinaceum	47
Figura 13. Fotografía 13. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum arundinaceum	47
Figura 14. Fotografía 14. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum australiense	47
Figura 15. Fotografía 15. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum australiense	47
Figura 16. Fotografía 16. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum ethiopicum	48
Figura 17. Fotografía 17. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum ethiopicum	48
Figura 18. Fotografía 18. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum halepense	48
Figura 19. Fotografía 19. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum halepense	48
Figura 20. Fotografía 20. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido. Sorghum intrans	49
Figura 21. Fotografía 21. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	

	<i>Sorghum intrans</i>	49
Figura 22.	Fotografía 22. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum laxiflorum</i>	49
Figura 23.	Fotografía 23. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum laxiflorum</i>	49
Figura 24.	Fotografía 24. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum leiocladum</i>	50
Figura 25.	Fotografía 25. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum leiocladum</i>	50
Figura 26.	Fotografía 26. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum macrospermum</i>	50
Figura 27.	Fotografía 27. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum macrospermum</i>	50
Figura 28.	Fotografía 28. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum matarakenses</i>	51
Figura 29.	Fotografía 29. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum matarakenses</i>	51
Figura 30.	Fotografía 30. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum nitidum</i>	51
Figura 31.	Fotografía 31. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum nitidum</i>	51
Figura 32.	Fotografía 32. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum plumosum</i>	52
Figura 33.	Fotografía 33. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum plumosum</i>	52
Figura 34.	Fotografía 34. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum purpuro-sericeum</i>	52
Figura 35.	Fotografía 35. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum purpuro-sericeum</i>	52
Figura 36.	Fotografía 36. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
	<i>Sorghum stipoideum</i>	53

Figura 37. Fotografía 37. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
<i>Sorghum stipoides</i>	53
Figura 38. Fotografía 38. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
<i>Sorghum versicolor</i>	53
Figura 39. Fotografía 39. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
<i>Sorghum versicolor</i>	53
Figura 40. Fotografía 40. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
<i>Sorghum verticilliflorum</i>	54
Figura 41. Fotografía 41. Epidermis adaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
<i>Sorghum verticilliflorum</i>	54
Figura 42. Fotografía 42. Epidermis abaxial. Microscopio electrónico de barrido.	
<i>Sorghum verticilliflorum</i>	54
Figura 43. Distribución geográfica de <i>Sorghum trichocladum</i>	81
Figura 44. Distribución geográfica de <i>Sorghum trichocladum</i> y <i>Sorghastrum</i>	82
Figura 45. Distribución geográfica de <i>Cleistachne</i> y <i>Sorghum</i>	83
Figura 46. Fenograma 1	92
Figura 47. Fenograma 2	96
Figura 48. Cladograma 1	100
Figura 49. Cladograma 2	113
Figura 50. Cladograma 3	113
Figura 51. <i>Mesosorghum trichocladum</i>	125

INTRODUCCIÓN E HISTORIA TAXONÓMICA

El género *Sorghum* Moench, pertenece a la tribu Andropogoneae, que se distribuye en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, principalmente en el hemisferio oriental en la región Indo-Malaya (Hartley, 1958) y en América, donde los taxa son menos numerosos. A esta tribu pertenecen 85 géneros y 960 especies (Clayton & Renvoize, 1986). Se caracteriza especialmente por presentar dos espiguillas que nacen sobre el mismo nudo de un raquis frágil. La espiguilla sésil es usualmente perfecta o hermafrodita, en tanto la espiguilla pedicelada es masculina (estaminada) o estéril (solo las brácteas presentes, o en el género *Cleistachne* Benth. aún el pedicelo está ausente). En general, en la tribu Andropogoneae existe una tendencia hacia la reducción de las inflorescencias y la proliferación de las ramas axilares. Los límites taxonómicos de la tribu Andropogoneae están bien definidos, no así los límites de los géneros incluidos, lo cual probablemente se deba a la gran modificación que ha sufrido la inflorescencia al reducir sus ramas primarias, y espiguilla pedicelada (Dávila, 1991a).

La tribu Andropogoneae está formada de 11 subtribus: Andropogoninae Presl, Anthistiriinae Presl, Chionachninae Clayton, Coicinae Reichenb., Dimeriinae Hackel, Germainiinae Clayton, Ischaeminae Presl, Rottboelliinae Presl, Saccharinae Griseb., Sorghinae Bluff, Tripsacinae Dumort. (Clayton y Renvoize, 1986; Chapman, 1992).

En particular la subtribu Sorghineae, a la que pertenece el género *Sorghum*, se distribuye en las regiones tropicales del mundo. A esta subtribu la integran 14 géneros y 163 especies que se caracterizan por la presencia de una inflorescencia terminal, raramente axilar, simple, o digitada. Además presentan espiguillas pareadas de tamaños diferentes, por lo general dorsalmente comprimidas. Las espiguillas sésiles presentan una gluma externa generalmente firme y convexa (Clayton & Renvoize, 1986).

El género *Sorghum* antes de Linné era conocido por un conjunto de palabras en latín como *Milium indicum* o *Melica sive Sorghum*. Con esta forma de nombrar al género, se intentaba dar una descripción general del hábitat de la planta y de sus

usos. Sin embargo en estos "nombres" se omitían detalles estructurales de gran importancia de la planta, en donde, no se diferenciaban con claridad las estructuras reproductivas, por ejemplo, en esa época no se distinguían las anteras del estigma, o las brácteas de la espiguilla (glumas, lema y pálea) del fruto (Snowden, 1936).

En el año 1000 Plineo presentó una de las primeras descripciones de **Sorghum**, en la cual se mencionó la distribución del género, el color de la inflorescencia, el tamaño del fruto y el tipo de culmo arundinaceo (Snowden, 1936). Sin embargo, una descripción morfológica completa del género no fue publicada por este autor.

Posteriormente Linné (1753) propuso el género **Holcus** con base en 7 especies (**Holcus halepensis**, **H. lanatus**, **H. odoratus**, **H. laxus**, **H. saccharatus**, **H. sorghum**, y **H. striatus**). De las especies incluidas en **Holcus**, tres (**H. sorghum**, **H. saccharatus** y **H. halepensis**) son realmente sorgos (Snowden, 1936).

Adanson (1763) retomó el nombre de Sorghum, para proponer un género en el mismo sentido que Linné. Así, propuso a **Sorghum** y a la especie **Holcus sorghum** para su descripción. Este autor utilizó el mismo concepto que Linné, por lo tanto **Sorghum** Adanson es un nombre superfluo de **Holcus** L. (Snowden, 1936).

Por otra parte, Moench (1794), segregó del género **Holcus**, a **H. saccharatus** y **H. bicolor** y, con base en estas especies, realizó por primera vez la descripción morfológica del género **Sorghum**, designando como especie tipo a **S. bicolor**. En cuanto a las especies **H. lanatus**, **H. mollis**, y **H. avenaceus** las mantuvo en el género **Holcus** (Snowden, 1936).

Posteriormente, Persoon (1805) describió el género **Sorghum** (aparentemente en forma independiente a Moench), con base en cuatro especies (**Sorghum vulgare**, **S. saccharatum**, **S. halepense** y **S. nitidum**). Para la descripción de **S. vulgare** se basó en **Holcus Sorghum** (Snowden, 1936).

Bentham (1882) describió el género monotípico **Cleistachne** para lo cual se basó principalmente en características morfológicas como la reducción de los racimos y a la pérdida de la espiguilla pedicelada y el pedicelo.

Hacia fines del siglo pasado, Hackel (1889) incluyó a ***Sorghum*** como un subgénero del género ***Andropogon***, por la presencia de las espiguillas que nacen en el mismo punto. En este trabajo el autor observó una serie de afinidades morfológicas (tipo de panícula y composición de las espiguillas sésil y pedicelada) entre los géneros ***Sorghum*** y ***Cleistachne*** (Garber, 1950).

Posteriormente Nash (1901) segregó del género ***Sorghum*** a ***Sorghastrum***, incluyendo en el a especies sin una espiguilla pedicelada, la cual siempre está presente en ***Sorghum*** (Garber, 1950; Dávila, 1988).

Para despues, Stapf (1917) con base en evidencias citológicas, morfológicas, geográficas y filogenéticas dividió a ***Sorghum*** en dos secciones ***Eu-sorghum*** y ***Sorghastrum*** (Snowden, 1936). Así mismo, este autor destacó algunas afinidades morfológicas entre ***Sorghum*** y ***Cleistachne***, lo que lo llevaron a proponerlo como miembro de la nueva tribu ***Sorghastrae***. Las características morfológicas que utilizó para definir este grupo fueron: lemas bifidas y aristadas, compresión dorsiventral de las espiguillas y espiguilla pedicelada neutra, estaminada o ausente. Con respecto a esta última característica, se observa en el grupo ***Sorghastrae*** una clara tendencia a la reducción o pérdida de la espiguilla pedicelada y pedicelo.

Posteriormente Snowden (1936) reorganizó a los sorgos en dos secciones (***Para-sorghum*** y ***Eu-sorghum***) con base en sus características morfológicas y citológicas. .

Pilger (1940) incluyó a ***Sorghum trichocladum*** en la sección ***Parasorghum***, por tener nudos barbados y una panícula con ramas simples (Garber, 1950).

Garber (1950) publicó un estudio citotaxonomico del género ***Sorghum*** e incluyó información de tipo taxonómico, biogeográfico y citológico del mismo. Uno de los aspectos relevantes de este trabajo, es el arreglo taxonómico de ***Sorghum*** en seis subgéneros (***Eusorghum***, ***Heterosorghum***, ***Parasorghum***, ***Sorghastrum***, ***Stiposorghum***, ***Chaetosorghum***), con base en los parámetros mencionados anteriormente. Este autor utilizó como caracteres diagnósticos para su clasificación los siguientes: indumento de los nudos de los culmos, nervaduras de la lema externa

de la espiguilla sésil, textura y estructura de las lodículas y línea ventral de la cariopsis.

Celarrier (1958), reportó 43 especies de ***Sorghum***, arregladas en cinco subgéneros, con base en estudios de morfología y citología (Chaturvedi et al, 1994).

Clayton y Renvoize (1986), aunque retomaron en general la propuesta de Garber (1950) sin embargo, si reconocieron a ***Sorghastrum*** como género independiente, en tanto que Garber (1950) lo considero como el subgénero ***Sorghastrum***.

Lazarides, Hacker y Andrew (1991), tomaron en cuenta el trabajo de Garber (1950), para realizar la monografía del género ***Sorghum*** en Australia. En este trabajo detectan la presencia de cuatro subgéneros en este continente (***Parasorghum***, ***Stiposorghum***, ***Sorghum***, ***Heterosorghum***) de los seis propuestos por Garber (1950). Estos autores reconocen 31 especies de ***Sorghum*** para el mundo, de las cuales 17 especies y una variedad están presentes en Australia. Es importante destacar que en ese trabajo se señalan 14 especies endémicas para Australia y 8 nuevas para la ciencia.

Actualmente el género ***Sorghum*** esta conformado por 31 especies que se distribuyen en las zonas tropicales y subtropicales del Viejo Mundo (Lazarides Hacker y Andrew, 1991), mientras que en América solo está representdo por ***Sorghum trichocladium*** (Clayton y Renvoize, 1986). Las especies del género ***Sorghum*** pueden ser anuales o perennes, cespitosas, robustas, y en ocasiones rizomatosas. Además presentan una panícula, con racimos simples o subdividida en racimos densos. La espiguilla sésil es pubescente, a veces aristada, y presenta un callo obtuso o puntiagudo. La espiguilla pedicelada está bien desarrollada o reducida a una gluma (Mejía y Dávila, 1992).

Taxonómicamente, el género ***Sorghum*** ha sido dividido en cinco subgéneros (Clayton y Renvoize, 1986; Garber, 1950). Cuyas características diagnósticas se describen a continuación:

a) ***Sorghum***: nudos del culmo glabros; ramas primarias de la inflorescencia verticiladas, con ramas secundarias; pulvínulo grande; callo de la espiguilla sésil

obtusos; espiguilla sésil cortamente aristada; lodículas ciliadas, membranáceas; espiguilla pedicelada masculina o neutra, lemas presentes; cariopsis obovoide; número cromosómico $X= 10, 20$; se distribuye en África y el este del Mediterráneo.

b) ***Chaetosorghum***: nudos del culmo glabros; ramas primarias de la inflorescencia solitarias, sin ramas secundarias; pulvínulo grande; callo de la espiguilla sésil obtuso; espiguilla sésil largamente aristada; lodículas glabras, crasas; espiguilla pedicelada neutra, solo las glumas presentes; cariopsis obovoide; número cromosómico $X= 10$; se distribuye en el norte de Australia.

c) ***Heterosorghum***: nudos del culmo glabros; ramas primarias de la inflorescencia verticiladas, con ramas secundarias; pulvínulo pequeño; callo de la espiguilla sésil obtuso; espiguilla sésil largamente aristada; lodículas ciliadas, membranáceas; espiguilla pedicelada neutra, solo las glumas presentes; cariopsis obovoide; número cromosómico $X=10$; se distribuye en el norte de Queensland, Nueva Guinea y las Filipinas.

d) ***Parasorghum***; nudos del culmo barbados; ramas primarias de la inflorescencia verticiladas, sin ramas secundarias; pulvínulo pequeño; callo de la espiguilla sésil obtuso; espiguilla sésil usualmente largamente aristada; lodículas ciliadas, membranáceas; espiguilla pedicelada masculina o neutra, sin lemas; cariopsis obovoide; número cromosómico $X= 5, 10$; se distribuye en África, Asia y Australia.

e) ***Stiposorghum***; nudos del culmo barbados; ramas primarias de la inflorescencia verticiladas, sin ramas secundarias; pulvínulo pequeño; callo de la espiguilla sésil agudo; espiguilla sésil usualmente largamente aristada; lodículas ciliadas, membranáceas; espiguilla pedicelada masculina; cariopsis anchamente subulada; número cromosómico $X= 5, 10$; se distribuye en el norte de Australia.

En particular ***Sorghum trichocladum***, se incluye en el subgénero ***Parasorghum***, por presentar un anillo de tricomas en el nudo del culmo, una panícula simple, un callo obtuso, glumas con 6 a 10 nervaduras, una arista prominente en las espiguillas, y lodículas membranáceas (Garber, 1950). Esta especie se distribuye en México, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Michoacán,

México, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, así como en Guatemala y Honduras. Es interesante señalar que la distribución geográfica de esta especie es disyunta con respecto a las restantes especies del subgénero *Parasorghum*, que se restringen a las regiones tropicales y semitropicales del Viejo Mundo (Garber, 1950).

Por otra parte, en las últimas tres décadas se han publicado numerosos trabajos de diferentes disciplinas de la investigación científica en donde se han utilizado diferentes especies del género *Sorghum*.

Akazawa, Miljanich y Conn (1960), identificaron un compuesto cianogénico presente en *Sorghum vulgare*.

De Wet (1978) abordó la sistemática y evolución de la Sección *Sorghum*, con base en el estudio de tres especies del género *Sorghum* (*S. halepense*, *S. propinquum*, *S. bicolor*) y del complejo formado por plantas silvestres, cultivadas y malezoides de la especie *S. bicolor*. En este trabajo el autor mencionó que la domesticación de los sorgos parece estar íntimamente ligada a los ambientes humanos y que las diferentes razas de sorgos son resultado de un aislamiento de tipo etnológico, ecológico y geográfico.

Ming-Hong, Hung-tu y Liang (1984) realizaron el estudio cariotípico de siete especies de *Sorghum* (*S. bicolor*, *S. halepense*, *S. intrans*, *S. nitidum*, *S. purpureo-sericeum*, *S. stipoideum*, *S. versicolor*). Estos autores trabajaron aspectos de morfología, longitud y posición del centrómero de los cromosomas y encontraron que todos los cromosomas de las especies, con un número cromosómico $2n=10$, son de gran tamaño (*S. intrans*, 5.41 a 6.52 μm ; *S. purpureo-sericeum*, 6.96 a 8.44 μm ; *S. stipoideum*, 3.72 a 4.89 μm ; *S. versicolor*, 5.99 a 7.42 μm). Así mismo, señalaron características cromosómicas distintivas para las especies del subgénero *Sorghum* (*S. bicolor*, *S. halepense*), mientras que la morfología de los cromosomas fueron similares en las especies de los subgéneros *Parasorghum* (*S. nitidum*, *S. purpureo-sericeum*) y *Stiposorghum* (*S. intrans*, *S. stipoideum*).

Harborne y Williams (1986) realizaron estudios detallados para la detección e identificación de flavonoides en especies de gramíneas cultivadas, entre las que se encuentran algunas del género *Sorghum* (*S. bicolor*). En esta misma publicación

estos autores señalaron que los flavonoides pueden ser desde el punto de vista taxonómico, buenas herramientas a niveles específico o genérico.

Duvall y Doebley (1990) estudiaron la variación del sitio de restricción en el genoma de *Sorghum*, y con base en sus resultados realizaron un análisis filogenético, llegando a la conclusión que este género debería incluir al género *Cleistachne* o bien, propusieron subdividir a *Sorghum* en más géneros.

En estudios taxonómicos del género *Sorghum* y del resto de los integrantes de la subtribu Sorghinae, varios autores detectaron la estrecha relación morfológica existente entre los géneros *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Cleistachne*, tal es el caso de Garber (1950) que reconoció la gran afinidad morfológica que existe entre los géneros *Sorghum* y *Cleistachne*, no obstante designó al género *Sorghastrum* como un subgénero del de *Sorghum*. Clayton y Renvoize (1986) observaron las estrechas relaciones morfológicas entre *Sorghastrum* y *Sorghum*. Dávila (1988 y 1991a), con base en un análisis filogenético, encontró la presencia de un grupo monófilético formado por los géneros *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Cleistachne*, cuya sinapomorfía es la espiguilla sésil y la pedicelada diferentes. En dicho grupo el género *Sorghum* es el grupo hermano del linaje formado por los géneros *Sorghastrum* y *Cleistachne*.

En esta década existen trabajos publicados de tipo morfológico, anatómico y filogenético (Dávila y Clark, 1990; Dávila 1991b) sobre el género *Sorghastrum*. En estos trabajos se señala la delimitación del género y sus especies con base en características morfológicas, anatómicas y se establecen 17 especies pertenecientes al género.

Con respecto al género *Cleistachne*, no existe monografía alguna y tampoco estudios tendientes a reconocer sus relaciones filogenéticas.

Con base en los diferentes estudios taxonómicos realizados para los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum*, y tomando en cuenta el gran interés económico de algunas especies del primero, se genera la inquietud de evaluar y determinar la posición taxonómica y filogenética de la especie "*Sorghum trichocladum*" con respecto a estos dos géneros.

Con base en las características morfológicas y la distribución geográfica de

esta especie, se observa que este taxón presenta características intermedias entre **Sorghum** y **Sorghastrum**. Así mismo, desde el punto de vista biogeográfico, es difícil entender que solo exista una especie americana del género **Sorghum**. Por tanto en este trabajo las preguntas a contestar son las siguientes: ¿Es **S. trichocladum** realmente una entidad taxonómica que pertenece al género **Sorghum**? Si no lo es ¿Podría **S. trichocladum** pertenecer al género **Sorghastrum**? o ¿Es **S. trichocladum** una entidad genérica diferente?

Con base en estas preguntas los objetivos que se plantearon para la realización de este trabajo son:

Objetivos:

1. Objetivo General

Determinar la posición taxonómica y filogenética de la especie "**Sorghum trichocladum**", dentro del esquema de clasificación propuesto por Clayton y Renvoize.

2. Objetivos Particulares

A. Obtener información de tipo morfológica, anatómica, citológica y fitoquímica, con el objeto de evaluar la posición taxonómica de **Sorghum trichocladum**.

B. Someter la información generada a un análisis fenético, para reconocer la jerarquía taxonómica de **Sorghum trichocladum**, y su similitud con otros taxa del grupo sorghineae.

C. Con base en un análisis cladístico generare algunas hipótesis acerca de las relaciones filogenéticas de este taxon.

esta especie, se observa que esté taxón presenta características intermedias entre ***Sorghum*** y ***Sorghastrum***. Así mismo, desde el punto de vista biogeográfico, es difícil entender que solo exista una especie americana del género ***Sorghum***. Por tanto en este trabajo las preguntas a contestar son las siguientes: ¿Es ***S. trichocladum*** realmente una entidad taxonómica que pertenece al género ***Sorghum***? Si no lo es ¿Podría ***S. trichocladum*** pertenecer al género ***Sorghastrum***? o ¿Es ***S. trichocladum*** una entidad genérica diferente?

Con base en estas preguntas los objetivos que se plantearon para la realización de este trabajo son:

Objetivos:

1. Objetivo General

Determinar la posición taxonómica y filogenética de la especie "***Sorghum trichocladum***", dentro del esquema de clasificación propuesto por Clayton y Renvoize.

2. Objetivos Particulares

A. Obtener información de tipo morfológica, anatómica, citológica y fitoquímica, con el objeto de evaluar la posición taxonómica de ***Sorghum trichocladum***.

B. Someter la información generada a un análisis fenético, para reconocer la jerarquía taxonómica de ***Sorghum trichocladum***, y su similitud con otros taxa del grupo sorghineae.

C. Con base en un análisis cladístico generare algunas hipótesis acerca de las relaciones filogenéticas de este taxon.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. TRABAJO DE HERBARIO

Se revisaron ejemplares de herbario de *Sorghum trichocladum*, *Sorghum* y *Sorghastrum*, provenientes de México y Centro América, con el fin de reconocer y entender tanto su distribución geográfica, como las características morfológicas de las mismas. Los herbarios nacionales y extranjeros cuyo material fue revisado son listados, de acuerdo a las siglas propuestas por Holmgren et al. (1990).

Nacionales:

- CHAPA -Herbario Hortorio del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, México.
- COCA -Herbario de la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero, SARH, México, D.F.
- MEXU -Herbario Nacional de México, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
- UAMI -Herbario de la UAM-Unidad Iztapalapa, México, D.F.

Extranjeros:

- GH -Herbario Gray de la Universidad de Harvard, Cambridge, Massahusetts.
- US -Herbario Nacional de Estados Unidos, Instituto Smithsonian, Washington, D.C.

2. ESTUDIO MORFOLÓGICO

Se hicieron mediciones de diversas partes de la planta. Con respecto a las partes vegetativas se midieron: el culmo, hoja (lámina, vaina y lígula). Con referencia a elementos reproductivos se incluyó información sobre la inflorescencia (eje principal de la inflorescencia) y espiguilla (gluma externa, gluma interna, lema estéril, lema fértil

y anteras). El ancho de cada estructura se tomó de la parte central de cada una de las muestras y el largo se consideró desde el punto apical al basal.

3. TRABAJO DE CAMPO

Se llevaron a cabo cinco recorridos de campo (en los meses de octubre a noviembre de los años 1993 a 1997) visitando los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, y Oaxaca, en los cuales se colectó el material para los diferentes estudios. El material de herbario se depositó en el Herbario Nacional (MEXU) y los duplicados se distribuyeron a otros herbarios del país y del extranjero. También se recolectaron semillas, las que se utilizaron para la obtención de plántulas para realizar los recuentos cromosómicos y la detección de compuestos cianogénicos. Además se fijaron directamente en el campo fragmentos de lámina de hoja, en Formol-Acido Acético-Alcohol Absoluto (FAA), con el objeto de llevar a cabo los estudios anatómicos.

Los individuos colectados en el campo se depositaron en costales de malla y se secaron a temperatura ambiente. Este material fue utilizado posteriormente para la realización del estudio fitoquímico especialmente el relacionado con la detección de flavonoides.

4. ESTUDIOS ANATÓMICOS

4.1 Corte transversal de Lámina

Las láminas de las hojas fijadas en ampo y de ejemplares de herbario, se cortaron en tres porciones (apical, media y basal), con el objeto de estudiar la misma zona foliar en cada individuo. La porción de la zona media fue fragmentada en pedazos de 0.5 cm y en el caso de material fresco los fragmentos se fijaron en FAA (formol-agua-ácido acético), en tanto que los fragmentos foliares obtenidos de ejemplares de herbario se rehidrataron con agua destilada durante 24 horas.

Posteriormente el material se deshidrató con alcoholes graduales (30°, 50°, 70°, 96°, 100°) e inmediatamente después se depositó en xilol por 24 horas.

La infiltración de parafina (Paramex 56-58°C) con xilol se realizó a 60°C, durante 120 horas.

Los bloques de parafina montados, se cortaron en el microtomo de rotación (American Optical) a un grosor de 25 y 30 μm . Los listones obtenidos del corte se adhirieron, al porta objetos con una solución de agua con grenetina natural a 30°C.

La tinción de los cortes montados se realizó con la técnica de safranina y verde rápido (Johansen, 1940).

Utilizando una cámara fotográfica (Axioscope de 35 mm para microscopio óptico Carl Zeiss) se obtuvieron las imágenes de cortes transversales y las descripciones se realizaron siguiendo la terminología de Ellis (1976 y 1979).

4.2 Epidermis de Lámina

En este estudio se utilizaron dos técnicas de microscopía. La primera consistió en hacer observaciones en microscopio óptico de campo claro (Carl Zeiss) a 100X, 160X y 400X aumentos. En la segunda técnica se tomaron fotografías en microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-35) para observaciones epidérmicas más detalladas. Las fotografías fueron tomadas usando la película Polaroid E5100 para positivo y negativo.

4.21 Microscopio Óptico

Se obtuvieron réplicas de epidermis utilizando un pegamento instantáneo comercial (Krazy Kola Loka). Los fragmentos de epidermis quedaron adheridos por medio del pegamento a la superficie del porta objetos, inmediatamente después se retiraron los fragmentos, quedando así las réplicas.

4.22 Microscopio Electrónico de Barrido

Se tomaron hojas de los ejemplares de herbario, que se cortaron en 3 porciones (apical, media y basal). La porción media se fragmentó en pedazos de 0.5 cm. Estas muestras se montaron en una platina e inmediatamente después se sometieron a un baño de aluminio. Posteriormente se tomaron las fotografías (sistema polaroid con película 665 positivo-negativo) al microscopio electrónico de barrido (JEOL JMS-35), tanto de la epidermis adaxial, como de la abaxial a 200X y 940X aumentos.

5. RECIENTOS CROMOSÓMICOS

Con el objeto de obtener el número cromosómico diploide de las raíces de plántulas de *Sorghum trichocladum*, se siguió la siguiente técnica:

- a) Las semillas se sometieron a un baño de hipoclorito de sodio al 3% (para inducir una rápida germinación), hasta ponerse blancas y posteriormente se lavaron con agua destilada.
- b) Las semillas se sembraron con abundante agua, en papel filtro por 3 días.
- c) Una vez que las semillas germinaron, se cortaron las raíces en pedazos aproximadamente de 1 a 2 cm de largo.
- d) Estos fragmentos se pretrataron con 8 hidroxiquinoleína al 0.002 M por 5 horas, a temperatura ambiente, para activar la mitosis.
- e) Se llevó a cabo la hidrolización de los fragmentos, con HCL al 1 N a 60° durante 12 minutos, para reblandecer las paredes celulares.
- f) A continuación los fragmentos se tiñeron con la tinción de Feulgen (en la oscuridad) por una hora para hacer evidentes los cromosomas.
- g) Los meristemas apicales (separados previamente del resto de la raíz) se les adicionó una gota de Acetoceína (para teñir las células) e inmediatamente después se aplastaron ("Squash") y se observaron al microscopio, para de contar los cromosomas.

6. FITOQUÍMICA

Con el objeto de obtener información fitoquímica útil en la taxonomía de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*, se realizaron dos análisis. El primero consistió en detectar la presencia o ausencia de compuestos cianogénicos por medio de una prueba colorimétrica, utilizando tiras de papel filtro impregnadas con picrato de sodio. El segundo análisis consistió en la detección y comparación de flavonoides, aplicando la técnica de cromatografía bidimensional en capa fina.

6.1 Compuestos cianogénicos

Debido a que en algunas especies del género *Sorghum* (*S. bicolor*, Kojima,

Poulton, Thayer y Conn, 1979; *S. halepense*, Akazawa, Miljanich y Conn, 1960) se reportó la presencia de compuestos cianogénicos y en *Sorghum trichocladium* no existe algún reporte de la presencia de estos compuestos, se decidió buscar esta evidencia diagnóstica para *Sorghum trichocladium*. A continuación se describe la técnica que se utilizó para la detección de este tipo de compuesto.

a) Se embebieron tiras de papel filtro en una solución acuosa de ácido pícrico al 1%. Estas tiras se sacaron y se dejaron secar a temperatura ambiente

b) Las mismas tiras se embebieron en una solución de bicarbonato de sodio al 10% y nuevamente se sacaron y se secaron a temperatura ambiente.

c) Posteriormente se tomaron 10-12 plántulas, que se introdujeron en un tubo de ensayo y se machacaron rápidamente

d) Inmediatamente se les agregó 5 gotas de cloroformo (ChCl_3) hasta humedecer la muestra.

e) Rápidamente la tapa junto con la tira de picrato de sodio (previamente montada en la tapa) se coló (sin tocar la muestra) en la parte superior del tubo (que contenía las plantulas machacadas) para sellarlo.

f) El tubo, con la tira impregnada con picrato de sodio y el cloroformo, se sometieron a baño maría a 60°C , durante 3 minutos.

Esta prueba es cualitativa, de manera que si la tira de papel vira a naranja y después a rojo ladrillo la prueba resultaba positiva e indica la presencia de compuestos cianogénicos.

6.2 Flavonoides

Con el objeto de obtener información fitoquímica taxonómicamente diagnóstica de *Sorghum trichocladium*, *Sorghum* y *Sorghastrum* se decidió obtener información del contenido de flavonoides presentes en estos grupos. A continuación se describe la técnica que se utilizó.

a) Las laminas de hojas de diferentes individuos, colectadas en el campo, se molieron y pesaron (0.2 g).

b) Las muestras pesadas se sometieron a baño maría durante veinte minutos,

con 5 ml de metanol y agua (4:1) para extraer los flavonoides.

c) Las mezclas se dejaron enfriar y se filtraron, separando el líquido del resto de los fragmentos de la hoja.

d) A los extractos obtenidos, se le agregó nuevamente 5 ml de metanol y agua (4:1) para extraer los flavonoides y se evaporaron hasta sequedad.

e) Posteriormente, se adicionó, a cada uno de los extractos, 1 ml de la mezcla (metanol4--agua 1) para correr la primera dimensión y se utilizaron placas cromatográficas de capa fina preparadas con sílica-gel.

f) Inmediatamente, en cada una de las placas se aplicó una muestra de extracto (10 µg) y la rutina (testigo, 10 µg) por placa. Para realizar el corrimiento de las placas se utilizó una mezcla de alcohol ter-butílico (3), ácido acético (1), y agua destilada (1).

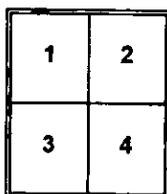
g) Las placas obtenidas se sometieron a un baño de vapor de amoníaco (para revelar los flavonoides) durante algunos minutos.

h) Al término de este tiempo las placas se observaron en la cámara de rayos ultravioleta y se marcaron las manchas de diferentes colores que representan diversos derivados fenólicos.

g) Para el corrimiento de la segunda dimensión se utilizaron las mismas placas, pero a diferencia del primer corrimiento en esta fase se utilizó ácido-acético al 15% como eluyente.

h) Al término del corrimiento, las placas se sometieron nuevamente a un baño de amoníaco (para revelar los flavonoides) y se observaron en la cámara de rayos ultravioleta. Durante este proceso se registraron todas las manchas observadas y se marcaron las que aparecieron o se desplazaron en esta dimensión (primera corrida).

Para una mejor interpretación de la ubicación de cada una de las manchas se preparó un acetato de 10 x 10 cm, que se dividió en cuatro cuadrantes para sobreponerlo sobre cada una de las placas cromatográficas. De esta manera se obtuvieron los promedios de los perfiles cromatográficos por cuadrante, de cada una de las muestras.



Acetato de 10 x 10 cm dividido en cuadrantes

7. ESTUDIO FENÉTICO

Para observar el grado de similitud morfológico, anatómico y fitoquímico de *Sorghum trichocladum* y de las especies de los géneros *Sorghum* (cuadro 47 y 48) y *Sorghastrum* (cuadro 47 y 48) se realizaron dos análisis de conglomerados. En el primer análisis se incluyeron los resultados de los estudios morfológicos y anatómicos. En el segundo análisis se incluyeron los resultados fitoquímicos de flavonoides. Debido a que en los estudios morfológicos, anatómicos y fitoquímicos se utilizaron muestras de diferentes procedencias, la información no se pudo fusionar en una sola matriz básica de datos, para realizar un solo análisis de conglomerados. Además, los resultados fitoquímicos superaron en cantidad a los de tipo morfológico y anatómico (matriz básica de datos 1), por tanto, con el fin de evitar que los resultados fitoquímicos (matriz básica de datos 2) sesgaran el análisis se prefirió mantenerlos en análisis separados.

Para el desarrollo de ambos análisis se utilizó el paquete "Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System" (NTSYS-PC) para PC-IBM, versión 1.8, desarrollado por Rohlf en 1993.

7.1 Análisis de conglomerados para morfología y anatomía

Con base en los datos generados de los estudios morfológicos y anatómicos de diferentes individuos de los géneros *Sorghum* (*S. bicolor*, *S. halepense*, y *S. nitidum*), *Sorghastrum* (*S. brunneum*, *S. incompletum* var. *incompletum*, y *S. nutans*) y de *Sorghum trichocladum*, se realizó un análisis de conglomerados para observar el arreglo resultante entre las unidades taxonómicas operacionales (OTU's

por sus siglas en inglés). Así se construyó una matriz básica de datos (MBD) con caracteres cualitativos y cuantitativos. Para reducir los valores y mantener la diferencia en magnitudes, se estandarizó la MBD por medio de una transformación lineal de los valores originales para cada carácter. Con estos nuevos valores se construyó una matriz de correlación entre OTU's para calcular el grado de disimilitud de los OTU's por medio de los caracteres. A esta matriz de correlación se le aplicó el análisis de conglomerados por medio del método de UPGMA (caracteres no pesados) y se obtuvo un fenograma. Por último se calculó el coeficiente de correlación cofenética con base en la matriz de formación del fenograma y la matriz de correlación, con el fin de conocer la relación entre ambas matrices.

7.2 Análisis de conglomerados para flavonoides.

Con base en los resultados de las placas cromatográficas de flavonoides se realizó un análisis de conglomerados para observar las jerarquías entre OTU's. Se tomaron los resultados observados en las placas cromatográficas de cada una de las muestras (cuadro 36). En este análisis se construyó una matriz básica de datos (MBD) con caracteres binarios de presencia (1), ausencia (0). Con esta MBD se calculó la matriz de disimilitud utilizando el índice de correlación entre los mismos, para conocer el grado de disimilitud entre los OTU's por medio de los caracteres. Con esta matriz de correlación se aplicó el análisis de conglomerados por medio del método de UPGMA (caracteres no pesados) y se obtuvo un fenograma. Por último se calculó el coeficiente de correlación cofenética, con base a la matriz de formación del fenograma y la matriz de correlación.

8. ESTUDIO FILOGENÉTICO

Para observar las relaciones filogenéticas de *Sorghum trichocladum* con los géneros *Sorghum*, *Sorghastrum*, *Cleistachne* y especies de los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum* se realizaron dos análisis. En el primer análisis se incluyeron como taxa (OTU's) a los géneros antes mencionados y *Sorghum trichocladum*, para lo

cual se utilizaron los resultados de los estudios morfológicos y anatómicos generados en este trabajo y datos bibliográficos. En el segundo análisis se incluyeron siete taxa pertenecientes a algunas especies de los géneros **Saccharum**, **Sorghastrum** y **Sorghum**, y datos de índole morfológico, anatómico y fitoquímico.

Para el desarrollo de ambos análisis se utilizó el paquete "Phylogenetic Analysis Using Parsimony" (PAUP) para PC-Mackintosh, versión 3.1.1, Swofford (1993).

8.1 Análisis cladístico para **Cleistachne**, **Sorghastrum**, **Sorghum** y **Sorghum trichocladum**.

Con el objeto de determinar la relación filogenética de **Sorghum trichocladum**, con respecto a los géneros **Sorghum**, **Sorghastrum** y **Cleistachne**, se realizó un análisis filogenético. En el análisis se incluyeron los resultados de los estudios morfológicos y anatómicos generados en este trabajo y los correspondientes a Garber (1950), Clayton y Renvoize (1986) y Dávila (1988).

En primer término, para realizar este análisis filogenético, se consideró a la tribu Andropogoneae como un grupo monofilético por presentar una vaina parenquimática, un sistema fotosintético Kranz-MS y una unidad floral formada por la espiguilla pedicelada y sésil que al desprenderse porta una parte del eje de la inflorescencia (Dávila, 1988). En segundo término, como grupo externo (Nixon y Carpenter, 1993) se utilizó el género **Saccharum** debido a que la subtribu Saccharinae, a la cual pertenece el género **Saccharum** es considerada la más primitiva dentro de las Andropogoneae, por presentar espiguillas sésiles y pediceladas fértiles, y un raquis no especializado (Clayton y Renvoize, 1986). Por otra parte, **Saccharum** es considerado el género más primitivo dentro de las Saccharinae por presentar una espiguilla pedicelada fértil y una panícula ramificada (Clayton y Renvoize 1986).

En el caso particular del género **Sorghum**, el cual presenta una alta diversidad de especies y una gran heterogeneidad morfológica, anatómica y citológica, se decidió usar como OTU's a los subgéneros **Sorghum**, **Chaetosorghum**, **Heterosorghum**, **Parasorghum**, y **Stiposorghum** (Clayton y Renvoize, 1986). La

matriz de datos se construyó siguiendo el método de comparación de caracteres de los taxa con respecto al grupo externo. Cada uno de los caracteres se codificó de acuerdo a la naturaleza del carácter, obteniéndose así una matriz de datos, de tipo binario (presencia-ausencia) y multiestado (numerosos estados), sin datos perdidos.

Posteriormente a la formación de la matriz de datos se realizó el análisis. Los caracteres se manejaron en forma no ordenada, y se utilizó el método exhaustivo, de tal forma que todos los estados de caracteres presentes en cada uno de los taxa involucrados definieron a las ramas.

8.2 Análisis cladístico para algunas especies de *Sorghastrum*, *Sorghum* y *Sorghum trichocladum*.

Con el objeto de reconocer las relaciones filogenéticas de *Sorghum trichocladum* con respecto a algunas especies del género *Sorghum* (*Sorghum bicolor*, *Sorghum halepense*) y las correspondientes a *Sorghastrum* (*Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum*, *Sorghastrum pohlianum*), se realizó un análisis filogenético, utilizando los resultados generados en los estudios morfológicos, anatómicos, fitoquímicos y el trabajo de Dávila (1988).

En este análisis se considero nuevamente a *Saccharum officinarum* como grupo externo. La matriz de datos se construyó siguiendo el método de comparación de caracteres de los taxa con respecto al grupo externo. Cada uno de los caracteres se codificó de acuerdo a la naturaleza del carácter, obteniéndose así una matriz de datos de tipo binario (presencia-ausencia) y multiestado (numerosos estados), sin datos perdidos.

Los caracteres se utilizaron sin ordenación alguna y se aplicó el método exhaustivo de tal forma que todos los estados de los caracteres presentes en cada uno de los taxa involucrados definieron a las ramas.

RESULTADOS

1. ESTUDIOS ANATÓMICOS

1.1 Corte transversal de lámina

Con base en la observación de las características anatómicas de cortes transversales de las láminas, y utilizando el microscopio óptico se obtuvieron las descripciones de los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum*, incluyendo a *Sorghum trichocladum*. Estas descripciones se basaron en la terminología de Ellis (1976 y 1979).

1.11 *Sorghum trichocladum*

Lámina en forma de "V" (Cuadro 4), con quilla, márgenes generalmente involutos, ocasionalmente asimétricos (un margen involuto y el otro convoluto). **Costillas y surcos** (Cuadro 5): adaxiales y abaxiales, con ligeras ondulaciones (no asociadas regularmente a los haces vasculares). **Nervadura central** (Cuadro 6): compuesta por 2-9 haces vasculares de segundo orden y 2-4 haces vasculares de tercer orden; esclerénquima adaxial formando 1-3 capas subepidérmicas; esclerénquima abaxial formando un travesaño en forma de triángulo o de banda (de acuerdo al arreglo de la costilla) que interrumpen a la vaina parenquimática de los haces vasculares de primer orden, excepto en el haz vascular central (inmerso en el esclerénquima), en los haces vasculares de segundo orden esclerénquima abaxial formando un travesaño que interrumpe a la vaina parenquimática, haces vasculares de tercer orden sin esclerénquima asociado. **Orden de los haces vasculares:** variable. **Arreglo de los haces vasculares** (Cuadro 7; Figura 1 y 2): situados en el centro del mésofilo, en la nervadura central sobre la epidermis abaxial; haces vasculares de primer orden 9-11; haces vasculares de segundo orden 1-3 entre los sucesivos haces vasculares de primer orden; haces vasculares de tercer orden 1-5, situados entre los haces vasculares de segundo y primer orden. **Haces vasculares** (Cuadro 7; Figura 1 y 2): haces vasculares de primer orden ovados u obovados;

vasos de protoxilema pequeños, grandes o de igual tamaño (a las células parenquimáticas de la vaina); vasos de metaxilema con paredes gruesas (paredes secundarias distinguibles); haces vasculares de segundo orden elípticos; haces vasculares de tercer orden circulares, floema y xilema fácilmente distinguible. **Vaina parenquimática** (Cuadro 8): cloroplastos periféricos; en haces vasculares de primer orden vaina parenquimática ovada u obovada, adaxialmente sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpida (resto de la lámina) por 2-7 fibras de esclerénquima, abaxialmente en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpida por 5-62 fibras de esclerénquima, células de la vaina parenquimática adaxiales más pequeñas que las células del mesófilo, el resto de las células de la vaina de mayor tamaño a las células del mesófilo, vaina compuesta de 9-29 células parenquimáticas; en haces vasculares de segundo orden elíptica (verticalmente alargada), vaina sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto o interrumpida adaxialmente por 1-8 fibras de esclerénquima, abaxialmente en contacto (nervadura central) o interrumpida por 5-30 fibras de esclerénquima, células de la vaina parenquimática adaxiales de igual o mayor tamaño a las células del mesófilo, el resto de las células de la vaina parenquimática de mayor tamaño a las células del mesófilo, vaina compuesta de 6-10 células parenquimáticas; en haces vasculares de tercer orden circular ocasionalmente elíptica, no interrumpida por fibras de esclerénquima, células de la vaina parenquimática pequeñas, grandes o de igual tamaño a las células del mesófilo, vaina compuesta de 4-8 células parenquimáticas. **Esclerénquima** (Cuadro 9 y 10; Figura 2): formando travesaños triangulares o en banda bajo los haces vasculares de primero y segundo orden, no asociado a haces vasculares de tercer orden, en el margen de la hoja depositado principalmente en los ángulos, y formando una curva. **Células epidérmicas** (Cuadro 11; Figura 1): cutícula generalmente delgada, ocasionalmente gruesa; células buliformes adaxiales con paredes paralelas (con el nivel general de la epidermis), grupos de 2-14 células; macropelos con la base unida en la lámina, delgados, grandes; aguijones gruesos; papilas de igual o ligeramente más delgadas que las células epidérmicas, anchas.

Cuadro 1
Ejemplares de *Sorghum trichocladum* utilizados en el estudio anatómico de corte transversal de lámina

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
1	<i>Sorghum trichocladum</i>	Cabrera 42	México	MEXU
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	Cabrera 46	México	MEXU
3	<i>Sorghum trichocladum</i>	Cabrera 49	México	MEXU
4	<i>Sorghum trichocladum</i>	Dávila 92	México	MEXU

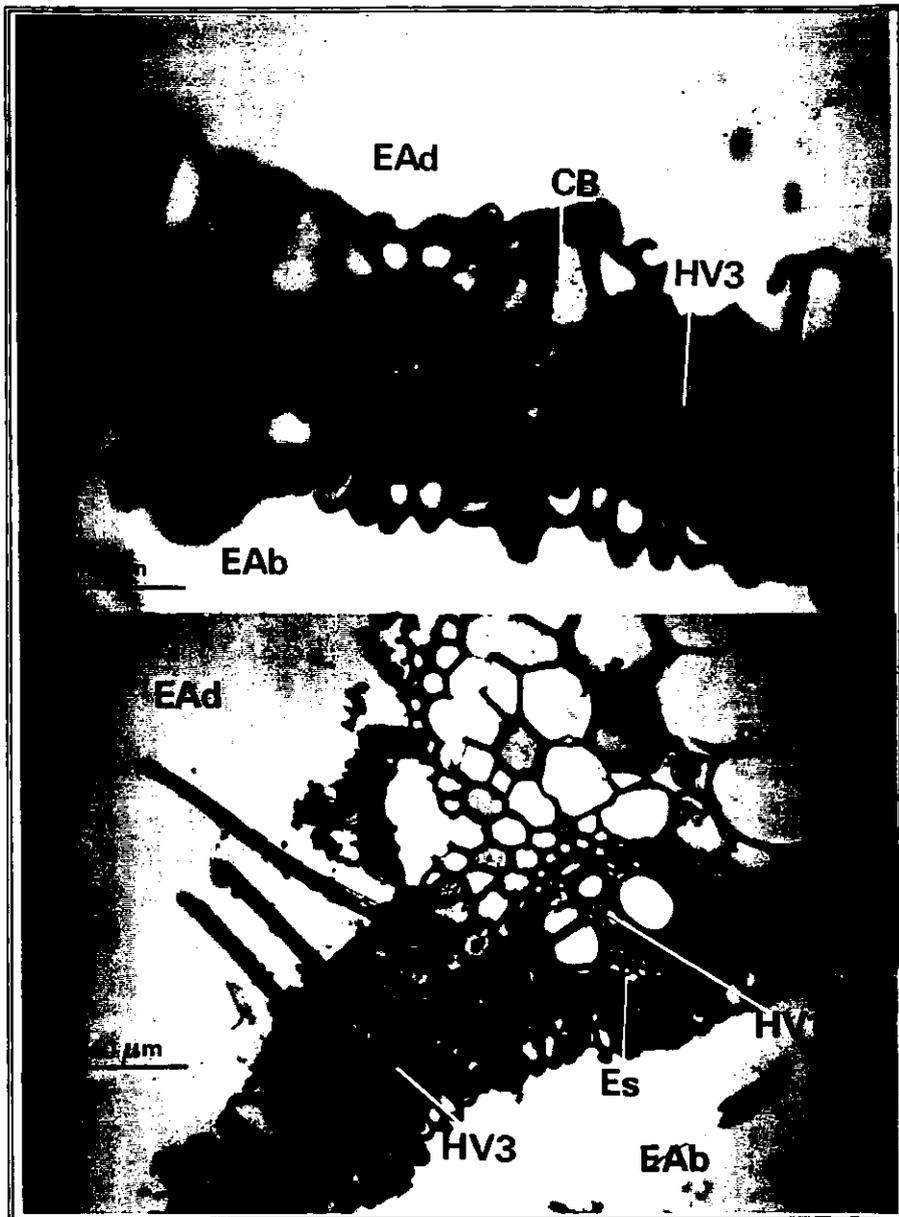


Figura 1 y 2: *Sorghum trichocladum* (Cabrera 46). Microscopio óptico. Corte transversal de lámina: epidermis adaxial, (EAd); células buliformes, (CB); epidermis abaxial, (EAb); haz vascular de primer orden, (HV1); haz vascular de tercer orden, (HV3); esclerénquima (Es).

1.12 *Sorghum spp.*

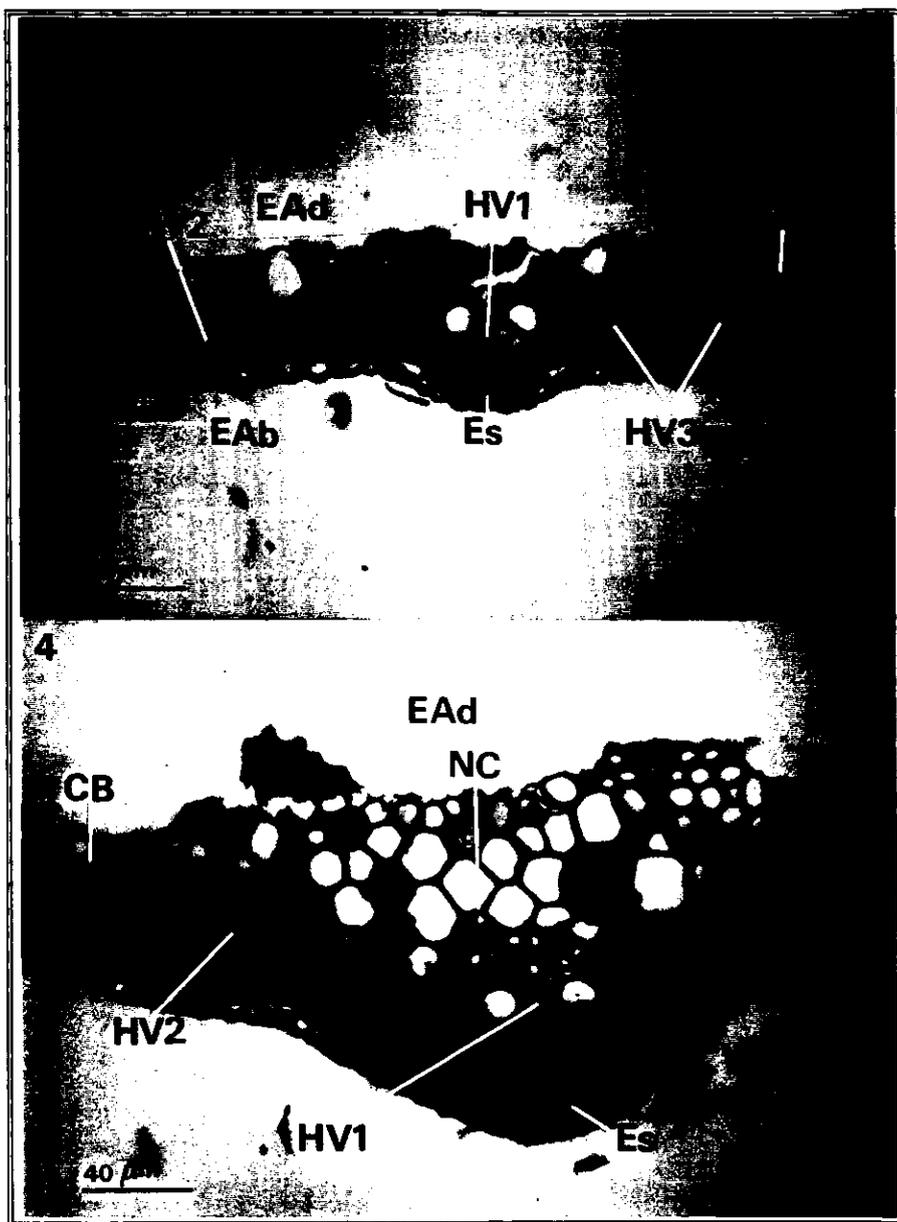
Lámina en forma de "V" o linear (Cuadro 4), con quilla, márgenes convolutos o involutos. **Costillas y surcos** (Cuadro 5): superficies adaxiales y abaxiales lisas, o costillas adaxiales y abaxiales prominentes (Watson y Dallwitz, 1992), costillas asociadas a los haces vasculares de primer orden. **Nervadura central** (Cuadro 6; Figura 4): compuesta por 2-6 haces vasculares de segundo orden y 0-8 haces vasculares de tercer orden; esclerénquima adaxial ausente o formando 1-4 capas subepidérmicas; esclerénquima abaxial formando un travesaño sin forma definida (Watson y Dallwitz, 1992), fibras de esclerénquima en contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática de los haces vasculares de primer orden, en los haces vasculares de segundo orden sin esclerénquima asociado, en contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática por 1-2 fibras de esclerénquima, haces vasculares de tercer orden sin esclerénquima asociado. **Orden de los haces vasculares**: regular. **Arreglo de los haces vasculares** (Cuadro 7; Figura 3 y 4): situados en el centro del mesófilo, en la nervadura central sobre la epidermis abaxial; haces vasculares de primer orden 7-15; haces vasculares de segundo orden 1-5, entre los sucesivos haces vasculares de primer orden; haces vasculares de tercer orden 1-6, situados entre los sucesivos haces vasculares de segundo y primer orden. **Haces vasculares** (Cuadro 7; Figura 3 y 4): haces vasculares de primer orden ovados u obovados; vasos de protoxilema pequeños, grandes o de igual tamaño (a las células de la vaina parenquimática); vasos de metaxilema con paredes gruesas (paredes secundarias distinguibles); haces vasculares de segundo orden elípticos, floema y xilema fácilmente distinguibles; haces vasculares de tercer orden circulares, floema y xilema no distinguibles fácilmente o distinguibles. **Vaina parenquimática** (Cuadro 8): cloroplastos centrales o periféricos (Watson y Dallwitz, 1992); células de la vaina parenquimática adaxiales más pequeñas que las células del mesófilo, el resto de las células de la vaina parenquimática de mayor tamaño a las células del mesófilo, células de la vaina parenquimática abaxiales más pequeñas que las células del mesófilo, el resto de las células de la vaina parenquimática de mayor tamaño a las células del mesófilo, o todas las células de la vaina parenquimática más grandes que

las células del mesófilo en los haces vasculares de primer y segundo orden; en haces vasculares de primer orden circular, ovada u obovada, vaina parenquimática adaxialmente sin esclerénquima asociado (nervadura central) o interrumpida por 5-20 fibras de esclerénquima, abaxialmente en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpida por 4-84 fibras de esclerénquima, vaina compuesta de 11-23 células parenquimáticas; en haces vasculares de segundo orden elíptica (verticalmente alargada), vaina parenquimática adaxialmente sin esclerénquima asociado, en contacto o interrumpida por 1-12 fibras de esclerénquima, abaxialmente en contacto o interrumpida abaxialmente por 1-19 fibras de esclerénquima, vaina compuesta de 7-23 células parenquimáticas; en haces vasculares de tercer orden circular, no interrumpida por fibras de esclerénquima, células de la vaina parenquimática grandes (más grandes que las células del mesófilo), vaina compuesta de 5-9 células parenquimáticas. **Esclerénquima** (Cuadro 9 y 10; Figura 3 y 4): travesaños sin forma definida debajo de los haces vasculares de primero y segundo orden, en el margen de la hoja depositado en forma de capucha. **Células epidérmicas**: cutícula gruesa; células buliformes adaxiales, paredes paralelas (con el nivel general de la epidermis o sobresaliendo de ella), solitarias o formando grupos de 2-9 células; macropelos con la base unida en la lámina, grandes, delgados o gruesos; agujones pequeños; papilas ausentes o cuando presentes una por célula, abaxiales.

Cuadro 2
Ejemplares *Sorghum* utilizados en el estudio anatómico
de corte transversal de lámina

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
1	<i>Sorghum amplum</i>	n.d.****	Paraguay	n.d.****
2	<i>Sorghum arundinaceum</i>	Chase s.n.**	Brasil	n.d.****
3	<i>Sorghum arundinaceum</i>	Shanty	Congo	n.d.****
4	<i>Sorghum arundinaceum</i>	n.d.****	Venezuela	n.d.****
5	<i>Sorghum bicolor</i>	n.d.****	México	MEXU
6	<i>Sorghum bicolor</i>	n.d.****	México	MEXU
7	<i>Sorghum halepense</i>	Carranza 1753	México	MEXU
8	<i>Sorghum halepense</i>	Rodriguez 1620	México	MEXU
9	<i>Sorghum intrans</i>	Henderson s.n.**	n.d.****	n.d.****
10	<i>Sorghum intrans</i>	s.c. *12	n.d.****	n.d.****
11	<i>Sorghum lanceolatum</i>	Shanhz 960	Sudan	n.d.****
12	<i>Sorghum laxiflorum</i>	Adams 942	Australia	US
13	<i>Sorghum leiocladum</i>	n.d.****	n.d.****	n.d.****
14	<i>Sorghum leiocladum</i>	n.d.****	n.d.****	n.d.****
15	<i>Sorghum leiocladum</i>	n.d.****	n.d.****	n.d.****
16	<i>Sorghum macrospermum</i>	Lazarides 6847	Australia	n.d.****
17	<i>Sorghum matarakense</i>	Kerr 21356	Siam	n.d.****
18	<i>Sorghum melanocarpum</i>	n.d.****	Zaire	n.d.****
19	<i>Sorghum nitidum</i>	n.d.****	n.d.****	n.d.****
20	<i>Sorghum nitidum</i>	Tateoka	n.d.****	n.d.****
21	<i>Sorghum plumosum</i>	Lazarides 7791	Australia	n.d.****
22	<i>Sorghum plumosum</i>	s.c* 10	n.d.****	n.d.****
23	<i>Sorghum propinquum</i>	British s.n.**	Bornero	n.d.****
24	<i>Sorghum scoparica</i>	Jenderson s.n.**	n.d.****	MO
25	<i>Sorghum timorensis</i>	Lazarides 7056	Australia	n.d.****
26	<i>Sorghum verticilliformum</i>	Hichcock s.n.**	Tanganyica	n.d.****

* Sin colector (s.c.), ** sin número de colecta (s.n.), *** no disponible (n.d.)



Figra 3 y 4: *Sorghum halepense* (Carranza 1753). Microscopio óptico. Corte transversal de lámina: epidermis adaxial, (EAd); células buliformes, (CB); epidermis abaxial, (EAb); nervadura central, (NC); haz vascular de primer orden, (HV1); haz vascular de segundo orden, (HV2); haz vascular de tercer orden, (HV3); esclerénquima (Es).

1.13 *Sorghastrum spp.*

Lámina abierta, expandida o enrollada (Cuadro 4), con quilla o sin quilla, márgenes ocasionalmente involutos. **Costillas y surcos** (Cuadro 5): abaxiales, abaxiales y adaxiales, o ausentes, costillas generalmente redondeadas, sobre los haces vasculares de primero y segundo orden. **Nervadura central** (Cuadro 6; Figura 6): compuesta por 2-8 haces vasculares de segundo orden y 2-8 haces vasculares de tercer orden; esclerénquima adaxial formando 1-3 capas subepidérmicas; esclerénquima abaxial formando travesaños de diferentes tamaños y formas, en contacto o interrumpiendo la vaina de parenquimática, en los haces vasculares de primer y segundo orden, en los haces vasculares de tercer orden sin esclerénquima asociado y ocasionalmente presentan fibras de esclerénquima bajo ellos. **Orden de los haces vasculares**: variables. **Arreglo de los haces vasculares** (Cuadro 7; Figura 5 y 6): todos los haces vasculares están situados abaxialmente, excepto en el margen de la hoja que son centrales, haces vasculares de primer orden 7-19; haces vasculares de segundo orden 0-5 entre los sucesivos haces vasculares de primer orden; haces vasculares de tercer orden 1-7 situados entre los haces vasculares de segundo y primer orden. **Haces vasculares** (Cuadro 7; Figura 5 y 6): haces vasculares de primer orden circulares, ovados u obovados; vasos de protoxilema pequeños o de igual tamaño (a las células parenquimáticas de la vaina); vasos de metaxilema con paredes ligeramente gruesas (paredes secundarias no distinguibles) a gruesas (paredes secundarias distinguibles); haces vasculares de segundo orden circulares, elípticos, ovados u obovados; haces vasculares de tercer orden circulares y angulares, floema y xilema fácilmente no distinguibles o distinguibles. **Vaina parenquimática** (Cuadro 8): cloroplastos centrales o periféricos; células abaxiales de la vaina parenquimática más pequeñas que las células del mesófilo, el resto de las células de la vaina parenquimática de mayor tamaño a las células del mesófilo en los haces vasculares de primero y segundo orden; en haces vasculares de primer orden obovada, adaxialmente sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpida (resto de la lámina) por 7-56 fibras de esclerénquima, abaxialmente en contacto (haces vasculares marginales) o

interrumpida (resto de la lámina) por 6-125 fibras de esclerénquima, vaina compuesta de 10-27 células parenquimáticas; en haces vasculares de segundo orden obovada, elíptica (verticalmente alargada) o triangular, vaina adaxialmente sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto o interrumpida (resto de la lámina) por 1-20 fibras de esclerénquima, abaxialmente en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpida (resto de la lámina) por 6-28 fibras de esclerénquima, vaina compuesta de 5-15 células parenquimáticas; en haces vasculares de tercer orden circulares, no interrumpida, en contacto o abaxialmente con fibras de esclerénquima, células de la vaina parenquimática pequeñas, grandes o de igual tamaño a las células del mesófilo, vaina compuesta de 4-11 células parenquimáticas. **Esclerénquima** (Cuadro 9 y 10; Figura 5 y 6): formando travesaños triangulares debajo de los haces vasculares de primero y segundo orden, ocasionalmente en contacto o bajo los haces vasculares de tercer orden; en el margen de la lámina las fibras de esclerénquima forman una capucha con extensiones situadas por debajo de los últimos haces vasculares. **Células epidérmicas** (Cuadro 11; Figura 5 y 6): cutícula gruesa; células buliformes adaxiales, formando grupos, paredes paralelas (con el nivel general de la epidermis), excepto en el centro del grupo (más hundidas); aguijones grandes y largos; papilas ausentes o cuando presentes, de igual tamaño a las células epidérmicas, anchas

Cuadro 3
Ejemplares de *Sorghastrum* utilizados en el estudio anatómico
de corte transversal de lámina

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
1	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Aspland 6638	Ecuador	US
2	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Johnston 8024	México	LL
3	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Molina 27628	México	F
4	<i>Sorghastrum contractum</i>	Chase 8723	Brasil	US
5	<i>Sorghastrum contractum</i>	Holway 1499	Brasil	US
6	<i>Sorghastrum elliotii</i>	Blonquist 9859	Estados Unidos	F
7	<i>Sorghastrum elliotii</i>	Chapman 4639	Estados Unidos	NY
8	<i>Sorghastrum elliotii</i>	Gofrey 96630	Estados Unidos	MO
9	<i>Sorghastrum elliotii</i>	Kearny 942	Estados Unidos	US
10	<i>Sorghastrum elliotii</i>	King 2205	Estados Unidos	MO
11	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Dávila 196	México	ISC
12	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Dávila 206	México	ISC
13	<i>Sorghastrum minarum</i>	Chase 11919	Brasil	US
14	<i>Sorghastrum minarum</i>	Hassler 12480	***s.p.	MO
15	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Tenorio 10125	México	MEXU
16	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Arguelles 19398	México	LL
17	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Tenorio 10085	México	MEXU
18	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Pringlei 1433	México	US
19	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Townsend 336	México	US
20	<i>Sorghastrum nutans</i>	s.c.* 6	Estados Unidos	n.d.****
21	<i>Sorghastrum nutans</i>	s.c.* 25	Estados Unidos	n.d.****
22	<i>Sorghastrum nutans</i>	s.c.* 43	Estados Unidos	n.d.****
23	<i>Sorghastrum nutans</i>	Dávila 89	México	SCi
24	<i>Sorghastrum nutans</i>	Guana 16	***s.p.	n.d.****
25	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Peterson 6064	Argentina	MO
26	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Cano 4510	Brasil	BAB
27	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Reitz 5347	Brasil	US
28	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Smith 8531	Brasil	US
29	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Menter 541	Uruguay	MO

*Sin colector (s.c.), ***sin país (s.p.), **** no disponible (n.d)

Cuadro 3 (continuación)
Ejemplares de *Sorghastrum* utilizados en el estudio
de corte transversal de lámina

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
30	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Mentzer 1948	Uruguay	MO
31	<i>Sorghastrum rigidifolium</i>	Ekman s.n.	Burundi	LL
32	<i>Sorghastrum scaberrimum</i>	Chase 9841	Brasil	MO
33	<i>Sorghastrum scaberrimum</i>	Chase 11579	***s.p.	n.d.****
34	<i>Sorghastrum secundum</i>	Biltmore 4642a	Estados Unidos	US
35	<i>Sorghastrum secundum</i>	Clos 170	Estados Unidos	US
36	<i>Sorghastrum secundum</i>	Combs 1336	Estados Unidos	US
37	<i>Sorghastrum secundum</i>	Duncan 20663	***s.p.	F
38	<i>Sorghastrum setosum</i>	Ahumada 1622	Argentina	CORR
39	<i>Sorghastrum setosum</i>	Petetin 3423	Argentina	n.d.****
40	<i>Sorghastrum setosum</i>	Hand 16068	Estados Unidos	INTA
41	<i>Sorghastrum setosum</i>	Conrad 2960	México	ISC
42	<i>Sorghastrum setosum</i>	Martinez 1846	México	F
43	<i>Sorghastrum setosum</i>	Martinez 1848	México	F
44	<i>Sorghastrum setosum</i>	Davidse 2849	Venezuela	US
45	<i>Sorghastrum setosum</i>	Davidse 4584	Venezuela	NY
46	<i>Sorghastrum setosum</i>	Rodríguez 208	***s.p.	NY
47	<i>Sorghastrum stipoides</i>	Reitz 7454	Brasil	US
48	<i>Sorghastrum stipoides</i>	Aspland 6638	Ecuador	US
49	<i>Sorghastrum viride</i>	Quarin 417	Argentina	SI
50	<i>Sorghastrum viride</i>	Tressens 415	Argentina	CTES
51	<i>Sorghastrum viride</i>	Rojas 10513a	Paraguay	n.d.****

Sin país (s.p.). * no disponible (n.d.)

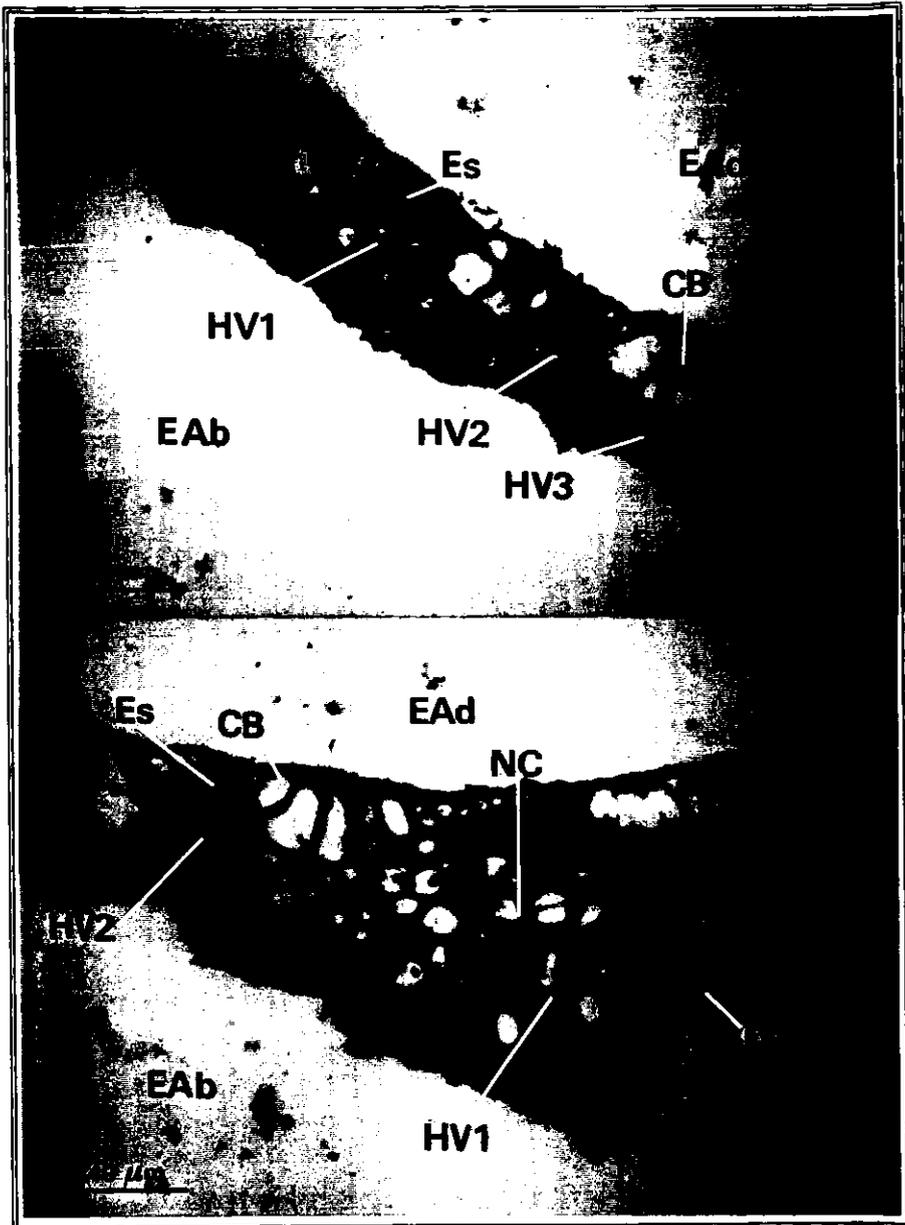


Figura 5 y 6: *Sorghastrum incompletum* (Dávila 196). Microscopio óptico. Corte transversal de lámina: epidermis adaxial, (EAd); células buliformes, (CB); epidermis abaxial, (EAb); nervadura central, (NC); haz vascular de primer orden, (HV1); haz vascular de segundo orden, (HV2); haz vascular de tercer orden, (HV3); esclerénquima (Es).

Cuadro 4
Forma de la hoja observada en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladium*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladium</i>
Forma de la lámina	Abierta, expandida	Abierta, expandida o enrollada	Expandida
Quilla	Presente	Presente o ausente	Presente
Margen de la lámina	Convoluta o involuta	Ocasionalmente involuta	Generalmente involuta ocasionalmente asimétricos (un margen involuta y el otro convoluta)

Cuadro 5
Costillas y surcos observados en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladium*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladium</i>
Costillas	Ausentes o presentes, cuando presentes adaxiales y abaxiales (prominentes)	Ausentes o presentes, cuando presentes abaxiales o en ambas superficies (generalmente redondeadas sobre los haces vasculares de primero y segundo orden)	Presentes y en ambas superficies (ligeramente onduladas y no asociadas regularmente a los haces vasculares).
Surcos	Ausentes o presente, cuando presentes adaxiales (prominentes)	Ausentes o presentes, cuando presentes abaxiales o en ambas superficies	Presentes y en ambas superficies

Cuadro 6
Nervadura central observada en el estudio anatómico de corte transversal de
lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Número de haces vasculares de segundo orden	2-6	2-8	2-9
Número de haces vasculares de tercer orden	0-8	2-8	2-4
Esclerénquima asociado adaxialmente a la nervadura central	Ausente o presente y formando 1-4 capas subepidérmicas	Presente y formando 1-3 capas subepidérmicas	Presente y formando 1-3 capas subepidérmicas
Forma de los travesaños de esclerénquima abaxiales asociados a la nervadura central	Sin forma definida	En diferentes formas de triángulo	En forma de triángulo o en forma de banda
Esclerénquima abaxialmente asociado a los haces vasculares de primer orden de la nervadura central	En contacto o interrumpiendo la vaina parenquimática.	En contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática	Interrumpiendo a la vaina parenquimática, excepto en el haz vascular central (inmerso en el esclerénquima)
Esclerénquima abaxialmente asociado a los haces vasculares de segundo orden de la nervadura central	Sin esclerénquima, en contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática	En contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática	Interrumpiendo a la vaina parenquimática
Esclerénquima abaxialmente asociado a los haces vasculares de tercer orden de la nervadura central	Sin esclerénquima asociado	Sin esclerénquima asociado, u ocasionalmente en contacto o bajo los haces vasculares de tercer orden	Sin esclerénquima asociado

Cuadro 7
Haces vasculares observados en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Arreglo de los haces vasculares	Regular, todos los haces vasculares situados en el centro del mesófilo, excepto en la nervadura central (abaxiales)	Variable, en el margen de la hoja centrales, en el resto de la hoja situados cerca de la superficie abaxial	Regular, todos los haces vasculares situados en el centro del mesófilo, excepto en la nervadura central (abaxiales)
Orden de los haces vasculares	Regular	Variable	Variable
Número de haces vasculares de primer orden	7-15	7-19	9-11
Haces vasculares de primer orden	Ovados u obovados; vasos de protoxilema pequeños, grandes o de igual tamaño (con respecto a las células de la vaina parenquimática); vasos del metaxilema con paredes gruesas (paredes secundarias distinguibles)	Circulares, ovados u obovados; vasos de protoxilema pequeños o de igual tamaño (con respecto a las células de la vaina parenquimática); vasos del metaxilema con paredes ligeramente gruesas (paredes secundarias no distinguibles) a gruesas (paredes secundarias distinguibles)	Ovados u obovados; vasos de protoxilema pequeños, grandes o de igual tamaño (con respecto a las células de la vaina parenquimática); vasos del metaxilema con paredes gruesas (paredes secundarias distinguibles)
Número de haces vasculares de segundo orden entre los haces vasculares de primer orden sucesivos	1-5	0-5	1-3
Haces vasculares de segundo orden	Elípticos	Circulares, elípticos, ovados u obovados	Elípticos
Número de haces vasculares de tercer orden entre los haces vasculares de primer y segundo orden sucesivos	1-6	1-7	1-5
Haces vasculares de segundo orden	Circulares; floema y xilema distinguibles o no distinguibles	Circulares o angulares; floema y xilema distinguibles o no distinguibles	Circulares; floema y xilema distinguibles

Cuadro 8
Vaina parenquimática de los haces vasculares observada en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Forma de los haces vasculares de primer orden	Circular, ovada u obovada	Obovada	Ovada u obovada
Tipo de asociación de la vaina parenquimática con el esclerénquima de la superficie adaxial de los haces vasculares de primer orden	Sin esclerénquima asociado (nervadura central) o interrumpiendo a la vaina parenquimática (5-20 fibras de esclerénquima)	Sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpiendo a la vaina parenquimática (7-56 fibras de esclerénquima)	Sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpiendo a la vaina parenquimática (2-7 fibras de esclerénquima)
Tipo de asociación de la vaina parenquimática con el esclerénquima de la superficie abaxial de los haces vasculares de primer orden	Esclerénquima en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpiendo a la vaina parenquimática (4-84 fibras de esclerénquima)	Esclerénquima en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpiendo a la vaina parenquimática (6-125 fibras de esclerénquima)	Esclerénquima en contacto (haces vasculares marginales) o interrumpiendo a la vaina parenquimática (5-62 fibras de esclerénquima)
Número de células que componen a la vaina parenquimática de los haces vasculares de primer orden	11-23	10-27	9-29
Forma de los haces vasculares de segundo orden	Elíptica	Obovada, elíptica o triangular	Elíptica
Tipo de asociación de la vaina parenquimática con el esclerénquima de la superficie adaxial de los haces vasculares de segundo orden	En contacto o interrumpida (1-12 fibras de esclerénquima)	Sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto o interrumpida (1-20 fibras de esclerénquima)	Sin esclerénquima asociado (nervadura central), en contacto o interrumpida (1-8 fibras de esclerénquima)
Tipo de asociación de la vaina parenquimática con el esclerénquima de la superficie abaxial de los haces vasculares de segundo orden	Esclerénquima en contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática (1-19 fibras de esclerénquima)	Esclerénquima en contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática (6-28 fibras de esclerénquima)	Esclerénquima en contacto o interrumpiendo a la vaina parenquimática (5-30 fibras de esclerénquima)
Número de células que componen a la vaina parenquimática de los haces vasculares de segundo orden	7-23	5-15	6-10
Forma en haces vasculares de tercer orden	Circular	Circular	Circular, ocasionalmente elíptica

Cuadro 8 (continuación)
Vaina parenquimática de los haces vasculares observada en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Tipo de asociación de la vaina parenquimática con el esclerénquima de los haces vasculares de tercer orden	Sin esclerénquima asociado	Sin esclerénquima asociado, en contacto o interrumpida abaxialmente por fibras de esclerénquima	Sin esclerénquima asociado
Número de células que componen a la vaina parenquimática de los haces vasculares de tercer orden	5-9	4-11	4-8
Tamaño de las células de la vaina parenquimática de los haces vasculares de tercer orden	Grandes (más grandes que las células del mesófilo)	Pequeñas, grandes o de igual tamaño a las células del mesófilo	Pequeñas, grandes o de igual tamaño a las células del mesófilo
Posición de los cloroplastos dentro de las células parenquimáticas de la vaina de los haces vasculares de primer, segundo y tercer orden	Centrales o marginales	Centrales	Marginales

Cuadro 9
Tipo de esclerénquima asociado a los haces vasculares observado en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Asociación del esclerénquima con los diferentes haces vasculares	En haces vasculares de primero y segundo orden	En haces vasculares de primero y segundo orden, ocasionalmente en contacto o bajo los haces vasculares de tercer orden	En haces vasculares de primero y segundo orden
Forma de los travesaños	Sin forma definida	Triangulares	Triangulares o en banda

Cuadro 10
Tipo de capucha en el margen de la lámina observada en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Capucha	Sin extensiones	Con extensiones	Sin extensiones

Cuadro 11
Células epidérmicas observadas en el estudio anatómico de corte transversal de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Grosor de la cutícula	Gruesa	Gruesa	Generalmente delgada, ocasionalmente gruesa
Aspecto de las células bulliformes	Solitarias o en grupos (2-9 células)	No solitarias y en grupos (3-11), en forma de abanico	No solitarias y en grupos (2-14), en forma de abanico
Macropelos	Grandes, delgados o gruesos	Grandes y delgados	Grandes y delgados
Papilas	Ausentes o presentes	Ausentes o presentes	Presentes
Agujones	Pequeños	Grandes	Grandes

1.2 Epidermis de Lámina

Con base a observaciones de la epidermis foliar utilizando microscopía óptica y electrónica de barrido se elaboraron las descripciones de los género ***Sorghum*** y ***Sorghastrum***, y la especie ***Sorghum trichocladum***. Las descripciones se realizaron siguiendo el formato y terminología de Ellis (1979).

1.21 *Sorghum trichocladum*

Epidermis adaxial

Células larga intercostales (Cuadro 15; Figura 8): asociadas con agujones, macropelos, micropelos presentes en las hilerasintercostales. **Aparatos estomáticos** (Cuadro 16): escasos, restringidos al margen de la hoja, en 2 hileras, ocasionalmente micropelos presentes en las hilerasintercostales; células subsidiarias triangulares bajas. **Células interestomáticas** (Cuadro 17; Figura 8): rectangulares, angostas y largas (3 veces más largas que anchas), micropelos ocasionalmente presentes en las hilerasintercostales. **Papilas** (Cuadro 18; Figura 10): cuando presentes en la zona intercostal, sobre las células largas intercostales, 1 a 7 papilas por célula larga intercostal, circulares, globosas, con paredes delgadas. **Células cortas intercostales** (Cuadro 19): escasas, en la zona intercostal, micropelos ocasionalmente presentes en las hileras intercostales, células cortas intercostales, cuadradas o altas y estrechas, paredes fuertemente crenadas. **Células cortas costales** (Cuadro 20; Figura 8 y 10): escasas, en la zona costal, unidas a los cuerpos de sílice, una célula corta costal unida a un cuerpo de sílice, cuadradas o altas y estrechas, paredes fuertemente crenadas, bordes fuertemente redondeados. **Aguijones** (Cuadro 21; Figura 8 y 10): abundantes, en la zona costal e intercostal, un agujón entre las sucesivas células largas costales o células largas intercostales, micropelos y macropelos ocasionalmente presentes en las hileras, pequeños (agujón más pequeños que un aparato estomático), base pequeña (base más pequeña que un aparato estomático), puá grande (puá más grande que la base). **Micropelos** (Cuadro 22; Figura 8 y 10): célula proximal y distal aproximadamente iguales en longitud o la célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal);

célula proximal igual o más inflada que la célula distal, pared gruesa (pared de la célula proximal más gruesa que la pared de la célula distal); célula distal con pared delgada (pared de la célula distal más delgada que la pared de la célula proximal), célula distal larga (2 veces más larga que ancha), célula distal con ápice redondeado o ligeramente en punta. **Macropelos** (Cuadro 23; Figura 8 y 10): abundantes, en la zona costal e intercostal, macropelos suaves, conjunto de células epidérmicas hemisféricas siempre asociadas a la base del macropelo. **Cuerpos de sílice** (Cuadro 24; Figura 8 y 10): bordes redondeados.

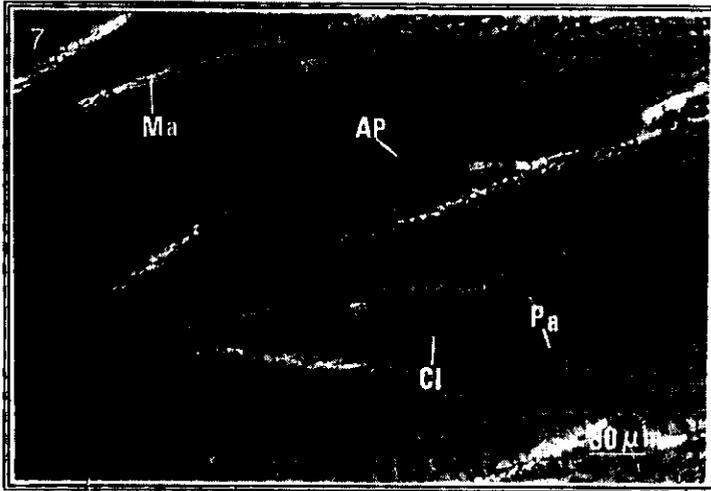
Epidermis abaxial

Células largas intercostales (Cuadro 25; Figura 7, 9 y 11): asociadas con macropelos en las hileras intercostales. **Aparatos estomáticos** (Cuadro 26; Figura 7, 9 y 11): formando 2 o más hileras; células subsidiarias triangulares bajas. **Células interestomáticas** (Cuadro 27; Figuras 7, 9, 11): rectangulares, angostas y largas (3 veces más largas que anchas). **Papilas** (Cuadro 28; Figura 7, 9 y 11): ausentes (en el margen de la hoja) o abundantes, sobre las células largas costales e intercostales, grandes (diámetro de la papila mayor a la mitad de la longitud de la pared anticlinal), 1 a 3 papilas por célula interestomática y célula larga costal, 4 a 6 papilas por célula larga intercostal, papilas circulares, globosas, paredes delgadas. **Células cortas intercostales** (Cuadro 30; Figura 7, 9 y 11): ausentes. **Células cortas costales** (Cuadro 30; Figura 7, 9 y 11): escasas, en la zona costal, una célula corta costal unida a un cuerpo de sílice, altas y estrechas, paredes fuertemente crenadas, bordes redondeados. **Aguijones** (Cuadro 31; Figura 7, 9 y 11): escasos, en la zona intercostal, un aguijón entre las sucesivas células largas intercostales, o 3 aguijones presentes en las hileras, pequeños (más pequeños que un aparato estomático), base pequeña (base más pequeña que un aparato estomático), puá grande (puá más grande que la base). **Micropelos** (Cuadro 32; Figura 7, 9 y 11): escasos, en la zona intercostal, célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal), pared gruesa (pared de la célula proximal más gruesa que la pared de la célula distal); célula distal con ápice ligeramente en punta. **Macropelos** (Cuadro 33; Figura 7, 9 y 11): abundantes, en la zona intercostal,

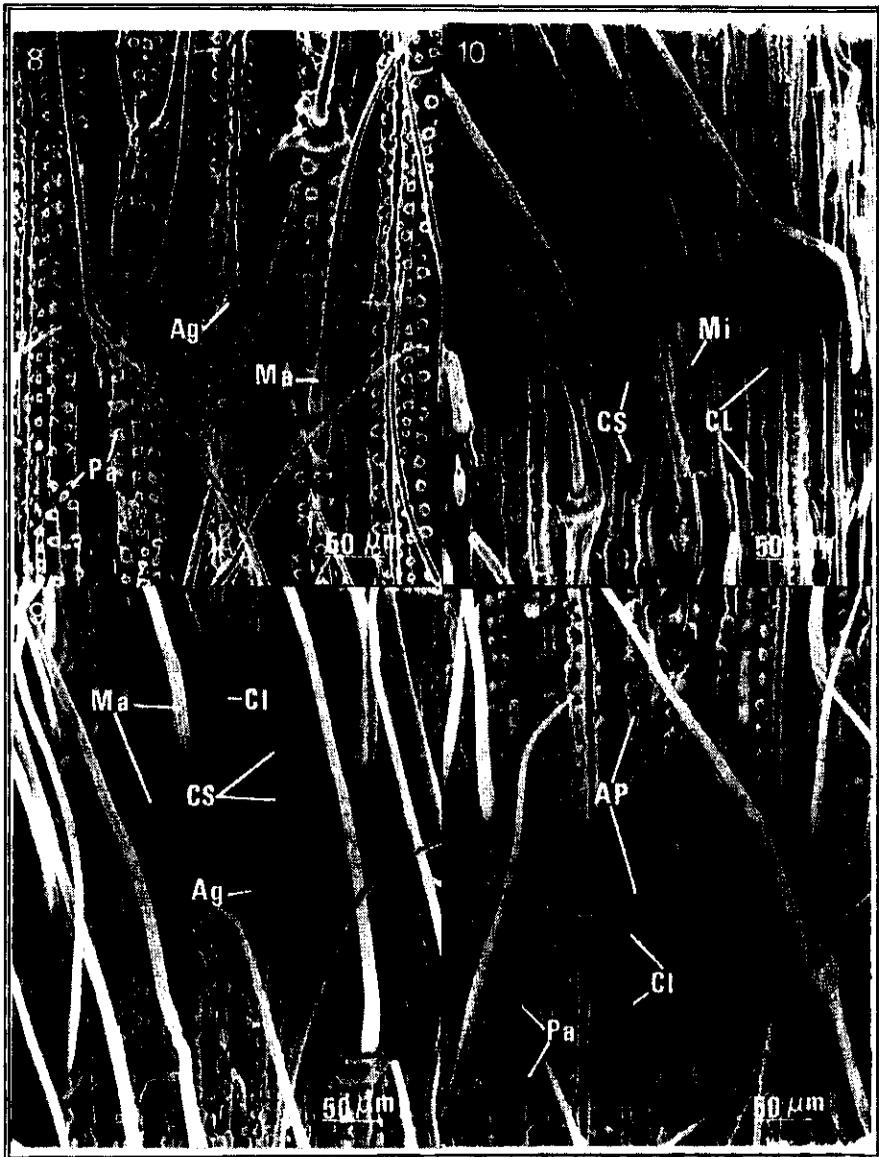
suaves, conjunto de células epidérmicas hemisféricas siempre asociadas a la base del macropelo. **Cuerpos de sílice** (Cuadro 34; Figura 7, 9 y 11): bordes redondeados.

Cuadro 12
Ejemplares de *Sorghum trichocladum* utilizados en el estudio anatómico de epidermis adaxial y abaxial

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
1	<i>Sorghum trichocladum</i>	Swallen 11206	Honduras	MEXU
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	Cabrera 46	México	MEXU
3	<i>Sorghum trichocladum</i>	Cabrera 47	México	MEXU
4	<i>Sorghum trichocladum</i>	King 4882	México	MEXU



Figra 7. *Sorghum trichocladum* (Cabrera 47). Microscopio óptico, epidermis abaxial (7). Aparatos estomáticos (AP), célula interestomática (CI), macropelo (Ma), papila (Pa).



Figuras 8, 9, 10 y 11: *Sorghum trichocladum* (Swallen 11206, King y Soderstrom 4482). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (8 y 10) y epidermis abaxial (9 y 11). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (CI), macropelo (Ma), micropelo (Mi), aguijón (Ag), papila (Pa), cuerpo de sílice (CS).

1.22 *Sorghum spp.*

Epidermis adaxial

Células largas intercostales (Cuadro 15; figuras 12, 16, 18, 22, 28, 30, 38 y 40): asociada con aguijones, macropelos, micropelos, células cortas intercostales presentes en las hileras intercostales. **Aparatos estomáticos** (Cuadro 16; Figura 22, 24, 26, 28 y 41): escasos o abundantes, no restringidos al margen de la hoja, en 1, 2 o 3 hileras, aguijones y micropelos ocasionalmente presentes en las hileras intercostales; células subsidiarias triangulares bajas o ligeramente en forma de domo. **Células interestomáticas** (Cuadro 17; Figura 12, 16, 18, 22, 26 y 41): rectangulares, angostas y largas (3 veces más largas que anchas), micropelos y aguijones ocasionalmente presentes en las hileras intercostales. **Papilas** (Cuadro 18; Figura 14, 26, 34 y 38): cuando presentes en la zona intercostal, sobre células largas intercostales, 1 a 8 papilas por célula larga intercostal, circulares, globosas, paredes delgadas. **Células cortas intercostales** (Cuadro 19; Figura 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 y 41): escasas o abundantes, micropelos ocasionalmente presentes en las hileras intercostales, células cortas intercostales cuadradas, paredes crenadas. **Células cortas costales** (Cuadro 20): ausentes. **Aguijones** (Cuadro 21; Figuras 12, 18, 20, 30, 40 y 41): ausentes, escasos o abundantes, cuando presentes, en la zona costal o intercostal, un aguijón entre las sucesivas células largas costales o intercostales, aparatos estomáticos ocasionalmente presentes en las hileras, pequeños (aguijones más pequeños que un aparato estomático) o medianos (aguijones de igual tamaño a un aparato estomático), base pequeña (base más pequeña que un aparato estomático) o mediana (base de igual tamaño a un aparato estomático), Puá pequeña (Puá más pequeña que la base) o grande (Puá más grande que la base). **Micropelos** (Cuadro 22, Figura 12, 22, 30 y 36): célula proximal y distal aproximadamente iguales en longitud o célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal), o célula distal más grande que la célula proximal (célula distal 2 veces más grande que la célula proximal); célula proximal menor, igual o más inflada que la célula distal con pared gruesa (pared de la célula proximal más gruesa que la pared

de la célula distal) o igual en grosor a la pared de la célula distal; célula distal con pared delgada (pared de la célula distal más delgada que la pared de la célula proximal), o gruesa (pared de la célula distal igual en grosor a la pared de la célula proximal), célula distal con ápice puntiagudo o fuertemente puntiagudo. **Macropelos** (Cuadro 23; Figura 12, 32 y 38): ausentes o abundantes, en la zona intercostal, suaves, conjunto de células epidérmicas hemisféricas siempre asociadas a la base del macropelo. **Cuerpos de sílice** (Cuadro 24: Figura 14, 28, 30, 36 y 40): bordes redondeados.

Epidermis abaxial

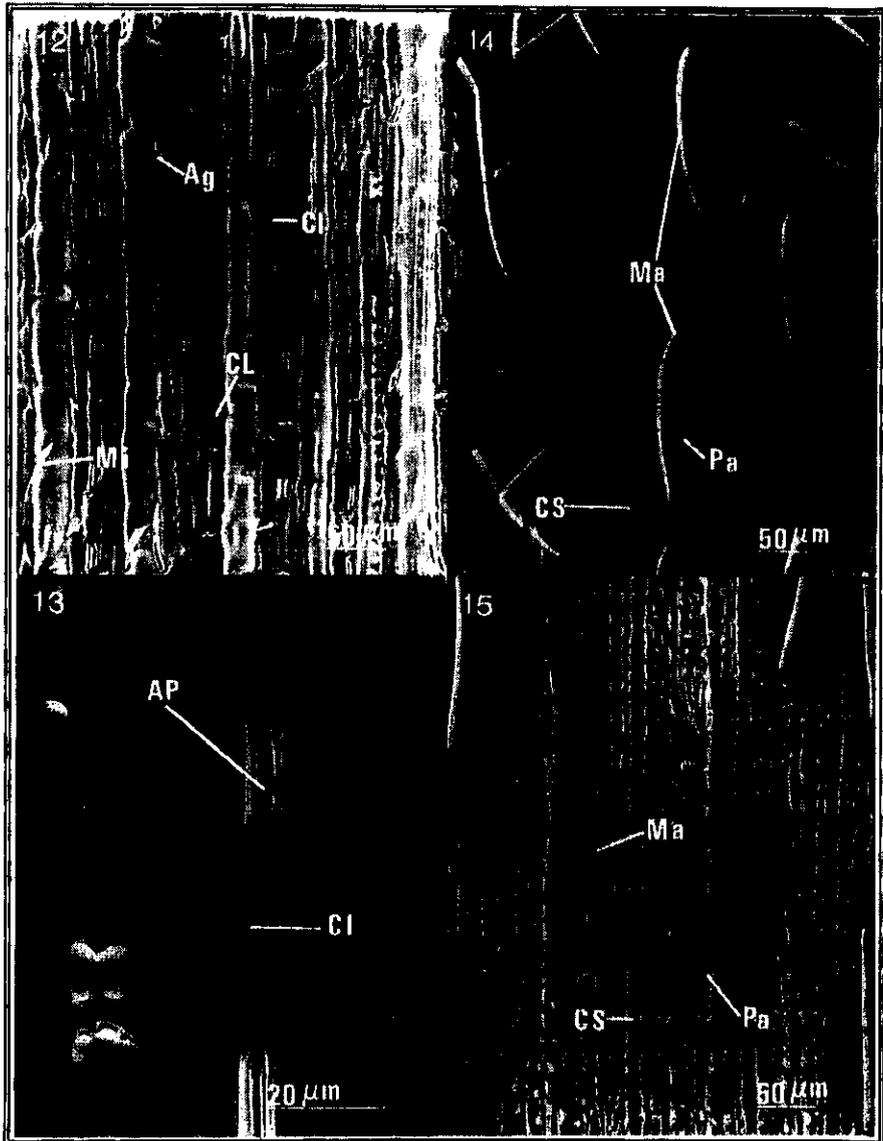
Células largas intercostales (Cuadro 25; Figura 13, 17, 19, 23, 27, 29, 31, 39 y 42): asociadas con células cortas intercostales, micropelos, macropelos, aguijones presentes en las hileras intercostales. **Aparatos estomáticos** (Cuadro 26; Figura 13, 19, 23, 29, 33, 35, 37, 39 y 42): formando 1 a 5 hileras; células subsidiarias triangulares bajas o ligeramente en forma de domo. **Células interestomáticas** (Cuadro 27; Figura 13, 17, 19, 27, 29, 31, 39 y 42): rectangulares, angostas y largas (3 veces más largas que anchas). **Papilas** (Cuadro 28; Figura 15, 21, 23, 25, 33 y 35): ausentes o abundantes, cuando presentes sobre las células interestomáticas, células largas intercostales, o células largas costales; en las células interestomáticas papilas grandes (diámetro de la papila mayor a la mitad de la longitud de la pared anticlinal), 1 a 3 papilas por célula larga interestomática, oblicuas, delgadas y sobre los aparatos estomáticos, o circulares y no sobre los aparatos estomáticos, globosas y delgadas; en las células largas intercostales, grandes (diámetro de la papila mayor a la mitad de la pared anticlinal), 1 a 6 papilas por célula larga intercostal, circulares, globosas, pared delgada; en las células largas costales papilas grandes (diámetro de la papila mayor a la mitad de la longitud de la pared anticlinal), 4 a 6 papilas por célula, circulares, globosas, delgadas. **Células cortas intercostales** (Cuadro 29): ausentes o abundantes, en la zona intercostal, micropelos ocasionalmente en las hileras intercostales, células cortas intercostales cuadradas, paredes crenadas, bordes fuertemente redondeados. **Células cortas costales** (Cuadro 30): ausentes. **Aguijones** (Cuadro 31; Figura 21): ausentes, escasos o abundantes, en la zona

intercostal, un agujijón entre las sucesivas células largas intercostales, ocasionalmente micropelos o células cortas intercostales presentes en las hileras, agujijones pequeños (agujijones más pequeños que un aparato estomático) o medianos (agujijones de igual tamaño a un aparato estomático), base pequeña (base más pequeña que un aparato estomático) o mediana (base de igual tamaño a un aparato estomático), puá pequeña (puá más pequeña que la base) o grande (Puá más grande que la base). **Micropelos** (Cuadro 32; Figura 19, 23, 25, 27, 31, 37 y 42): escasos o abundantes, en la zona intercostal, raramente en la zona costal, células cortas intercostales y agujijones ocasionalmente presentes en las hileras, célula proximal y célula distal aproximadamente iguales en longitud o célula distal más grande que la célula proximal (célula distal 2 veces más grande que la célula proximal); célula proximal con pared gruesa (pared de la célula proximal más gruesa que la pared de la célula distal) o delgada (pared de la célula proximal y célula distal del mismo grosor); célula distal con ápice redondeado o fuertemente puntiagudo. **Macropelos** (Cuadro 33; Figura 15, 19, 25 y 39): ausentes o abundantes, en la zona costal e intercostal, suaves, conjunto de células epidérmicas hemisféricas siempre asociadas a la base del macropelo. **Cuerpos de sílice** (Cuadro 34; Figura 15, 17, 23, 27 y 33): bordes redondeados.

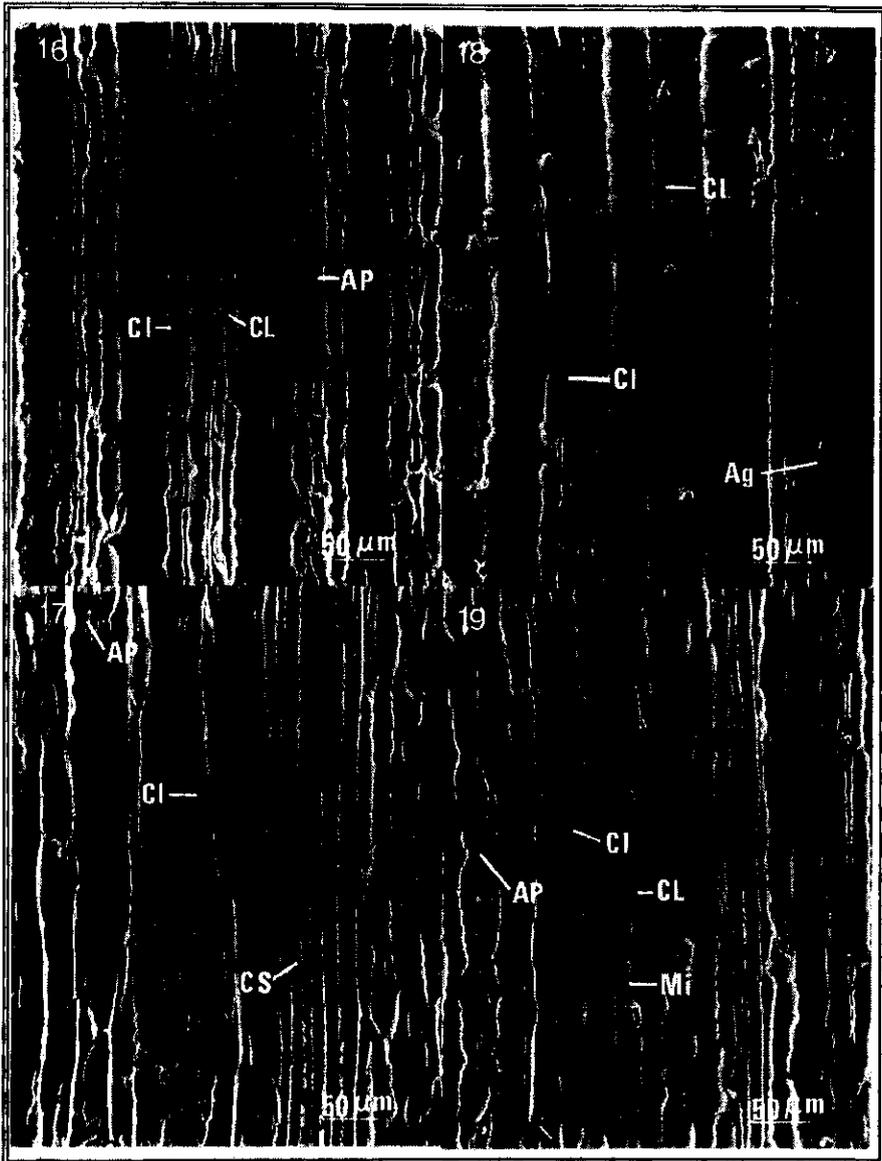
Cuadro 13
Ejemplares de *Sorghum* utilizados en el estudio anatómico
de epidermis adaxial y abaxial

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
1	<i>Sorghum australiense</i>	Lazarides 444	Australia	ISC
2	<i>Sorghum arundinaceum</i>	Chase 7848	Brasil	ISC
3	<i>Sorghum ethiopicum</i>	Dobley 18820-5	***s.p.	ISC
4	<i>Sorghum halepense</i>	Buckhotiz **s.n.	E. U.	ISC
5	<i>Sorghum intrans</i>	Specht 45	Australia	ISC
6	<i>Sorghum laxiflorum</i>	White 811	Australia	ISC
7	<i>Sorghum leiocladum</i>	Constable 24053	Australia	ISC
8	<i>Sorghum macrospermum</i>	Adams 889	Australia	ISC
9	<i>Sorghum matarakense</i>	Pable 1794	China	ISC
10	<i>Sorghum nitidum</i>	Perry 2691	Australia	ISC
11	<i>Sorghum plumosum</i>	Lazarides 4143	Australia	ISC
12	<i>Sorghum purpuro-sericeum</i>	Bullock 3637	Tanganyica	ISC
13	<i>Sorghum stipoides</i>	Oakes 476	América del Sur	ISC
14	<i>Sorghum versicolor</i>	Adams 892	Australia	ISC
15	<i>Sorghum verticiflorum</i>	Hichcock 24536	África del Sur	ISC

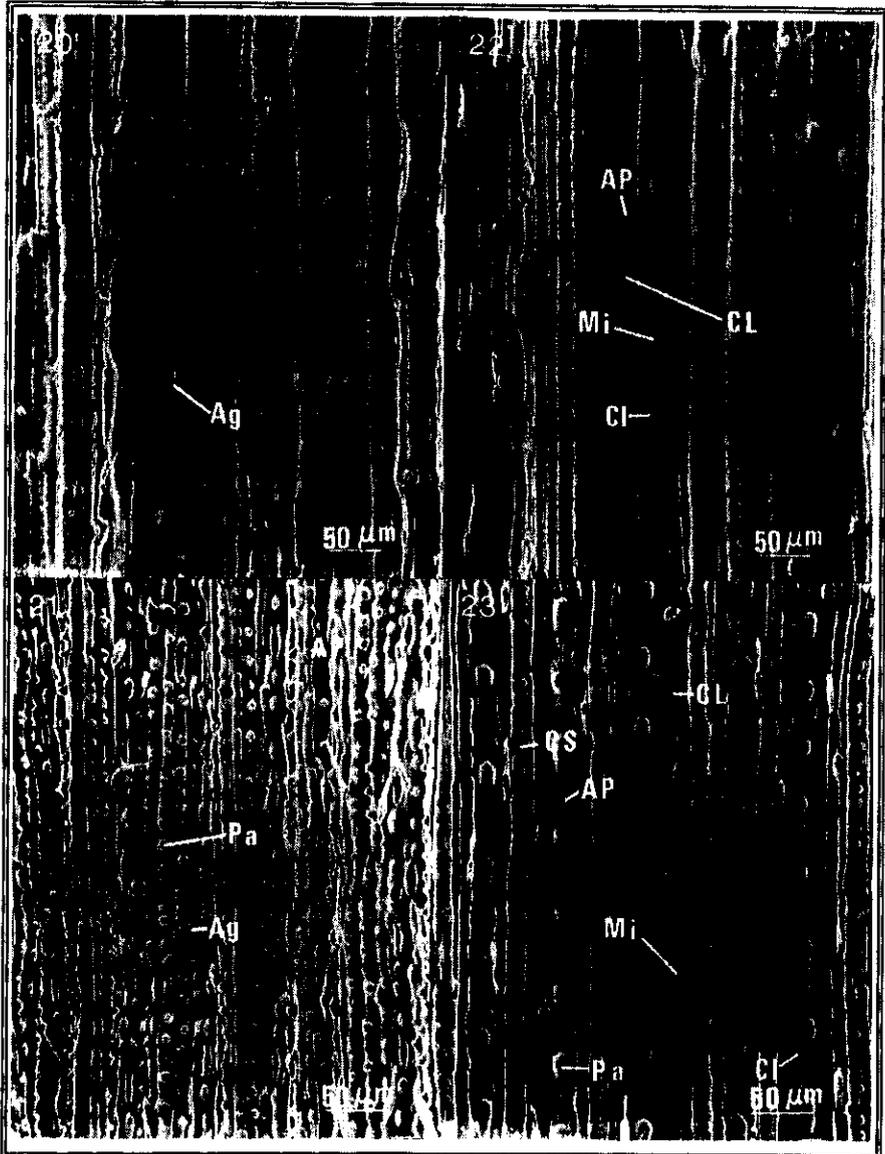
Sin número de colecta (s.n). *sin país (s.p)



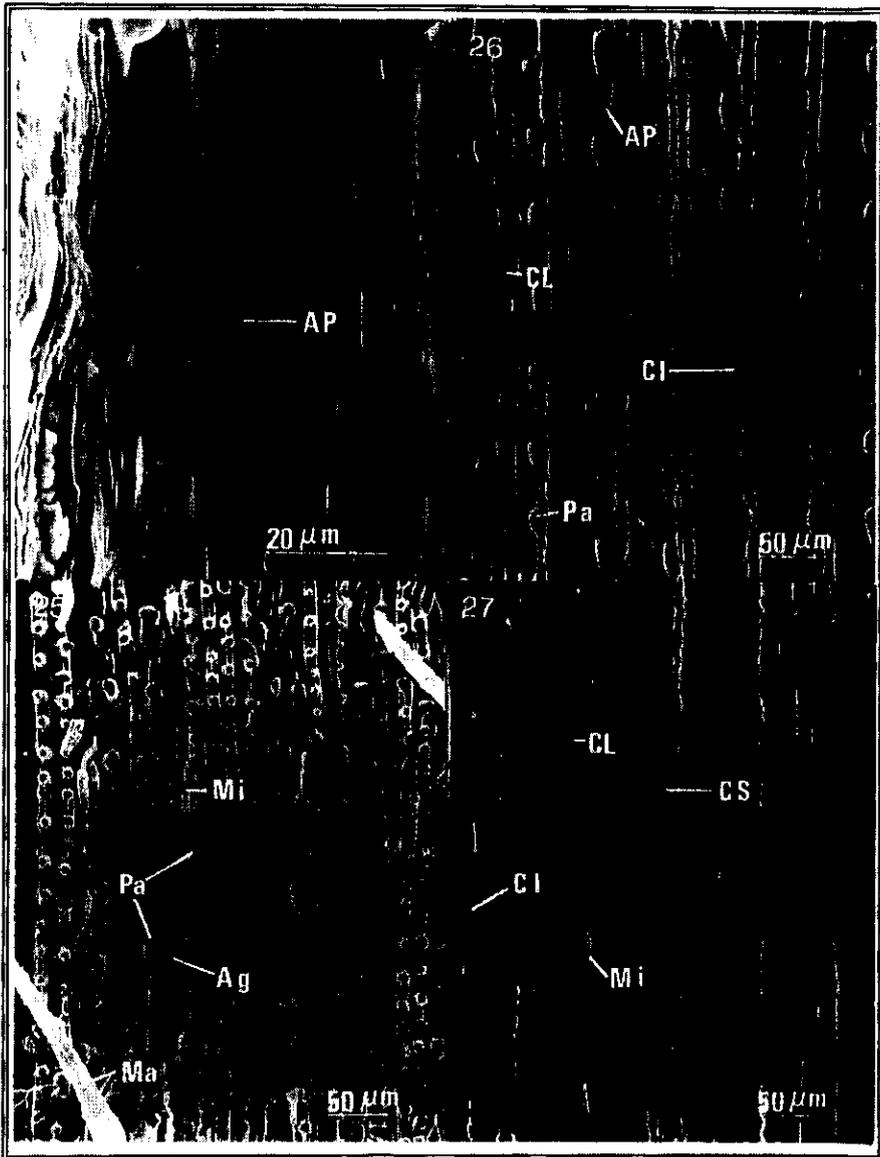
Figuras 12 y 13: *Sorghum arundinaceum* (Chase 7848). Figuras 14 y 15: *Sorghum australiense* (Lazarides 444). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (12 y 14) y epidermis abaxial (13 y 15). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (CI), macropelo (Ma), micropelo (Mi), papila (Pa), cuerpo de sílice (CS).



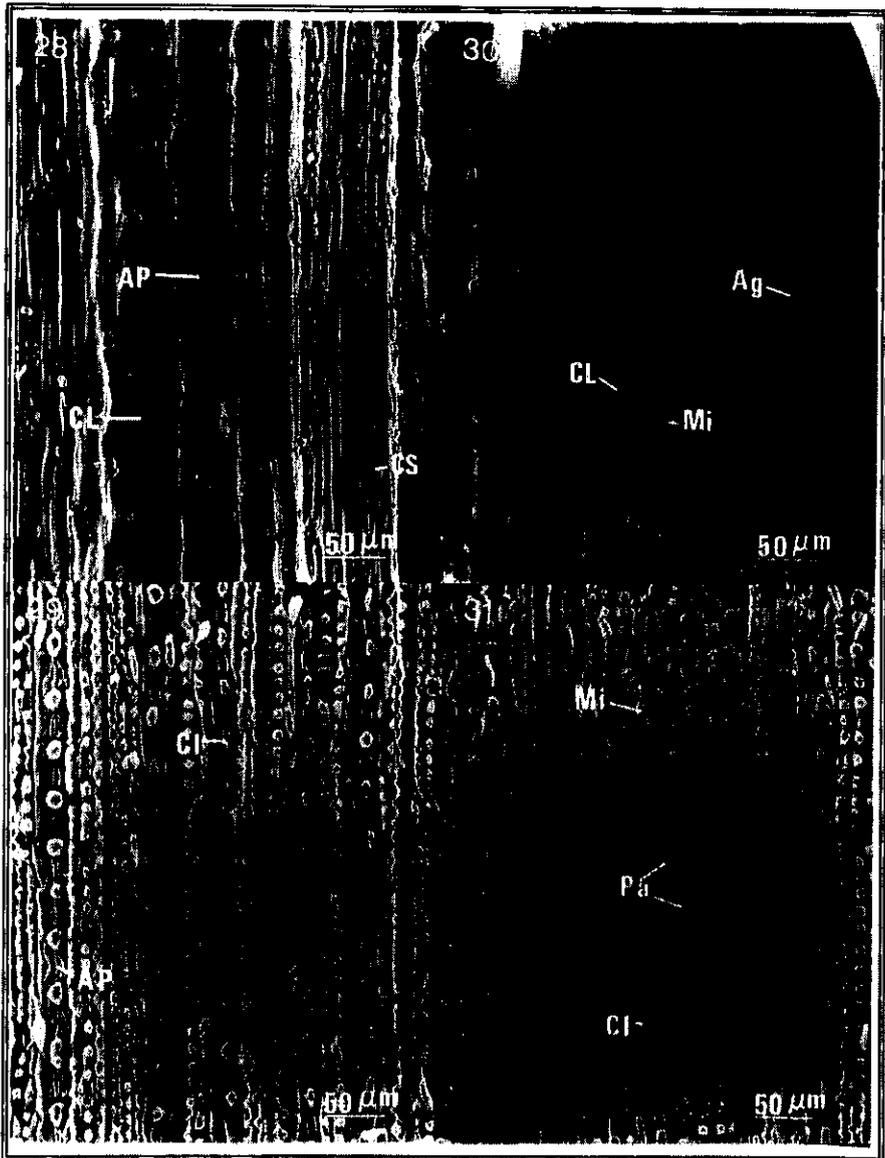
Figuras 16 y 17: *Sorghum ethiopicum* (Dobley 18820-5). Figuras 18 y 19: *Sorghum halepense* (Buckhalz s.n.). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (16 y 18) y epidermis abaxial (17 y 19). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (CI), micropelo (MI), agujón (Ag), cuerpo de sílice (CS).



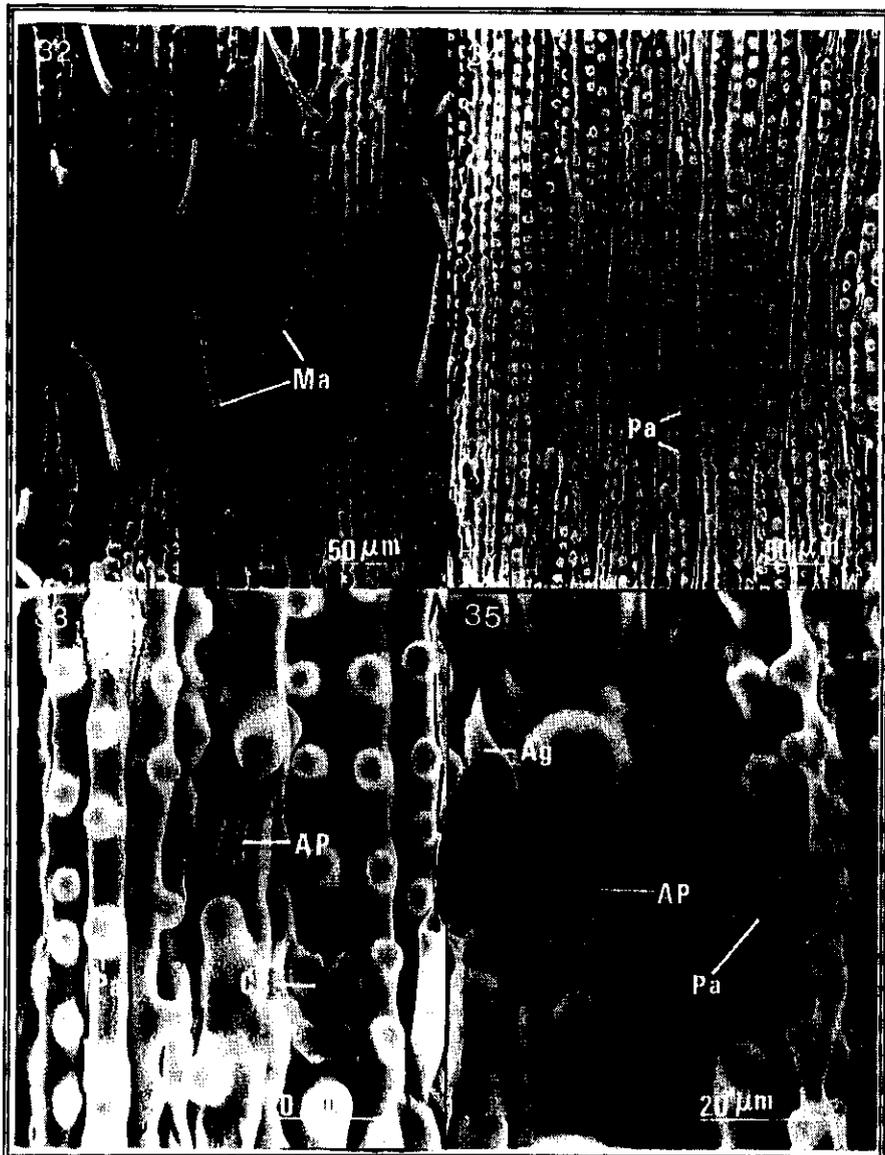
Figuras 20 y 21: *Sorghum Intrans* (Spech 45). Figuras 22 y 23: *Sorghum laxiflorum* (White 8811). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (20 y 22) y epidermis abaxial (21 y 23). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula larga interestomática (CI), micropelo (MI), aguijón (Ag), papila (Pa), cuerpo de sílice (CS).



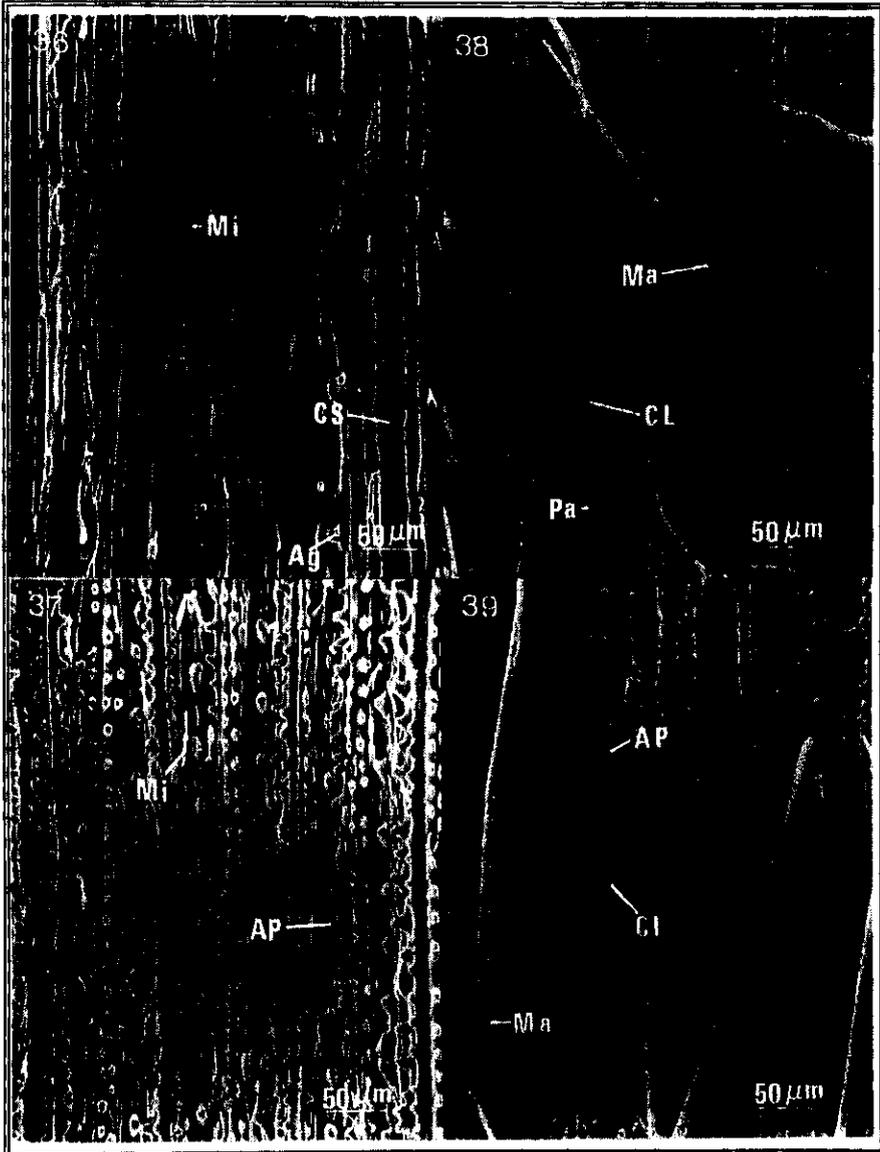
Figuras 24 y 25: *Sorghum leiocladum* (Constable 24053). Figuras 26 y 27: *Sorghum macrospermum* (Adams 889). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (24 y 26) y epidermis abaxial (25 y 27). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (CI), macropelo (Ma), micropelo (Mi), aguijón (Ag), papila (Pa), cuerpo de sílice (CS).



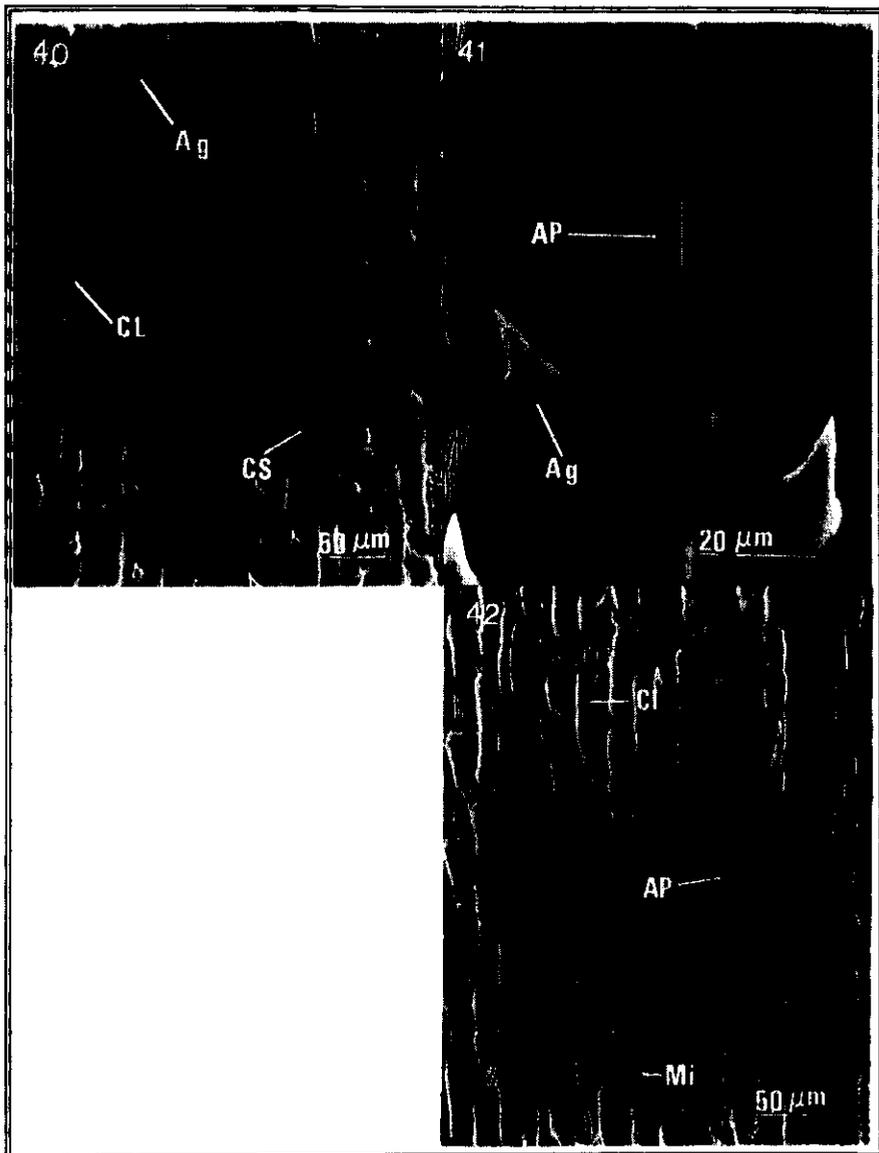
Figuras 28 y 29: *Sorghum matarakense* (Pabla 1794). Figuras 30 y 31: *Sorghum nitidum* (Perry 2691). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (28 y 30) y epidermis abaxial (29 y 31). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (CI), micropelo (Mi), aguijón (Ag), papila (Pa), cuerpo de sílice (CS)



Figuras 32 y 33: *Sorghum plumosum* (Lazarides 4143). Figuras 34 y 35: *Sorghum purpuro-sericeum* (Bullock 3637). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (32 y 34) y epidermis abaxial (33 y 35). Aparatos estomáticos (AP), macropelo (Ma), agujón (Ag) papila (Pa), cuerpo de sílice (CS).



Figuras 36 y 37: *Sorghum stipoidesum* (Oakes 476). Figuras 38 y 39: *Sorghum versicolor* (Adams 892). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (36 y 38) y epidermis abaxial (37 y 39). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (CI), macropelo (Ma), micropelo (MI), aguijón (Ag), papila (Pa), cuerpo de sílice (CS).



Figuras 40, 41 y 42: *Sorghum verticilliflorum* (Hitchcock 24536). Microscopio electrónico de barrido, epidermis adaxial (40 y 41) y epidermis abaxial (42). Aparatos estomáticos (AP), célula larga intercostal (CL), célula interestomática (Cl), micropelo (Mi), agujón (Ag), cuerpo de sílice (CS).

1.23 *Sorghastrum* spp.

Epidermis adaxial

Células largas intercostales (Cuadro 15): asociadas con aguijones, micropelos en las hileras intercostales. **Aparatos estomáticos** (Cuadro 16): escasos o abundantes, no restringidos al margen de la hoja, 1, 2 o 3 hileras, micropelos ocasionalmente presentes en las hileras intercostales; células subsidiarias triangulares bajas o ligeramente en forma de domo. **Células interestomáticas** (Cuadro 17): rectangulares, angostas y largas (3 veces más largas que anchas) o cuadradas, ocasionalmente micropelos presentes en las hileras intercostales. **Papilas** (Cuadro 18): cuando presentes en la zona costal o intercostal, sobre las células largas costales, células largas intercostales, células interestomáticas, 1 papila por célula larga intercostal, célula larga costal o célula interestomática, papilas alargadas, sobre los aparatos estomáticos o globosas y no sobre los aparatos estomáticos, solamente en *Sorghastrum pellitum* papilas pequeñas (diámetro de la papila menor a la longitud de la pared anticlinal), papilas delgadas o fuertemente gruesas. **Células cortas intercostales** (Cuadro 19): escasas, cuadradas o altas y estrechas, paredes lisas o crenadas. **Células cortas costales** (Cuadro 20): abundantes, en la zona costal, una célula corta costal unida a un cuerpo de sílice, altas y estrechas o cuadradas, paredes lisas o crenadas, bordes redondeados. **Aguijones** (Cuadro 21): escasos o abundantes, en la zona costal, raros en la zona intercostal, un aguijón entre las sucesivas células largas costales o intercostales, pequeños (aguijones más pequeños que un aparato estomático) o grandes (aguijones más grandes que un aparato estomático), base pequeña (base más pequeña que un aparato estomático) o base grande (base más grande que un aparato estomático), puá pequeña (puá más pequeña que la base) o grande (puá más grande que la base). **Micropelos** (Cuadro 22): célula proximal y distal aproximadamente iguales en longitud; célula proximal más inflada que la célula distal, con pared gruesa (pared de la célula proximal más gruesa que la pared de la célula distal); célula distal con pared delgada (pared de la célula distal más delgada que la pared de la célula proximal), célula distal con ápice ligeramente en punta o fuertemente puntiagudo. **Macropelos** (Cuadro 23): ausentes o

abundantes, en la zona intercostal, suaves o duros, conjunto de células epidérmicas hemisféricas algunas veces asociadas a la base del macropelo. **Cuerpos de sílice** (Cuadro 24): bordes redondeados o cóncavos.

Epidermis abaxial

Células largas intercostales (Cuadro 25): asociadas con micropelos, agujijones, células cortas intercostales en las hileras intercostales. **Aparatos estomáticos** (Cuadro 26): formando 1, 2 o 3 hileras; células subsidiarias triangulares bajas o ligeramente en forma de domo. **Células interestomáticas** (Cuadro 27): rectangulares, angostas y largas (3 veces más largas que anchas) o cuadradas. **Papilas** (Cuadro 28): ausentes o abundantes, cuando presentes sobre las células largas intercostales y células interestomáticas, normalmente en las células interestomáticas, grandes (diámetro de la papila mayor a la longitud de la pared anticlinal), una papila por célula larga interestomática, papilas alargadas y sobre los aparatos estomáticos o globosa y no sobre los aparatos estomáticos, delgadas o fuertemente gruesas, solo en *Sorghastrum pellitum* una papila por célula larga intercostal, papila pequeña (diámetro de la papila menor a la longitud de la pared anticlinal), globosa, con pared delgada. **Células cortas intercostales** (Cuadro 29): escasas, en la zona intercostal, una célula corta intercostal entre las sucesivas células largas intercostales en una hilera, altas y estrechas o cuadradas, paredes lisas o sinuosas, bordes redondeados. **Células cortas costales** (Cuadro 30): abundantes, en la zona costal, una célula corta unida a un cuerpo de sílice, células cortas costales altas y estrechas o cuadradas, paredes lisas o sinuosas, bordes redondeados. **Agujijones** (Cuadro 31): escasos o abundantes, escasos en la zona intercostal, abundantes en la zona costal, un agujijón entre las sucesivas células largas intercostales o células largas costales, agujijones pequeños (agujijones más pequeños que un aparato estomático) o grandes (agujijones más grandes que un aparato estomático), base pequeña (base más pequeña que un aparato estomático) o grande (base más grande que un aparato estomático), puá pequeña (puá más pequeña que la base) o puá grande (puá más grande que la base). **Micropelos** (Cuadro 32): abundantes, en la zona intercostal; célula proximal y célula distal aproximadamente

iguales en longitud; célula proximal con pared gruesa (pared de la célula proximal más gruesa que la pared de la célula distal); célula distal larga (2 veces más larga que ancha), célula distal con ápice ligeramente en punta o fuertemente puntiagudo.

Macropelos (Cuadro 33): ausentes o abundantes, en la zona intercostal, suaves o duros, conjunto de células epidérmicas hemisféricas algunas veces en la base del macropelo. **Cuerpos de sílice** (Cuadro 34): bordes redondeados o cóncavos.

Cuadro 14
Ejemplares de *Sorghastrum* utilizados en el estudio anatómico
de epidermis adaxial y abaxial

No.	Especie	Coleccionador y número de colecta	País de colecta	Herbario
1	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Johnston 6024	Australia	LL
2	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Molina 27628	Australia	F
3	<i>Sorghastrum contractum</i>	Chase 8723	Australia	US
4	<i>Sorghastrum contractum</i>	Holway 1499	Australia	US
5	<i>Sorghastrum elliottii</i>	Blonquist 9859	Australia	F
6	<i>Sorghastrum elliottii</i>	Chapman 4639	Australia	NY
7	<i>Sorghastrum elliottii</i>	Gofrey 96830	Australia	MO
8	<i>Sorghastrum elliottii</i>	Kearny 942	Australia	US
9	<i>Sorghastrum elliottii</i>	King 2205	Estados Unidos	MO
10	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Dávila 196	México	ISC
11	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Dávila 206	México	ISC
12	<i>Sorghastrum minarum</i>	Chase 11919	Brasil	US
13	<i>Sorghastrum minarum</i>	Hassler 12480	n.d.****	MO
14	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Tenorio 10125	México	MEXU
15	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Arguelles 19398	México	LL
16	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Tenorio 10085	México	MEXU
17	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Pringlei 1433	México	US
18	<i>Sorghastrum nudipes</i>	Townsend 336	México	US
19	<i>Sorghastrum nutans</i>	s.c.* 6	Estados Unidos	n.d.****
20	<i>Sorghastrum nutans</i>	s.c.* 25	Estados Unidos	n.d.****
21	<i>Sorghastrum nutans</i>	s.c.* 43	Estados Unidos	n.d.****
22	<i>Sorghastrum nutans</i>	Dávila 89	México	ISC
23	<i>Sorghastrum nutans</i>	Guana 16	n.d.****	n.d.****
24	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Peterson 6064	Argentina	MO
25	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Cano 4510	Brasil	BAB
26	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Reitz 5347	Brasil	US
27	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Smith 8531	Brasil	US
28	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Menter 541	Uruguay	MO
29	<i>Sorghastrum pellitum</i>	Menter 1948	Uruguay	MO
30	<i>Sorghastrum rigidifolium</i>	Ekman **s.n.	Burundi	LL

*Sin coleccionador (s.c.), ****no disponible (n.d.)

Cuadro 14 (continuación)
Ejemplares de *Sorghastrum* utilizados en el estudio anatómico de epidermis adaxial y abaxial

No.	Especie	Colector y número de colecta	País de colecta	Herbario
31	<i>Sorghastrum scaberrimum</i>	Chase 9841	Brasil	MO
32	<i>Sorghastrum scaberrimum</i>	Chase 11579	s.p.**	n.d.****
33	<i>Sorghastrum secundum</i>	Bilmore 4642a	Estados Unidos	US
34	<i>Sorghastrum secundum</i>	Clos 170	Estados Unidos	US
35	<i>Sorghastrum secundum</i>	Combe 1336	Estados Unidos	US
34	<i>Sorghastrum secundum</i>	Duncan 20663	s.p.**	F

**Sin número de colecta (s.n.)

Cuadro 15
Células largas intercostales observadas en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Asociadas en las hileras con	Agujones, macropelos micropelos y células cortas intercostales	Agujones y micropelos	Agujones, macropelos y micropelos

Cuadro 16
Aparatos estomáticos observados en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Escasos o abundantes	Escasos o abundantes	Escasos
Número de hileras	1, 2 o 3	1, 2 o 3	2
Localización de las hileras	En todas las zonas intercostales de la epidermis adaxial	En todas las zona intercostales de la epidermis adaxial	Solamente en la zona intercostal del margen de la hoja
Estructuras que aparecen ocasionalmente en las hileras	Agujones y micropelos	Micropelos	Micropelos
Forma de las células subsidiarias	Triangulares bajas o ligeramente en forma de domo	Triangulares bajas o ligeramente en forma de domo	Triangulares bajas

Cuadro 17
Células interestomáticas observadas en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Forma	Rectangulares	Rectangulares o cuadrangulares	Rectangulares
Estructuras que aparecen ocasionalmente mezcladas con las células interestomáticas, en las hileras intercostales	Micropelos y agujones	Micropelos, sin agujones	Micropelos, sin agujones

Cuadro 18
Papilas observadas en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Localización	Zona intercostal	Zonas costal e intercostal	Zona intercostal
Tipo de células donde se desarrollan	Células largas intercostales	Células largas costales, células largas intercostales y células interestomáticas	Células largas intercostales
Número de papilas por célula	1 a 8	1	1 a 7
Forma	Circulares y globosas	Alargadas sobre los aparatos estomáticos o globosas y no sobre los aparatos estomáticos, solamente en <i>Sorghastrum pellitum</i> pequeñas (diámetro de la papila menor a la longitud de la pared anticlinal)	Circulares y globosas
Paredes	Delgadas	Delgadas o fuertemente gruesas	Delgadas

Cuadro 19
Células cortas intercostales observadas en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Escasas o abundantes	Escasas	Escasas
Estructuras que aparecen ocasionalmente mezcladas con las células cortas intercostales, en las hileras intercostales	Micropelos	Ninguna estructura	Micropelos
Forma	Cuadrangulares	Cuadrangulares o rectangulares (verticalmente arregladas)	Cuadradas o rectangulares (verticalmente arregladas)
Paredes	Crenadas	Lisas o sinuosas	Fuertemente crenadas

Cuadro 20
Células cortas costales observadas en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Presencia	Ausentes	Presentes	Presentes
Forma	-----	Cuadrada o rectangulares (verticalmente arregladas)	Cuadradas o rectangulares (verticalmente arregladas)
Paredes	-----	Lisas o sinuosas	Fuertemente crenadas
Bordes	-----	Redondeados	Fuertemente redondeados

Cuadro 21
Aguijones observados en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina
de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Ausentes, escasos o abundantes	Siempre presentes, escasos o abundantes	Siempre presentes, abundantes
Localización	Zonas costal e intercostal	Zona costal, raros en la zona intercostal	Zonas costal e intercostal
Estructuras que aparecen ocasionalmente mezcladas en las hileras costales o intercostales	Aparatos estomáticos	Ninguna estructura	Micropelos y Macropelos
Tamaño	Pequeños (más pequeños que un aparato estomático) o medianos (de igual tamaño a un aparato estomático)	Pequeños (más pequeños que un aparato estomático) o grandes (más grandes que un aparato estomático)	Pequeños (más pequeños que un aparatos estomático)
Tamaño de la base	Pequeña (más pequeña que un aparato estomático) o mediana (de igual tamaño a un aparato estomático)	Pequeña (más pequeña que un aparato estomático) o grande (más grande que un aparato estomático)	Pequeña (más pequeña que un aparato estomático)
Tamaño de la Puá	Pequeña (más pequeña que la base) o grande (más grande que la base)	Pequeña (más pequeña que la base) o grande (más grande que la base)	Grande (más grande que la base)

Cuadro 22

Micropelos observados en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Relación entre el tamaño de la célula proximal y distal	Aproximadamente iguales, o célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal) o célula distal más grande que la célula proximal (célula distal 2 veces más grande que la célula proximal)	Aproximadamente iguales	Aproximadamente iguales o célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal)
Forma de la célula proximal, con respecto a la célula distal	Menor, igual o más inflada que la célula distal	Más inflada que la célula distal	Igual o más inflada que la célula distal
Grosor de la pared de la célula proximal	Gruesa (más gruesa que la pared de la célula distal), o delgada o de igual grosor a la pared de la célula distal	Gruesa (más gruesa que la pared de la célula distal)	Gruesa (más gruesa que la pared de la célula distal)
Grosor de la pared de la célula distal	Delgada (más delgada que la pared de la célula proximal) o gruesa (igual grosor a la pared de la célula proximal y distal)	Delgada (más delgada que la pared de la célula proximal)	Delgada (más delgada que la pared de la célula proximal)
Ápice de la célula distal	Puntiagudo o fuertemente puntiagudo	Ligeramente en punta o fuertemente puntiagudo	Redondeado o ligeramente en punta

Cuadro 23

Macropelos observados en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Ausentes o presentes y abundantes	Ausentes o presentes y abundantes	Presentes y abundantes
Localización	Zona intercostal	Zona intercostal	Zonas costal e intercostal
Consistencia	Suaves	Suaves o duros	Suaves
Presencia de células epidérmicas hemisféricas asociadas a la base del macropelo	Siempre presentes	Algunas veces presentes	Siempre presentes

Cuadro 24
Cuerpos de sílice observados en el estudio anatómico de epidermis adaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Bordes	Redondeados	Redondeados o cóncavos	Redondeados

Cuadro 25
Células largas intercostales observadas en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Estructuras que aparecen mezcladas en las hileras de células largas intercostales	Células cortas intercostales, micropelos, macropelos y agujones	Células cortas intercostales, micropelos y agujones	Macropelos

Cuadro 26
Aparatos estomáticos observados en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Número de hileras estomáticas	1 a 5	1 a 3	2 o más
Forma de las células subsidiarias	Triangulares bajas o ligeramente en forma de domo	Triangulares bajas o ligeramente en forma de domo	Triangulares bajas

Cuadro 27
Células interestomáticas observadas en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Forma	Rectangulares	Rectangulares o cuadrangulares	Rectangulares

Cuadro 28
Papilas observadas en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de
Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Ausentes o abundantes	Ausentes o abundantes	Ausentes (en el margen de la hoja) o abundantes en el resto de la hoja
Células donde se desarrollan	Células interestomáticas, células largas intercostales, células largas costales	Células interestomáticas y células largas intercostales	Células largas intercostales y células largas costales
Tamaño de las papilas en las células largas intercostales	Grandes (diámetro de la papila mayor a la mitad de la longitud de la pared anticlinal)	Grandes o solamente en <i>Sorghastrum pellitum</i> , pequeñas (diámetro de la papila menor a la longitud de la pared anticlinal)	Grandes (diámetro de la papila mayor a la mitad de la longitud de la pared anticlinal)
Número de papilas en las células largas intercostales	1 a 6 por célula larga intercostal	1 papila por célula larga intercostal	1 a 3 papilas por célula larga intercostal
Número de papilas en las células interestomáticas	1 a 3	1	1 a 3
Forma y posición de las papilas en células interestomáticas	Oblicuas y sobre los aparatos estomáticos o circulares y no sobre los aparatos estomáticos	Alargadas y sobre los aparatos estomáticos o globosas y no sobre los aparatos estomáticos	Circulares, globosas y no sobre los aparatos estomáticos
Grosor de la pared de las papilas en las células interestomáticas	Delgada	Delgada o fuertemente gruesa	Delgada
Papilas en células largas costales	Presentes	Ausentes	Presentes
Abundancia de papilas en las células largas costales	Presentes y raras	Ausentes	Presentes y comunes

Cuadro 29

Células cortas intercostales observadas en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Ausentes o presentes y abundantes	Presentes y escasas	Ausentes
Estructuras que aparecen ocasionalmente mezcladas con las células cortas intercostales, en las hileras intercostales	Micropelos	Ninguna estructura	-----
Forma	Cuadrangulares	Cuadrangulares o rectangulares (verticalmente arregladas)	-----
Paredes	Crenadas	Lisas o crenadas	-----
Bordes	Fuertemente redondeados	Redondeados	-----

Cuadro 30

Células cortas costales observadas en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Presencia	Ausentes	Presentes	Presentes
Abundancia	-----	Abundantes	Escasas
Forma	-----	Cuadrangulares o rectangulares (verticalmente arregladas)	Rectangulares (verticalmente arregladas)
Paredes	-----	Lisas o sinuosas	Fuertemente crenadas

Cuadro 31
Agujones observados en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina
de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Ausentes o presentes, escasos o abundantes	Presentes, escasos o abundantes	Presentes y escasos
Localización	Zona intercostal	Zona costal (abundantes) y zona intercostal (raros)	Zona intercostal (escasos)
Estructuras que aparecen ocasionalmente mezcladas con los agujones en las hileras intercostales y/o costales	Micropelos y células cortas intercostales	Ninguna estructura	Ninguna estructura
Tamaño	Pequeños (más pequeños que un aparato estomático) o medianos (de igual tamaño a un aparato estomático)	Pequeños (más pequeños que un aparato estomático) o grandes (más grandes que un aparato estomático)	Pequeños (más pequeños que un aparato estomático)
Tamaño de la base	Pequeña (más pequeña que un aparato estomático) o mediana (de igual tamaño a un aparato estomático)	Pequeña (más pequeña que un aparato estomático) o grande (más grande que un aparato estomático)	Pequeña (más pequeña que un aparato estomático)
Tamaño de la Puá	Pequeña (más pequeña que la base) o grande (más grande que la base)	Pequeña (más pequeña que la base) o grande (más grande que la base)	Grande (más grande que la base)

Cuadro 32
Micropelos observados en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Escasos o abundantes	Abundantes	Escasos
Localización	Zonas intercostal (comunes) y costal (raros)	Zona intercostal	Zona intercostal
Estructuras que aparecen ocasionalmente mezcladas con los micropelos, en las hileras intercostales y/o costales	Células cortas intercostales y agujones	Ninguna estructura	Ninguna estructura
Relación entre el tamaño de la célula proximal y distal	Aproximadamente iguales o célula distal más grande que la célula proximal (célula distal 2 veces más grande que la célula proximal)	Aproximadamente iguales	Célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal)
Grosor de la pared de la célula proximal	Gruesa (más gruesa que la pared de la célula distal) o delgada (de igual grosor a la pared de la célula distal)	Gruesa (más gruesa que la pared de la célula distal)	Gruesa (más gruesa que la pared de la célula distal)
Ápice de la célula distal	Redondeado o fuertemente puntiagudo	Ligeramente en punta o fuertemente puntiagudo	Ligeramente en punta

Cuadro 33
Macropelos observados en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Abundancia	Ausentes o presentes y abundantes	Ausentes o presentes y abundantes	Presentes y abundantes
Localización	Zona costal e intercostal	Zona intercostal	Zona intercostal
Consistencia	Suaves	Suaves o duros	Suaves
Presencia de células epidérmicas hemisféricas asociadas a la base del macropelo	Siempre presentes	Algunas veces presentes	Siempre presentes

Cuadro 34
Cuerpos de sílice observados en el estudio anatómico de epidermis abaxial de lámina de *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*

Características / Taxa	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
Bordes	Redondeados	Redondeados o cóncavos	Redondeados

2. RECIENTOS CROMOSÓMICOS

Los diferentes intentos para obtener preparaciones, que permitieran el recuento de cromosomas de *Sorghum trichocladum* en la fase mitótica no fueron exitosos. Se intentó la obtención de preparaciones, con variantes de humedad, tiempo de hidrolización en ácido clorhídrico (HCL, al 1 N), tiempo en hidroxiquinoleina, en obscuridad, en luz, sin tener éxito. Posiblemente el mitostático no fue el adecuado, debido a que en las preparaciones se presentaban en los núcleos de las células estructuras parecidas a "hilos", que probablemente eran los cromosomas no condensados. Por esta razón, posiblemente la utilización de otro mitostático como el α -bromonaftaleno (Gu et al., 1984) sería una mejor opción, para la obtención de preparaciones y el recuento de cromosomas diploides de *Sorghum trichocladum*.

3. FITOQUÍMICA

3.1 Compuestos cianogénicos

La prueba aplicada para detección de compuestos cianogénicos a las plántulas de *Sorghum trichocladum* resultó positiva. Es decir, las tiras de papel filtro impregnadas con picrato de sodio viraron de amarillo a rojo naranja, indicando de esta manera la presencia de compuestos cianogénicos en las hojas de las plántulas de esta especie.

3.2 Flavonoides

Para este estudio se utilizó una muestra de 19 individuos de los géneros *Sorghum* (9 individuos), *Sorghastrum* (6 individuos), *Saccharum* (1 individuo), y *Sorghum trichocladum* (3 individuos), señalados en el cuadro 35. La mayoría de estos individuos corresponden a ejemplares provenientes de diferentes estados de la República Mexicana.

En el cuadro 35 se observan los números de muestras, especies y la entidad dondeue fueron colectadas, así como los colectores.

Cuadro 35
Especies, colectores y número de colecta de las muestras utilizadas en el estudio fitoquímico de flavonoides.

No.	Especie	Estado	Colector y No. de Col.
1	<i>Sorghum trichocladum</i>	Guerrero	Cabrera 49
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	Michoacán	Cabrera 48
3	<i>Sorghum bicolor</i>	Veracruz	Juárez 12
4	<i>Sorghum bicolor</i>	San Luis Potosí	Gómez **s. n.
5	<i>Sorghum bicolor</i>	Oaxaca	Cortéz 627
6	<i>Sorghum bicolor</i>	México	Matuda 27788
7	<i>Sorghum halepense</i>	Morelos	Vázquez 1952
8	<i>Sorghum halepense</i>	Veracruz	Ventura 11724
9	<i>Sorghum halepense</i>	Sonora	Vera 1879
10	<i>Sorghum halepense</i>	Coahuila	***n.d..
11	<i>Sorghum halepense</i>	Michoacán	Valdepeña **s.n.
12	<i>Sorghastrum stipoides</i>	Jalisco	Santana 4707
13	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Veracruz	Martínez 458
14	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Veracruz	Ventura 10878
15	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Durango	González 1973
16	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	Colima	Felger 15767
17	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Guerrero	Martínez 4850
18	<i>Sorghum trichocladum</i>	Nayarit	Cabrera 42
19	<i>Saccharum officinarum</i>	Veracruz	Martínez 458

*** No disponible (n.d.)

Con los resultados del corrimiento de las 19 cromatografías bidimensionales, se construyó el cuadro 36, en donde se observa el número de muestras y especies. A cada una de las manchas presentes en las placas cromatográficas se le otorgó un número debido a que cada mancha representa un derivado fenólico. Los números asignados a las manchas fueron progresivos, de esta forma se obtuvieron 71 manchas diferentes. En el cuadro 36 las manchas están representada con una "X", en cada una de las columnas numeradas.

Cuadro 36
Especies y número de manchas presentes en cada una de las placas cromatograficas
del estudio fitoquímico de flavonoides

No.	Especie/Manchas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	<i>Sorghum trichocladum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X												
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	X	X	X			X				X				X	X	X	X	X		X	X	X			
3	<i>Sorghum bicolor</i>		X	X		X					X								X					X	X	X
4	<i>Sorghum bicolor</i>																									
5	<i>Sorghum bicolor</i>																				X		X			
6	<i>Sorghum bicolor</i>	X	X			X					X						X									X
7	<i>Sorghum halepense</i>					X					X								X							
8	<i>Sorghum halepense</i>					X					X															
9	<i>Sorghum halepense</i>					X					X								X							
10	<i>Sorghum halepense</i>					X					X															
11	<i>Sorghum halepense</i>		X			X					X															
12	<i>Sorghastrum stipoides</i>										X															
13	<i>Sorghastrum brunneum</i>	X									X								X							
14	<i>Sorghastrum brunneum</i>		X								X	X														
15	<i>Sorghastrum brunneum</i>		X			X					X															
16	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	X									X	X														X
17	<i>Sorghastrum incompletum</i>										X															
18	<i>Sorghum trichocladum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X							X	X						
19	<i>Saccharum officinarum</i>				X						X		X													

Nota: en la columna 1 están los números asignados a la muestra, la columna 2 contiene la determinación de cada muestra, y en el resto de las columnas están representados cada uno de los derivados fenólicos con una X

Cuadro 36 (continuación)
Especies y número de manchas presentes en cada una de las placas cromatograficas
del estudio fitoquímico de flavonoides

No.	Especie/Manchas	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1	<i>Sorghum trichocladum</i>																										
2	<i>Sorghum trichocladum</i>																										
3	<i>Sorghum bicolor</i>	X																									
4	<i>Sorghum bicolor</i>			X	X	X	X	X	X	X																	
5	<i>Sorghum bicolor</i>	X									X	X	X														
6	<i>Sorghum bicolor</i>													X	X	X											
7	<i>Sorghum halepense</i>			X												X	X	X	X	X	X						
8	<i>Sorghum halepense</i>			X						X										X		X	X				
9	<i>Sorghum halepense</i>			X											X				X		X		X	X	X		
10	<i>Sorghum halepense</i>			X											X				X	X			X				
11	<i>Sorghum halepense</i>			X																X		X					
12	<i>Sorghastrum alipoides</i>				X						X	X				X											
13	<i>Sorghastrum brunneum</i>		X								X				X							X					
14	<i>Sorghastrum brunneum</i>										X											X					
15	<i>Sorghastrum brunneum</i>			X																							
16	<i>Sorghastrum pohlianum</i>		X							X	X					X	X					X					
17	<i>Sorghastrum incompletum</i>		X	X						X													X				
18	<i>Sorghum trichocladum</i>																										
19	<i>Saccharum officinarum</i>																										

Nota: en la columna 1 están los números asignados a la muestra, la columna 2 contiene la determinación de cada muestra, y en el resto de las columnas están representados cada uno de los derivados fenólicos con una X

Cuadro 36 (continuación)
Especies y número de manchas presentes en cada una de las placas cromatograficas
del estudio fitoquímico de flavonoides

No.	Especie/Manchas	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
1	<i>Sorghum trichocladum</i>																						
2	<i>Sorghum trichocladum</i>																						
3	<i>Sorghum bicolor</i>																						
4	<i>Sorghum bicolor</i>																						
5	<i>Sorghum bicolor</i>																						
6	<i>Sorghum bicolor</i>																						
7	<i>Sorghum halepense</i>																						
8	<i>Sorghum halepense</i>																						
9	<i>Sorghum halepense</i>																						
10	<i>Sorghum halepense</i>	x	x	x																			
11	<i>Sorghum halepense</i>				x	x												x					
12	<i>Sorghastrum stipoides</i>					x	x		x	x						x	x						
13	<i>Sorghastrum brunneum</i>						x	x	x														
14	<i>Sorghastrum brunneum</i>						x			x	x												
15	<i>Sorghastrum brunneum</i>			x				x				x	x	x									
16	<i>Sorghastrum pohlianum</i>							x		x			x	x				x	x				
17	<i>Sorghastrum incompletum</i>						x			x	x												
18	<i>Sorghum trichocladum</i>																						
19	<i>Saccharum officinarum</i>																			x	x	x	x

Nota: en la columna 1 están los números asignados a la muestra, la columna 2 contiene la determinación de cada muestra, y en el resto de las columnas están representados cada uno de los derivados fenólicos con una X

Aunque no se sabe a que compuesto o conjunto de compuesto equivale cada mancha, se asume que cada una es una identidad química diferente por lo tanto, con base al cuadro 36 se observa en primer término, que las manchas en las columnas 6, 7, 8, 13, 14, 15, y 19, se presentan únicamente en las muestras de ***Sorghum trichocladum***.

En segundo término las manchas de las columnas 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52 y 54, corresponden a muestras del género ***Sorghum***. De estas manchas, las correspondientes a 20, 21, 22, 23, 24, 26, 30, 31, 32, 33, 37 y 38 corresponden a la especie ***Sorghum bicolor***. En tanto que las manchas 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52 y 54 corresponden a la especie ***Sorghum halepense***.

En tercer término las manchas de las columnas 27, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 y 67 corresponden a muestras de ***Sorghastrum***, de estas manchas las 57, 61 y 62 corresponden a la especie ***Sorghastrum brunneum***. En tanto que las manchas 58 y 65 corresponden a la especie ***Sorghastrum stipoides***. En el caso de las manchas 64 y 67 pertenecen a la especie ***Sorghastrum nutans***.

En cuarto termino las manchas de las columnas 69, 70, y 71 corresponden a la muestra de ***Saccharum officinarum***.

Con respecto a los manchas observadas en cada uno de los cuadrantes del acetato se construyeron los cuadros 37 (***Sorghum trichocladum***), 38 (***Sorghum bicolor***), 39 (***Sorghum halepense***), 40 (***Sorghastrum stipoides***), 41 (***Sorghastrum brunneum***), 42 (***Sorghastrum nutans***), 43 (***Sorghastrum incompletum***), 44 (***Saccharum officinarum***) y 45 (promedios generales de cada uno de los géneros), con el objeto de observar la distribución de las manchas en las placas cromatográficas. En el renglón basal de cada uno de estos cuadros se observa el promedio de cada uno de los cuadrantes.

Cuadro 37
Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghum trichocladum*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
1	2 (ch3-)	2	6	4
2	0	4	4	2
18	0	3	6	0
X	0.6	3.0	5.3	2.0

-Muestra 2 con una mancha entre los cuadrantes 1 y 4.

-Muestra 3 con una mancha entre los cuadrantes 1 y 4.

Cuadro 38
Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghum bicolor*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
3	2 (ch3-)	4	5	3
4	3 (ch3-)	1	3	0
5	0	3	2	0
6	0	4	4	3
X	1.2	3.0	3.5	1.5

Cuadro 39
Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghum halepense*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
7	1	3	3	4
8	2	3	2	0
9	4	2	2	3
10	1	3	3	2
11	3	1	3	1
X	2.2	2.4	2.6	2.0

- Muestra 7 con una mancha entre los cuadrantes 3 y 4.
- Muestra 8 con una mancha entre los cuadrantes 3 y 4.
- Muestra 9 con una mancha entre los cuadrantes 3 y 4.
- Muestra 10 con dos manchas entre los cuadrantes 3 y 4, 1-2.

Cuadro 40
Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghum stipoides*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
12	3	2	5*	2
X	3.0	2.0	5.0	2.0

Cuadro 41
Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghastrum brunneum*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
13	2	2	5*	2
14	1	2	4	1
15	0	3	4	1
X	1.0	2.3	4.3	1.3

- Muestra 14 con una mancha entre los cuadrantes 1 y 3.
- Muestra 15 con una mancha entre los cuadrantes 1 y 3.

Cuadro 42

Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghastrum nutans*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
16	2	3	7**	3
X	2.0	3.0	7.0	3.0

-Muestra 16 con una mancha entre los cuadrantes 1 y 3.

Cuadro 43

Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghastrum incompletum*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
17	2	1	5*	0
X	2.0	1.0	5.0	0.0

* 3 manchas no corren en la segunda dimensión

** 2 manchas no corren en la segunda dimensión

Cuadro 44

Número de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Saccharum officinarum*

No. Muestra/ Cuadrante	1	2	3	4
19	1	1	3	4
X	1.0	1.0	3.0	4.0

-Muestra 16 con una mancha entre los cuadrantes 1 y 3.

Cuadro 45
Promedio de manchas por cuadrante de las placas cromatograficas del estudio fitoquímico de flavonoides para *Sorghum trichocladum*, *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Saccharum*

Taxa/ Cuadrante	1	2	3	4
<i>Sorghum trichocladum</i>	0.6	3.0	5.3	2.0
<i>Sorghum</i>	1.7	2.6	3.0	1.7
<i>Sorghastrum</i>	1.8	2.1	5.0	1.5
<i>Saccharum officinarum</i>	1.0	1.0	3.0	1.0

De acuerdo al cuadro en el que se resumen los promedios de manchas presentes por cuadrante, en cada una de las placas cromatograficas de los géneros ***Sorghum*** y ***Sorghastrum***, y la especie ***Sorghum trichocladum*** se observan diferencias entre los promedios de los cuatro grupos. En el cuadrante 1, ***Sorghum trichocladum*** presenta el menor promedio con respecto a los otros tres. En los cuadrantes 2, 3, y 4 es contrastante que ***Sorghum trichocladum*** presenta los promedios más altos.

4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El género ***Sorghum*** se distribuye en las zonas tropicales y subtropicales del Viejo Mundo, y es importante destacar que cada uno de los cinco subgéneros (Clayton y Renvoize, 1986) de ***Sorghum***, presentan una distribución claramente restringida, como se observa en el cuadro 46, en donde los subgéneros ***Sorghum***, ***Chaetosorghum***, ***Heterosorghum*** y ***Stiposorghum*** presentan una distribución regionalizada en el viejo continente, no obstante, el subgénero ***Parasorghum*** es el que presenta la distribución más amplia de los cinco subgéneros y se localiza igualmente en el viejo continente. En cuanto a ***S. bicolor*** (cultivado) y ***S. halepense*** (maleza), son dos especies que se distribuyen en los trópicos y subtropicos de todo el

mundo (Lazarides, et al., 1991) como especies introducidas. *Sorghum trichocladum*, es una especie que se distribuye en México (Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, por la vertiente del Pacífico), así como en Guatemala y Honduras.

Cuadro 46
Distribución Geográfica de los Subgéneros de *Sorghum*

Subgénero	Distribución
<i>Sorghum</i>	África.
<i>Cheetosorghum</i>	Australia
<i>Heterosorghum</i>	Norte de Queensland, Nueva Guinea e islas Filipinas
<i>Parasorghum</i>	África, Asia y Australia
<i>Stiposorghum</i>	Norte de Australia

Por otra parte, el género *Sorghastrum* se distribuye en América y África. Dávila (1988) sugiere que hay 17 especies, 15 en América, 1 en el Viejo Mundo y 1 especie en América y África.

En el caso de el género *Cleistachne*, su distribución se restringe a la India y África tropical (Clayton y Renvoize, 1986).

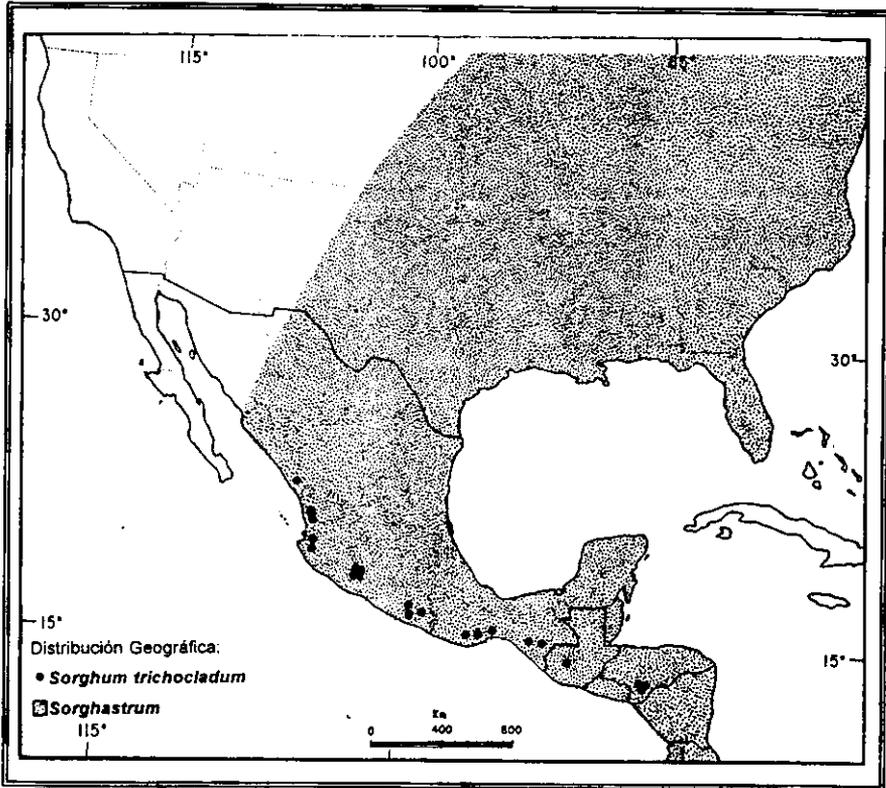


Figura 43. Distribución geográfica de *Sorghum trichocladum* y *Sorghastrum* (Norteamérica).

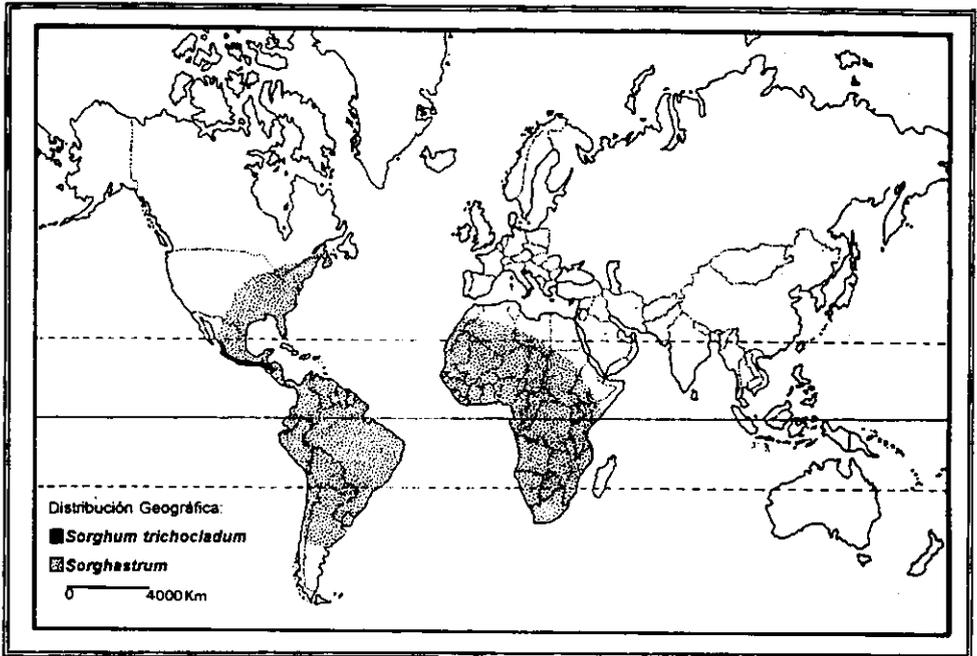


Figura 44. Distribución geográfica de *Sorghum trichocladum* y *Sorghastrum*.

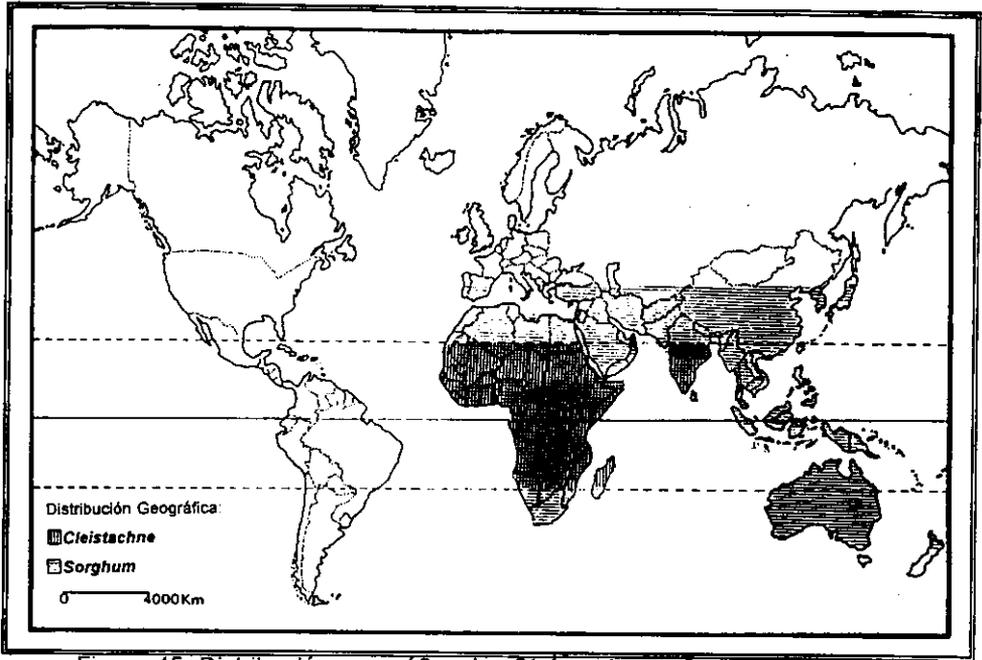


Figura 45. Distribución geográfica de *Cleistachne* y *Sorghum*.

5. ESTUDIO FENÉTICO

5.1 Análisis de conglomerados para morfología y anatomía.

Se midieron 15 ejemplares de *Sorghum trichocladum* (cuadro 47), y 29 ejemplares de diferentes especies nativas e introducidas en México, de los géneros *Sorghum* (cuadro 47) y *Sorghastrum* (cuadro 47). Debido a que *Sorghum nitidum* es una especie que comparte numerosos caracteres morfológicos con *S. trichocladum* y es miembro del subgénero *Parasorghum* (al que pertenece *S. trichocladum* de acuerdo a Garber (1950) se decidió utilizar a esta especie.

Con base en 52 caracteres (lista de caracteres 1) y 44 OTU's (cuadro 47) se construyó la matriz básica de datos (matriz básica de datos 1), donde las hileras son los caracteres y las columnas los OTU's. Con esta matriz se formó el fenograma 1 y se obtuvo el coeficiente de correlación cofenético.

Cuadro 47

Especies, estados, colectores y números de colecta utilizados en el análisis de conglomerados para morfología y anatomía del estudio fenético

No	Especie	Estado y País	Colector, No. de Col. y Herbario
1	<i>Sorghum trichocladum</i>	Guerrero, México	Cabrera 49, MEXU
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	Guerrero, México	Kruse 1323, MEXU
3	<i>Sorghum trichocladum</i>	Honduras	Swallen 10739, MEXU
4	<i>Sorghum trichocladum</i>	Honduras	Swallen 11206, MEXU
5	<i>Sorghum trichocladum</i>	Honduras	Swallen 11366, MEXU
6	<i>Sorghum trichocladum</i>	Jalisco, México	Guzmán 71, MEXU
7	<i>Sorghum trichocladum</i>	Michoacán, México	Cabrera 48, MEXU
8	<i>Sorghum trichocladum</i>	Michoacán, México	Soderstrom 4882, MEXU
9	<i>Sorghum trichocladum</i>	Nayarit, México	Cabrera 46, MEXU
10	<i>Sorghum trichocladum</i>	Nayarit, México	Dávila 92, MEXU
11	<i>Sorghum trichocladum</i>	Nayarit, México	Guzmán 4841, COCA
12	<i>Sorghum trichocladum</i>	Nayarit, México	Télez 10894, MEXU
13	<i>Sorghum trichocladum</i>	Oaxaca, México	Cabrera 50, MEXU
14	<i>Sorghum trichocladum</i>	Oaxaca, México	Reeder 2173, MEXU
15	<i>Sorghum trichocladum</i>	Sinaloa, México	Penell 20034, US
16	<i>Sorghum bicolor</i>	Aguascalientes, México	Guzmán s. n., MEXU
17	<i>Sorghum bicolor</i>	Guerrero, México	Viveros 101, MEXU
18	<i>Sorghum bicolor</i>	Quintana Roo, México	Telléz 2897, MEXU
19	<i>Sorghum halepense</i>	Durango, México	Benítez 889, MEXU
20	<i>Sorghum halepense</i>	México, México	Bonilla 68, MEXU
21	<i>Sorghum halepense</i>	Puebla, México	Vibrans 3085, MEXU
22	<i>Sorghum halepense</i>	Oaxaca, México	Bamontes 63, MEXU
23	<i>Sorghum halepense</i>	Oaxaca, México	Sánchez 431, MEXU
24	<i>Sorghum halepense</i>	Oaxaca, México	Merril 333, MEXU
25	<i>Sorghum halepense</i>	Oaxaca, México	Torres 14042, MEXU
26	<i>Sorghum nitidum</i>	Lian Fa Shan, China	Tsang 15803, HUH
27	<i>Sorghum nitidum</i>	Tamsu, China	Oldham 8214, HUH
28	<i>Sorghum nitidum</i>	Asabara Kurashiki, Japón	K. Uno **s.n., US
29	<i>Sorghum nitidum</i>	Wabsayama-Kaiman, Japón	Tateoka 134, US
30	<i>Sorghum nitidum</i>	Kassam, Nueva Guinea	Brass 32469, US

Cuadro 47 (continuación)
Especies, estados, colectores y números de colecta utilizados en el análisis de conglomerados para morfología y anatomía del estudio fenético

No	Especie	Estado	Colector y No. de Col.
31	<i>Sorghum nitidum</i>	Sinaben, Sumatra	Yates 502, US
32	<i>Sorghum nitidum</i>	Tamibar, **s.p.	Borsum 3159, HUH
33	<i>Sorghum nitidum</i>	Chiang Mai, Tailandia	Maxwell 89-1504, MEXU
34	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Chiapas, México	Reeder 2037, MEXU
35	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Durango, México	González 1973, MEXU
36	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Hidalgo, México	Reeder 4117, MEXU
37	<i>Sorghastrum brunneum</i>	San Luis Potosí, México	Bravo 43, MEXU
38	<i>Sorghastrum brunneum</i>	Veracruz, México	Ventura 10678, MEXU
39	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Colima, México	Santana 1059, MEXU
40	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Guerrero, México	Martínez 4850, MEXU
41	<i>Sorghastrum incompletum</i>	Jalisco, México	Puga 8033, MEXU
42	<i>Sorghastrum nutans</i>	México, México	Matuda 31727, MEXU
43	<i>Sorghastrum nutans</i>	Jalisco, México	Santana 687, MEXU
44	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	Colima, México	Felger 15767, MEXU

Lista de Caracteres Morfológicos y Anatómicos Utilizados en el análisis de conglomerados del estudio fenético.

- 1.- Longevidad.
 0 = anual
 1 = perenne
- 2.- Altura total de la planta (cm).
- 3.- Longitud de la lámina (cm).
- 4.- Ancho de la lámina (mm).
- 5.- Margen de la lámina
 0 = liso
 1 = escabroso

- 6.- Pubescencia de la lámina.
0 = ausente
1 = adaxial
2 = abaxial
3 = ambas superficies
- 7.- Longitud de la vaina (cm).
- 8.- Ancho de la vaina (mm).
- 9.- Pubescencia de la vaina.
0 = ausente
1 = adaxial
2 = abaxial
3 = ambas superficies
- 10.- Longitud de la lígula (mm).
- 11.- Ancho de la lígula (mm)
- 12.- Color del collar.
0 = amarillo
1 = castaño
- 13.- Pubescencia del collar.
0 = ausente
1 = presente
- 14.- Diámetro del eje principal de la inflorescencia (mm).
- 15.- Color del nudo.
0 = amarillo
1 = castaño
- 16.- Longitud de la inflorescencia (cm).
- 17.- Longitud de la rama secundaria de la inflorescencia (cm).
- 18.- Longitud de los racimos (cm).
- 19.- Rama basal.
0 = ramificada
1 = no ramificada
- 20.- Longitud del eje principal de la inflorescencia (cm).

- 21.- Pubescencia del entrenudo del eje principal de la inflorescencia.
0 = ausente
1 = presente
- 22.- Pubescencia del nudo del eje principal de la inflorescencia
0 = ausente
1 = presente
- 23.- Espiguilla pedicelada.
0 = ausente
1 = presente
- 24.- Longitud del pedicelo de la espiguilla pedicelada (mm).
- 25.- Longitud de la espiguilla sésil (mm).
- 26.- Ancho de la espiguilla sésil (mm).
- 27.- Longitud de la gluma externa de la espiguilla sésil (mm).
- 28.- Ancho de la gluma externa de la espiguilla sésil (mm).
- 29.- Número de nervaduras de la gluma externa de la espiguilla sésil.
- 30.- Longitud de la gluma interna de la espiguilla sésil (mm).
- 31.- Ancho de la gluma interna de la espiguilla sésil (mm).
- 32.- Número de nervaduras de la gluma interna de la espiguilla sésil.
- 33.- Pubescencia de la gluma interna de la espiguilla sésil.
0 = ausente
1 = adaxial
2 = abaxial
3 = ambas superficies
- 34.- Gluma interna de la espiguilla sésil.
0 = carinada
1 = no carinada
- 35.- Longitud de la lema externa de la espiguilla sésil (mm).
- 36.- Ancho de la lema externa de la espiguilla sésil (mm).
- 37.- Longitud de la lema interna de la espiguilla sésil (mm).

- 38.- Ancho de la lema interna de la espiguilla sésil (mm).
- 39.- Lema interna de la espiguilla sésil.
0 = no aristada
1 = aristada
- 40.- Longitud de las anteras de la espiguilla sésil (mm).
- 41.- Longitud de la arista de la lema interna de la espiguilla sésil (mm).
- 42.- Longitud del pedúnculo de la inflorescencia (cm).
- 43.- Longitud de la espiguilla pedicelada (mm).
- 44.- Gluma externa 2 carinada de la espiguilla sésil.
0 = ausente
1 = presente
- 45.- Aurículas.
0 = ausentes
1 = membranácea
2 = fistulosas
- 46.- Espiguilla pedicelada.
0 = presente
1 = ausente
- 47.- Lodículas de la espiguilla sésil.
0 = no membranáceas y glabras
1 = membranáceas y glabras
- 48.- Ápice de la lema externa, de la espiguilla sésil
0 = entero
1 = bidentado
2 = tridentado
- 49.- Espiguilla pedicelada.
0 = masculina
1 = no masculina
- 50.- Esclerénquima en el margen de la lámina, formando una capucha.
0 = sin extensiones sobre los haces vasculares
1 = con extensiones sobre los haces vasculares

51.- Localización de las hileras formadas por los aparatos estomáticos y células interestomáticas, en la epidermis adaxial.

0 = presentes en todas las zonas intercostales

1 = solamente en la zona intercostal del margen de la lámina

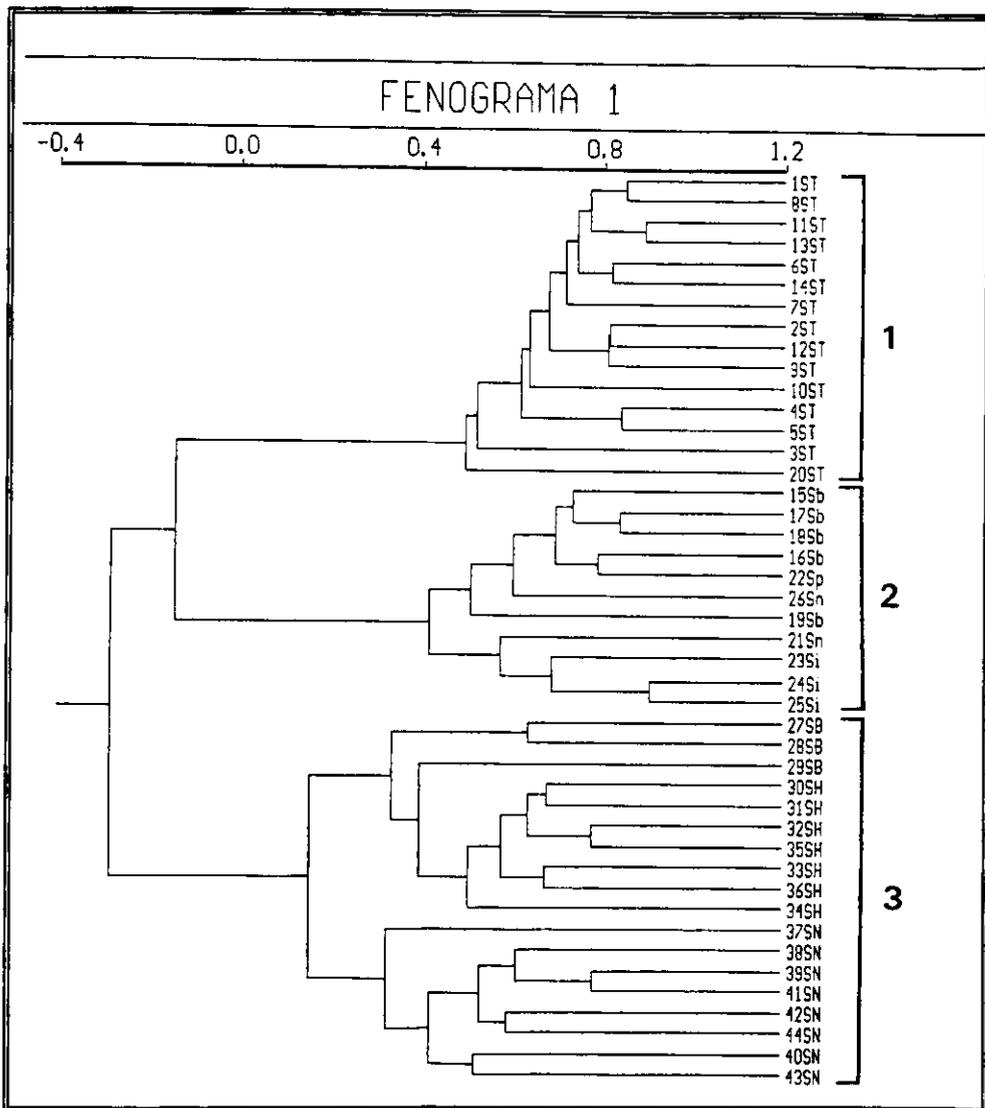


Figura 46. Fenograma 1, resultante del análisis de conglomerados, realizado con base en 53 caracteres morfológicos y anatómicos presentes en 44 OTU's de la especie *Sorghum trichocladum* y de especies de los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum*. *Sorghum trichocladum*=ST; *Sorghum bicolor*= SB; *Sorghum halepense*=SH; *Sorghum nitidum*= SN; *Sorghastrum brunneum*= Sb; *Sorghastrum incompletum*= Si; *Sorghastrum nutans*=Sn; *Sorghastrum pohlianum*= Sp. Grupo 1 formado por OTU's de *Sorghum trichocladum*. Grupo 2 formado por OTU's de *Sorghastrum*. Grupo 3 formado por OTU's de *Sorghum*.

De acuerdo con los resultados del análisis de conglomerados en el cual se incluyeron los datos de morfología y anatomía, se obtuvo un coeficiente de correlación de $r=0.92247$ y la presencia de 3 grandes grupos.

1) El primer agrupamiento se localiza en la parte superior del fenograma. Este grupo esta constituido exclusivamente por OTU's de ***Sorghum trichocladum*** (1ST, 2ST, 3ST, 4ST, 5ST, 6ST, 7ST, 8ST, 9ST, 10ST, 11ST, 12ST, 13ST, 14ST, y 20ST). Es importante destacar que este agrupamiento es el que presenta el mayor grado de similitud entre OTU's.

2) El segundo agrupamiento se localiza en la parte intermedia del fenograma. Este grupo corresponde a las especies del género ***Sorghastrum*** (***S. brunneum***= 15Sb, 16Sb, 17Sb, 18SB; ***S. incompletum***= 23Si, 24Si, 25Si; ***S. nutans***= 21Sn, 26Sn; ***S. pohlianum***=22Sp).

3) El tercer agrupamiento se localiza en la parte basal del fenograma. Este grupo incluye a las OTU's de especies del género ***Sorghum*** (***S. bicolor***= 27SB, 28SB, 29SB; ***S. halepense***= 30SH, 31SH, 32SH, 33SH, 34SH, 35SH, 36SH; ***S. nitidum***= 37SN, 38SN, 39SN, 40SN, 41SN, 42SN, 43SN, 44SN).

El agrupamiento más cercano al formado por OTU's de ***Sorghum trichocladum***, es el agrupamiento de OTU's de especies del género ***Sorghastrum*** (***S. brunneum***= 15Sb, 16Sb, 17Sb, 18Sb; ***S. incompletum***= 23Si, 24Si, 25Si; ***S. nutans***= 21Sn, 26Sn; ***S. pohlianum***=22Sp). En tanto que el agrupamiento de OTU's de especies del género ***Sorghum*** (***S. bicolor***= 27SB, 28SB, 29SB; ***S. halepense***= 30SH, 31SH, 32SH, 33SH, 34SH, 35SH, 36SH; ***S. nitidum***= 37SN, 38SN, 39SN, 40SN, 41SN, 42SN, 43SN, 44SN), es el grupo más lejano al agrupamiento de OTU's de ***Sorghum trichocladum***, lo que revela que el agrupamiento de este género es el menos similar al agrupamiento de OTU's de ***Sorghum trichocladum***.

5.2 Análisis de conglomerados para flavonoides.

Con base a los resultados de flavonoides, cuantificados en el cuadro 36, se construyó la matriz básica de datos (matriz básica de datos 2). Las manchas ("X") representaron el carácter presente y los espacios vacíos representaron la ausencia

del carácter. De esta manera se obtuvo la matriz básica de datos binaria de presencia vs. ausencia (1 y 0) con 71 caracteres (cuadro 36) y 19 OTU's (cuadro 36). Donde las hileras son los caracteres y las columnas los OTU's. Con esta matriz se formó el fenograma 2 y se obtuvo el coeficiente de correlación cofenético.

Matriz básica de datos 2 (para el análisis de conglomerados de flavonoides del estudio fénético).

Renglones son caracteres y columnas son OTU's. Los OTU's 1, 2 y 18=*Sorghum trichocladum*; 3-6=*Sorghum bicolor*; 7-11=*Sorghum halepense*; 12=*Sorghastrum stipoides*; 13-15=*Sorghastrum brunneum*; 16=*Sorghastrum pohlianum*; 17=*Sorghastrum incompletum*; 19= *Saccharum officinarum*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.-	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
2.-	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
3.-	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4.-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5.-	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
6.-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7.-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
10.-	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
11.-	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
12.-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13.-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.-	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.-	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
19.-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20.-	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.-	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.-	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
26.-	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0

28.-0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0
 29.-0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
 30.-0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 31.-0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 32.-0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 33.-0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 34.-0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 35.-0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0
 36.-0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
 37.-0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 38.-0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 39.-0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 40.-0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
 41.-0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 42.-0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 43.-0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 44.-0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 45.-0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 46.-0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0
 47.-0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 48.-0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 49.-0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 50.-0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 51.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 52.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 53.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0
 54.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 55.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
 56.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0
 57.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0
 58.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0
 59.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0
 60.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0
 61.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
 62.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
 63.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0
 64.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 65.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
 66.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0
 67.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 68.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1
 69.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
 70.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
 71.-0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

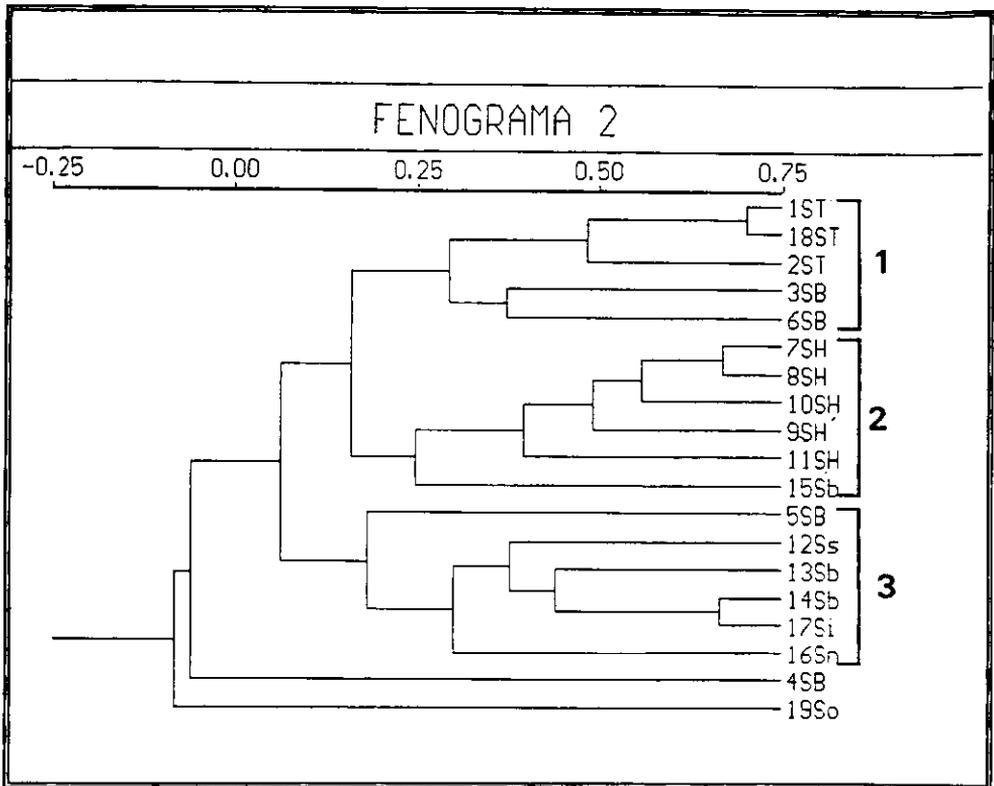


Figura 47. Fenograma 2, resultante del análisis de conglomerados, realizado con base en 71 caracteres fitoquímicos presentes en 19 OTU's de la especie *Sorghum trichocladum* y de especies de los géneros *Sorghum*, *Sorghastrum* y *Saccharum*. *Sorghum trichocladum* =ST; *Sorghum bicolor*=SB; *Sorghum halepense*=SH; *Sorghastrum brunneum*=Sb; *Sorghastrum incompletum*=Si; *Sorghastrum nutans*=Sn; *Sorghastrum stipoides*=Ss; *Saccharum officinarum*=So. Grupo 1, formado por OTU's de *Sorghum trichocladum* y *Sorghum bicolor*. Grupo 2 formado por OTU's de *Sorghum halepense* y *Sorghastrum brunneum*. Grupo 3, formado por OTU's de *Sorghum bicolor*, *Sorghastrum stipoides*, *Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum* y *Sorghastrum nutans*.

De acuerdo con los resultados del análisis de conglomerados de flavonoides, se observa en el fenograma 2, los siguientes resultados:

1) Los OTU's agrupados con el mayor índice de similitud son los que corresponden a la especie ***Sorghum trichocladum*** (1ST, 2ST, 18ST) y se localizan en la parte superior del fenograma 2.

2) Un agrupamiento claramente visible es el formado por OTU's que corresponden a la especie ***Sorghum halepense*** (7SH, 8SH, 10SH, 9SH, 11SH) y se localiza en la parte media del fenograma 2.

3) Otro agrupamiento formado por OTU's que corresponden a especies del género ***Sorghastrum***, se localiza en la parte media baja del fenograma, y está constituido por las especies ***S. brunneum*** (13Sb, 14Sb), ***S.incompletum*** (17Si), ***S. pohlianum*** (16Sp), ***S. stipoides*** (12Ss).

3) Unido al grupo de OTU's que corresponden a la especie ***Sorghum trichocladum***, se encuentran dos OTU's de la especie ***S. bicolor*** (3SB, 6SB), sin embargo el resto de OTU's que corresponden a esta especie (4SB, 5SB), se encuentra en la parte media y basal del fenograma.

5) El OTU que corresponde a la especie ***Sorghastrum brunneum*** (15Sb), se localiza en la parte media del fenograma, unido al agrupamiento formado por OTU's que corresponden a la especie ***Sorghum halepense***.

6) La posición de la especie ***Saccharum officinarum*** en el fenograma 2 revela que se trata de la especie menos similar a la especie ***Sorghum trichocladum***.

El coeficiente de correlación obtenido fue de $r=0.89185$.

6 ESTUDIO FILOGENÉTICO

6.1 Análisis cladístico para ***Cleistachne***, ***Sorghastrum***, ***Sorghum*** y ***Sorghum trichocladum***.

Con base en 9 OTU's (subgénero ***Sorghum*** del género ***Sorghum***, subgénero ***Chaetosorghum*** del género ***Sorghum***, subgénero ***Heterosorghum*** del género ***Sorghum***, subgénero ***Parasorghum*** del género ***Sorghum***, subgénero

Stiposorghum del género ***Sorghum***, género ***Sorghastrum***, género ***Cleistachne***, género ***Saccharum*** y especie ***Sorghum trichocladum***) y

11 caracteres, se construyó la matriz de datos 1 (cuadro 48). Donde las hileras son los taxa y las columnas los caracteres.

Lista de Caracteres Morfológicos y Anatómicos Utilizados en el Análisis Cladístico 1

1.- Ramas de la panícula.

0 = divididas

1 = simples

2.- Pulvínulo de las ramas de la inflorescencia.

0 = presente

1 = ausente

3.- Textura de las lodículas.

0 = crasas

1 = membranáceas

4.- Indumento de las lodículas.

0 = ciliadas o con un mechón de tricomas

1 = glabras

5.- Número cromosómico básico.

0 = $n=10$

1 = $n=5$

6.- Espiguillas pareadas.

0 = iguales

1 = diferentes

7.- Espiguilla pedicelada.

0 = presente con pedicelo

1 = ausente y pedicelo presente

2 = ausente y sin pedicelo

8.- Número de nervaduras de la gluma externa de la espiguilla pedicelada

0 = 10-22

1 = 5-10

9.- Células cortas.

0 = pareadas

1 = solitarias

10.- Ápice de la lema estéril de la espiguilla sésil

0 = sin tres dientes

1 = con tres dientes

Cuadro 48
Matriz de Datos para el Análisis Cladístico 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Género <i>Saccharum</i> (grupo externo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subgénero <i>Sorghum</i> (del género <i>Sorghum</i>)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Subgénero <i>Heterosorghum</i> (del género <i>Sorghum</i>)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Subgénero <i>Chaetosorghum</i> (del género <i>Sorghum</i>)	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Subgénero <i>Parasorghum</i> (del género <i>Sorghum</i>)	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Subgénero <i>Stiposorghum</i> (del género <i>Sorghum</i>)	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Género <i>Sorghastrum</i>	0	1	1	1	0	1	2	1	1	0
Género <i>Cleistachne</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Especie <i>Sorghum trichocladum</i>	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1

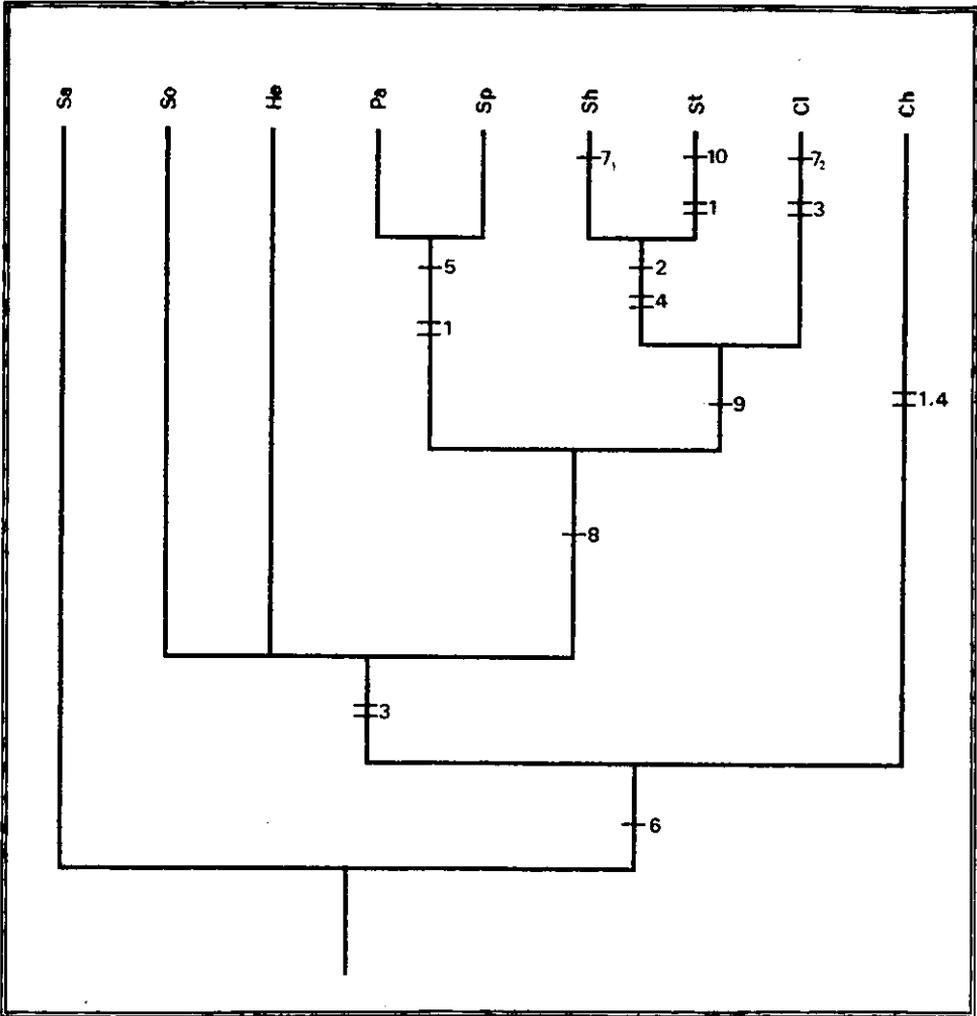


Figura 48. Cladograma 1. Cladograma (Longitud= 18; Índice de Consistencia= 0.67; Índice de Retención= 0.63) obtenido con PAUP 3.1.1 en el análisis cladístico de *Sorghum trichocladum*, *Sorghastrum*, *Cleistachne* y los Subgéneros del género *Sorghum*. *Sorghum trichocladum* =St; *Sorghastrum* Sh; *Cleistachne*=Clei; *Saccharum*=Sa; *Sorghum*=So; *Parasorghum*=Para; *Stiposorghum*=Stip; *Heterosorghum*=Hete; *Chaetosorghum*=Chae.

Se obtuvo un cladograma (Longitud=15; Índice de consistencia=73; Índice de retención=71; Índice de homoplasias=26), en el que se observa los siguientes puntos:

1) El grupo interno es monofilético por la presencia del estado derivado del carácter 6 (espiguillas pareadas diferentes).

2) El subgénero **Sorghum** no presenta ninguna apomorfia que lo defina. Igualmente los subgéneros **Heterosorghum** y **Chaetosorghum** tampoco forman un linaje definido por alguna sinapomorfia.

3) Se observa un clado formado por **Parasorghum-Stiposorghum-Cleistachne-Sorghastrum-Sorghum trichocladum**, con base en la presencia del estado derivado del carácter 8 (5-10 nervaduras de la gluma externa de la espiguilla pedicelada) .

4) Por otro lado los subgéneros **Parasorghum** y **Stiposorghum** forman un linaje definido por la sinapomorfia del carácter 5 (número cromosómico $n=5$).

5) También, se observa que **Cleistachne**, **Sorghastrum** y **Sorghum trichocladum** forman un linaje definido por la sinapomorfia del estado de carácter 9 "células cortas solitarias".

6) Según este análisis **Cleistachne** es el grupo hermano del linaje formado por **Sorghastrum** y **Sorghum trichocladum**.

7) En particular **Cleistachne** está filogenéticamente definido por la autoapomorfia del carácter 7₂ (espiguilla pedicelada y pedicelo ausentes), y **Sorghastrum** se caracteriza por la autoapomorfia del carácter 7₁ (espiguilla pedicelada ausente y pedicelo presente).

8) Así mismo, el género hermano de **Sorghum trichocladum** es **Sorghastrum**, por la presencia de la sinapomorfia del carácter 2 (ausencia de pulvínulo de las ramas que componen a la inflorescencia).

9) **Sorghum trichocladum** se define por la presencia de la autoapomorfia del carácter 11 (presencia de tres dientes apicales en la lema externa, de la espiguilla sésil).

Por tanto con base al cladograma obtenido, el género **Sorghum** parece ser un grupo polifilético, por que no presenta alguna sinapomorfia que lo defina como un

grupo natural y porque sus subgéneros parecen partir de diferentes linajes. Además *Sorghum trichocladum* representa un linaje independiente a los demás grupos estudiados. Lo que contradice los trabajos de Garber (1950) en el que este taxón es considerado parte del subgénero *Parasorghum* del género *Sorghum*.

6.2 Análisis cladístico para algunas especies de *Sorghastrum*, *Sorghum* y *Sorghum trichocladum*.

Con base en 7 OTU's (*Sorghum halepense*, *Sorghum bicolor*, *Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum*, *Sorghastrum pohlianum*, *Sorghum trichocladum* y *Saccharum officinarum*) y 89 caracteres morfológicos, anatómicos y fitoquímicos (basados en el cuadro 36), se construyó la matriz de datos 2 (cuadro 49). Donde las hileras son los taxa y las columnas los caracteres.

Lista de Caracteres Morfológicos, Anatómicos y Fitoquímicos Utilizados en el Análisis Cladístico 2

- 1.- Longevidad.
0 = perenne
1 = anual
- 2.- Rama basal.
0 = ramificada
1 = no ramificada
- 3.- Gluma interna de la espiguilla sésil.
0 = no carinada
1 = carinada
- 4.- Gluma externa dos carinada de la espiguilla sésil.
0 = presente
1 = ausente
- 5.- Aurícula.
0 = ausente
1 = presente

- 6.- Ápice de la lema externa de la espiguilla sésil.
0 = entero
1 = bidentado
2 = tridentado
- 7.- Espiguilla pedicelada.
0 = masculina
1 = no masculina
- 8.- Capucha de esclerénquima en el margen de la lámina.
0 = sin extensiones sobre los haces vasculares
0 = con extensiones sobre los haces vasculares
- 9.- Localización de las hileras formadas por los aparatos estomáticos y las células interestomáticas en la epidermis adaxial
0 = En todas las zonas intercostales
1 = solamente en la zona intercostal del margen de la lámina
- 10.- Tamaño de los aparatos estomáticos en la cara abaxial.
0 = mayor a 3 μm
1 = menor a 3 μm
- 11.- Células cortas.
0 = pareadas
1 = solitarias
- 12.- Pulvínulo en la base de las ramas de la inflorescencia.
0 = presente
1 = ausente
- 13.- Espiguilla pedicelada.
0 = presente
1 = ausente
- 14.- Textura de las lodículas.
0 = crasas
1 = membranáceas
- 15.- Indumento de las lodículas.
0 = ciliadas o con un mechón de tricomas
1 = glabras

16.- Espiguillas pareadas.

0 = iguales

1 = diferentes

17.- Derivado fenológico 1.

0 = ausente

1 = presente

18.- Derivado fenológico 2.

0 = ausente

1 = presente

19.- Derivado fenológico 3.

0 = ausente

1 = presente

20.- Derivado fenológico 5.

0 = ausente

1 = presente

21.- Derivado fenológico 6.

0 = ausente

1 = presente

22.- Derivado fenológico 7.

0 = ausente

1 = presente

23.- Derivado fenológico 8.

0 = ausente

1 = presente

24.- Derivado fenológico 9.

0 = ausente

1 = presente

25.- Derivado fenológico 11.

0 = ausente

1 = presente

26.- Derivado fenológico 13.

0 = ausente

1 = presente

27.- Derivado fenólico 14.

0 = ausente

1 = presente

28.- Derivado fenólico 15.

0 = ausente

1 = presente

29.- Derivado fenólico 16.

0 = ausente

1 = presente

30.- Derivado fenólico 17.

0 = ausente

1 = presente

31.- Derivado fenólico 18.

0 = ausente

1 = presente

32.- Derivado fenólico 19.

0 = ausente

1 = presente

33.- Derivado fenólico 20.

0 = ausente

1 = presente

34.- Derivado fenólico 21.

0 = ausente

1 = presente

35.- Derivado fenólico 22.

0 = ausente

1 = presente

36.- Derivado fenólico 23.

0 = ausente

1 = presente

37.- Derivado fenólico 24.

0 = ausente

1 = presente

38.- Derivado fenológico 25.

0 = ausente

1 = presente

39.- Derivado fenológico 26.

0 = ausente

1 = presente

40.- Derivado fenológico 27.

0 = ausente

1 = presente

41.- Derivado fenológico 28.

0 = ausente

1 = presente

42.- Derivado fenológico 29.

0 = ausente

1 = presente

43.- Derivado fenológico 30.

0 = ausente

1 = presente

44.- Derivado fenológico 31.

0 = ausente

1 = presente

45.- Derivado fenológico 32.

0 = ausente

1 = presente

46.- Derivado fenológico 33.

0 = ausente

1 = presente

47.- Derivado fenológico 34.

0 = ausente

1 = presente

48.- Derivado fenológico 35.

0 = ausente

1 = presente

49.- Derivado fenólico 36.

0 = ausente

1 = presente

50.- Derivado fenólico 37.

0 = ausente

1 = presente

51.- Derivado fenólico 38.

0 = ausente

1 = presente

52.- Derivado fenólico 39.

0 = ausente

1 = presente

53.- Derivado fenólico 40.

0 = ausente

1 = presente

54.- Derivado fenólico 41.

0 = ausente

1 = presente

55.- Derivado fenólico 42.

0 = ausente

1 = presente

56.- Derivado fenólico 43.

0 = ausente

1 = presente

57.- Derivado fenólico 44.

0 = ausente

1 = presente

58.- Derivado fenólico 45.

0 = ausente

1 = presente

59.- Derivado fenólico 46.

0 = ausente

1 = presente

60.- Derivado fenológico 47.
0 = ausente
1 = presente

61.- Derivado fenológico 48.
0 = ausente
1 = presente

62.- Derivado fenológico 49.
0 = ausente
1 = presente

63.- Derivado fenológico 50.
0 = ausente
1 = presente

64.- Derivado fenológico 51.
0 = ausente
1 = presente

65.- Derivado fenológico 52.
0 = ausente
1 = presente

66.- Derivado fenológico 53.
0 = ausente
1 = presente

67.- Derivado fenológico 54.
0 = ausente
1 = presente

68.- Derivado fenológico 55.
0 = ausente
1 = presente

69.- Derivado fenológico 56.
0 = ausente
1 = presente

70.- Derivado fenológico 57.
0 = ausente
1 = presente

- 71.- Derivado fenólico 58.
0 = ausente
1 = presente
- 72.- Derivado fenólico 59.
0 = ausente
1 = presente
- 73.- Derivado fenólico 60.
0 = ausente
1 = presente
- 74.- Derivado fenólico 61.
0 = ausente
1 = presente
- 75.- Derivado fenólico 62.
0 = ausente
1 = presente
- 76.- Derivado fenólico 63.
0 = ausente
1 = presente
- 77.- Derivado fenólico 64.
0 = ausente
1 = presente
- 78.- Derivado fenólico 66.
0 = ausente
1 = presente
- 79.- Derivado fenólico 67.
0 = ausente
1 = presente
- 80.- Vainas parenquimáticas.
0 = ambas presentes
1 = solo una presente
- 81.- Eje principal de la inflorescencia.
0 = angulado
1 = no angulado

- 82.- Nervadura central de la lámina.
0 = formada por varios haces vasculares de primer orden
1 = formada por un solo haz vascular de primer orden
- 83.- Clorénquima.
0 = incospicuo o incompletamente radiado
1 = completamente radiado
- 84.- Inflorescencia.
0 = erecta
1 = no erecta
- 85.- Inflorescencia.
0 = densa
1 = laxa
- 86.- Glumas y lemas de la espiguilla sésil.
0 = cubriendo completamente al fruto
1 = no cubriendo completamente al fruto
- 87.- Pubescencia de la vaina.
0 = ausente
1 = adaxial
2 = abaxial
3 = adaxial y abaxial
- 88.- Nudos del culmo.
0 = no densamente pilosos
0 = densamente pilosos
- 89.- Rizoma.
0 = no escamoso
1 = escamoso

Cuadro 49
Matriz de Datos para el Análisis Cladístico 2

No.	Especie/Manchas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	0	0	0	2	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	<i>Sorghastrum brunneum</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
4	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
5	<i>Sorghastrum incompletum</i>	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Sorghum bicolor</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
7	<i>Sorghum halepense</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0

Cuadro 49
Matriz de Datos para el Análisis Cladístico 2 (continuación)

No.	Especie/Manchas	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Sorghastrum brunneum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
5	<i>Sorghastrum incompletum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	<i>Sorghum bicolor</i>	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	<i>Sorghum halepense</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Cuadro 49
Matriz de Datos para el Análisis Cladístico 2 (continuación)

No.	Especie/Manchas	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1	<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Sorghastrum brunneum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
4	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
5	<i>Sorghastrum incompletum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
6	<i>Sorghum bicolor</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	<i>Sorghum halepense</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 49
Matriz de Datos para el Análisis Cladístico 2 (continuación)

No.	Especie/Manchas	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
1	<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Sorghum trichocladum</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	3	1	0
3	<i>Sorghastrum brunneum</i>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	2	0	0
4	<i>Sorghastrum pohlianum</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
5	<i>Sorghastrum incompletum</i>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	3	0	0
6	<i>Sorghum bicolor</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
7	<i>Sorghum halepense</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1

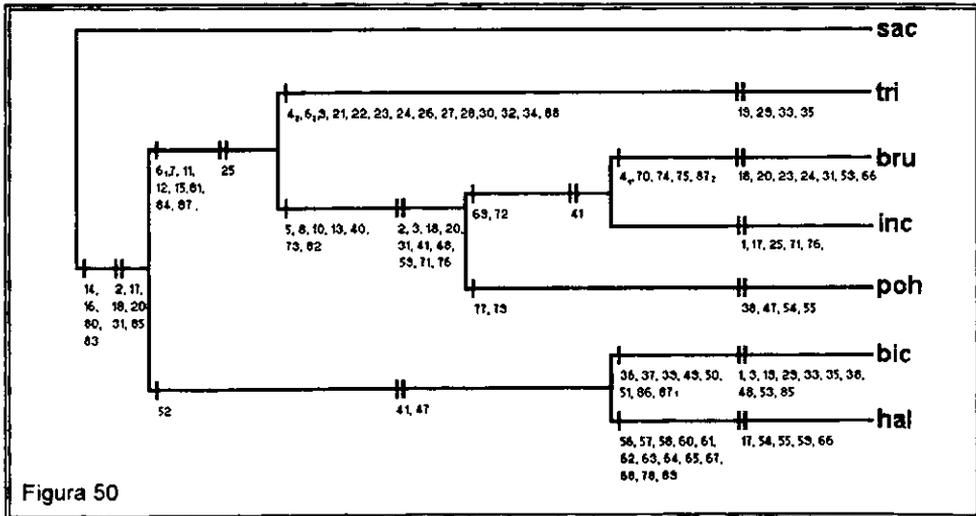
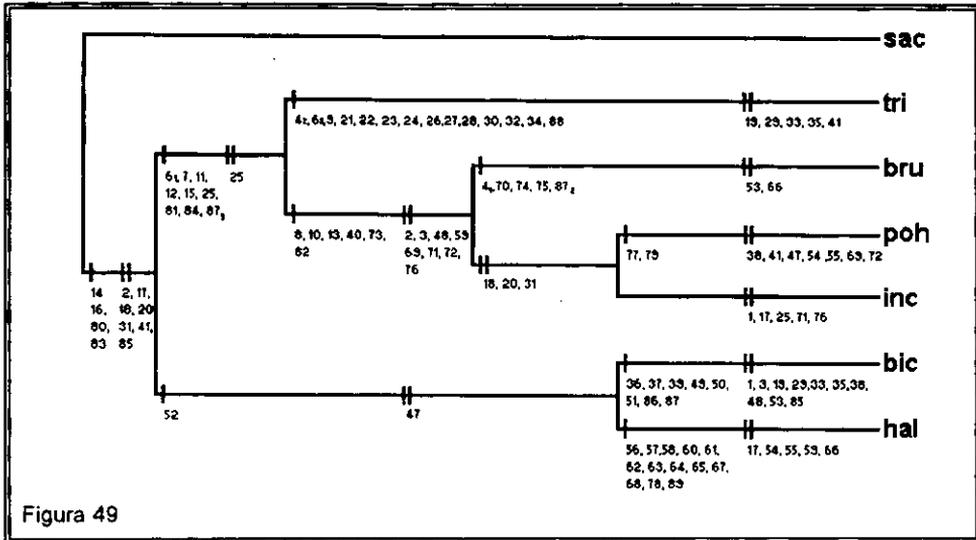


Figura 49 y 50. Cladogramas 2 y 3 (Longitud=126; Índice de Consistencia=76; Índice de retención=58) obtenidos con PAUP 3.1.1 en el análisis cladístico de *Sorghum trichocladium*, *Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum*, *Sorghastrum pohlianum*, *Sorghum bicolor*, *Sorghum halepense* y *Sorghum trichocladium*. *Saccharum officinarum*=sac; *Sorghum trichocladium*=tri; *Sorghastrum brunneum*=bru; *Sorghastrum incompletum*=inc; *Sorghastrum pohlianum*=poh; *Sorghum bicolor*=bic; *Sorghum halepense*=hal.

Se obtuvieron dos cladogramas igualmente parsimoniosos (Longitud=126; Índice de consistencia=76; Índice de retención=58; Índice de homoplasias=40), en el que se observan los siguientes puntos:

1) El grupo interno es monofilético por la presencia del estado derivado de los caracteres 14 (textura de las lodículas membranáceas), 16 (espiguillas pareadas diferentes), 80 (solo una vaina parenquimática presente) y 83 (clorenquima completamente radiado).

2) Se observa un linaje formado por *Sorghum bicolor* y *Sorghum halepense*, con base en la presencia del estado derivado del carácter 52 (derivado fenólico 39 presente).

3) *Sorghum trichocladum*, *Sorghastrum pohlianum*, *Sorghastrum brunneum* y *Sorghastrum incompletum* forman un linaje definido por las sinapomorfías de los caracteres 5 (aurículas presentes), 7 (espiguilla pedicelada no masculina), 11 (células cortas solitarias), 12 (pulvínulo en la base de las ramas de la inflorescencia ausente), 15 (lodículas glabras), 81 (eje principal de la inflorescencia no angulado), 84 (inflorescencia no erecta), 86 (plantas habitando sitios no planos) y 89, (pubescencia de la vaina adaxial y abaxial).

4) *Sorghum trichocladum* es el grupo hermano del linaje formado por *Sorghastrum pohlianum*, *Sorghastrum brunneum* y *Sorghastrum incompletum*.

5) *Sorghastrum pohlianum*, *Sorghastrum brunneum* y *Sorghastrum incompletum* forman un linaje definido por los estados de los caracteres 8 (esclerénquima en el margen de la lámina, formando por una capucha con extensiones sobre los haces vasculares), 10 (tamaño de los aparatos estómicos, menor de 3µm), 13 (espiguilla pedicelada ausente), 40 (derivado fenólico 27 presente), 73 (derivado fenólico 60 presente) y 82 (nervadura central de la lámina, formada por un solo haz vascular de primer orden).

6) Todos los taxa que forman el grupo interno, excepto *Sorghastrum incompletum* están definidos por autoapomorfías.

DISCUSIÓN

Sorghum trichocladum ha sido tradicionalmente incluido en el género *Sorghum*, por la presencia de una espiguilla pedicelada, una lígula membranácea y ciliada, la inflorescencia terminal y piramidal, las glumas semicoriáceas, así como por tener una lema interna bidentada y aristada. Sin embargo, morfológicamente comparte algunas características con el género *Sorghastrum* tales como la presencia de racimos pedunculados simples y frágiles, un callo obtuso, así como la presencia de lodículas glabras y membranáceas. Aunque en apariencia *Sorghum trichocladum* es muy similar a *Sorghastrum*, el primero presenta una espiguilla pedicelada mientras *Sorghastrum* carece de ella. Precisamente, estas diferencias morfológicas entre *Sorghum trichocladum* con respecto a los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum* fueron la pauta que originó el planteamiento de este problema de investigación.

Renvoize (1982) comentó que desde el punto de vista anatómico de la lámina de las Andropogoneae, es un grupo bastante homogéneo, lo cual es consistente con lo encontrado en este trabajo. Una situación similar sucedió en el estudio epidérmico, sin embargo *Sorghum trichocladum* presentó elementos diferentes con respecto a los otros grupos, como es la presencia del escaso número de aparatos estomáticos en la superficie adaxial, y la presencia de éstos solamente en la zona intercostal del margen de la hoja, así como la presencia de macropelos entre las células largas intercostales abaxiales, la carencia de células cortas intercostales en la epidermis abaxial y la célula distal de los micropelos más grande que la proximal, en la epidermis abaxial.

En el estudio para la determinación de flavonoides, aún cuando no se identificaron cada una de las manchas obtenidas (derivados fenólicos), se sabe que por su ubicación en la placa cromatográfica cada una de ellas representa una entidad química diferente. De acuerdo con ello, los resultados de este estudio indicaron que *Sorghum trichocladum* presenta elementos fitoquímicos diagnósticos. Esto se reflejó en el análisis fenético 2, en donde los OTU's referentes a los ejemplares de este taxón formaron un grupo independiente del resto de los OTU's incluidos en el análisis.

Con respecto al análisis fenético en donde se incluyeron caracteres morfológicos y anatómicos, se observó que *Sorghum trichocladium* formó un agrupamiento independiente de *Sorghum* y *Sorghastrum*, lo cual reafirma que este taxón representa una entidad taxonómica diferente. Es interesante destacar que el agrupamiento de *Sorghum trichocladium* fue el más cercano al grupo *Sorghastrum*, lo que indica que existe una estrecha similitud morfológica y anatómica entre estos dos taxa.

Con base en los resultados obtenidos en el análisis fenético para morfología y anatomía, se constató que *Sorghum trichocladium* presenta elementos morfológicos y anatómicos que lo hacen una entidad diferente a los géneros *Sorghum* y *Sorghastrum*. Por lo tanto en este trabajo se propone el género *Mesosorghum*, constituido por la especie *M. trichocladium*.

Durante la siguiente fase de este estudio se intentó entender las relaciones filogenéticas entre *Sorghastrum*, *Cleistachne*, *Sorghum* (incluyendo en forma independiente a sus cinco subgéneros) y esta nueva entidad taxonómica (independiente del género *Sorghum*), así como con las especies *Sorghum bicolor*, *Sorghum halepense*, *Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum* y *Sorghastrum pohlianum*. Los resultados obtenidos en el análisis filogenético 1 y 2 confirman lo propuesto de Dávila (1988), que los géneros de la subtribu Sorghinae, forman parte de un grupo monofilético. Así mismo, se observa que la mayor parte de los caracteres que resultaron filogenéticamente informativos son aquellos pertenecientes a la inflorescencia y espiguillas. En el cladograma 1 obtenido en este estudio destacan 4 linajes definidos por diferentes sinapomorfías, algunas de las cuales están relacionadas con la reducción de estructuras reproductivas. El primer linaje está compuesto por los subgéneros *Parasorghum*, *Stiposorghum* del género *Sorghum*, los géneros *Cleistachne*, *Sorghastrum* y *Mesosorghum*, el cual está definido por la sinapomorfía "5-10 nervaduras de la gluma externa de la espiguilla pedicelada". El segundo linaje está definido por la sinapomorfía "reducción del número cromosómico de 10 a 5" y está integrado por los subgéneros *Parasorghum* y *Stiposorghum*, del género *Sorghum*. Este linaje coincide con lo propuesto por

Garber (1950), quien afirma que los subgéneros *Parasorghum* y *Stiposorghum* están relacionados morfológicamente. Aun más, Sun (1994) propone que estos subgéneros deberían fusionarse en uno sólo debido a su similitud. El tercer linaje está formado por los géneros *Cleistachne*, *Sorghastrum*, y *Mesosorghum*, definido por la sinapomorfia "presencia de células cortas solitarias". En este linaje se expresa la estrecha relación filogenética que guardan entre sí los géneros *Sorghastrum* y *Cleistachne*, la cual ya fue propuesta por Dávila (1988). En este mismo sentido cabe mencionar que Celarier (1959) sugirió la posibilidad de que ambos géneros posiblemente provienen de un mismo linaje. El cuarto y último linaje está formado por *Sorghastrum* y *Mesosorghum*, el cual está apoyado por la sinapomorfia "ausencia del pulvínulo de las ramas que componen a la inflorescencia". En cuanto al análisis cladístico 2, se observa claramente que *Mesosorghum trichocladum* es el grupo hermano del linaje formado por *Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum* y *Sorghastrum pohlianum*, por los estados de los caracteres 5 (aurículas presentes), 7 (espiguilla pedicelada no masculina), 11 (células cortas solitarias), 12 (pulvínulo en la base de las ramas de la inflorescencia ausente), 15 (lodículas glabras), 81 (eje principal de la inflorescencia no angulado), 84 (inflorescencia no erecta), 86 (plantas habitando sitios no planos) y 89₃ (pubescencia de la vaina adaxial y abaxial). Por tanto, ambos linajes forman un grupo monofilético y se manifiesta nuevamente que *Mesosorghum trichocladum* es el grupo hermano de *Sorghastrum* y que ambos son grupos independientes.

Según los resultados del análisis filogenético 1, los géneros *Sorghastrum* y *Cleistachne* son grupos monofiléticos, no así el género *Sorghum* que es polifilético, debido a que los cinco subgéneros de *Sorghum* (Garber 1950), que fueron utilizados en este análisis se arreglaron en una politomía. Esta información coincide con lo comentado por Duval y Doble (1990) y Sun et al (1994) quienes concluyen también que el género *Sorghum* no es monofilético y que requiere de un estudio sistemático detallado que ayude a dilucidar sus límites taxonómicos. Con respecto a *Mesosorghum* es importante destacar, que su monofilia está apoyada por la autoapomorfia "ápice de la lema estéril de la espiguilla sésil con tres dientes", y que

su grupo hermano, según el análisis, es *Sorghastrum*. Estos resultados muestran que *Mesosorghum* está filogenéticamente más cercano a *Sorghastrum* que es su grupo hermano, que a *Sorghum*; de hecho, el cladograma 1 obtenido expresa que también *Cleistachne* está más cercano filogenéticamente hablando a *Mesosorghum* que el propio *Sorghum*. De igual forma en el análisis cladístico 2 se observa que *Mesosorghum trichocladum* y los taxa de *Sorghastrum* (*Sorghastrum brunneum*, *Sorghastrum incompletum* y *Sorghastrum pohlianum*) forman un grupo monofilético y a su vez presentan apomorfías que los definen a cada uno como grupos momofiléticos.

Desde un punto de vista biogeográfico el linaje conformado por *Sorghastrum*, *Mesosorghum* y *Cleistachne* parece haberse formado en el hemisferio sur, debido a que la mayoría de las especies de *Sorghum* y *Cleistachne* se encuentran en esta parte del mundo (Lazarides, et al., 1991; Clayton y Renvoize, 1986). Así mismo Dávila (1988) comentó que las especies más primitivas del género *Sorghastrum*, también están presentes en esa región del mundo. Ahora bien, *Mesosorghum* se distribuye en la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Centroamérica en Honduras. Una posible explicación de este patrón de distribución puede darse con base en el parentesco cercano que este género presenta con *Sorghastrum*, cuyas especies se distribuyen en buena parte en el continente americano y las más primitivas se encuentran en América del Sur. Al ser estos dos géneros grupos hermanos, lo cual significa que comparten un ancestro común, entonces resulta más fácil entender su distribución actual.

El análisis filogenético y la hipótesis biogeográfica presentadas en este trabajo se hicieron básicamente con información morfológica y anatómica. Por tanto, la obtención de otro tipo de información es indispensable para poder eventualmente corroborar o rechazar los resultados aquí presentados.

Por tanto, resulta importante identificar los derivados fenólicos de los géneros aquí referidos. También resulta interesante, llevar a cabo el recuento cromosómico de los mismos utilizando la sustancia denominada α -bromonaftaleno. Por último, se deben utilizar técnicas moleculares que ayuden a entender este importante grupo

vegetal y cuyos resultados podrán ser de utilidad en el campo del fitomejoramiento del género ***Sorghum***.

CONCLUSIONES

Con base en los estudios realizados se concluyen los siguientes puntos:

- Los estudios epidérmicos aportaron elementos decisivos para la definición de ***Sorghum trichocladum***, entre los que destacan: el escaso número de aparatos estomáticos en la superficie adaxial que se presentan solamente en la zona intercostal del margen de la hoja; la presencia de macropelos entre las células largas intercostales abaxiales; la ausencia de células cortas intercostales y la presencia de micropelos con la célula distal más grande que la proximal.

-***Sorghum trichocladum*** presentó compuestos cianogénicos, al igual que ***Sorghum*** y ***Sorghastrum***.

-***Sorghum trichocladum*** se distribuye en la costa del Pacífico desde México hasta Honduras. Por tanto, presenta un patrón de distribución disyunto con respecto al género ***Sorghum*** que se distribuye en el Viejo mundo.

-El estudio fitoquímico para flavonoides aportó elementos que sirvieron como indicadores para caracterizar a ***Sorghum trichocladum*** como un grupo diferente a los géneros ***Sorghastrum*** y ***Sorghum***.

-El análisis fenético que incluye datos de morfología y anatomía, mostró que ***Sorghum trichocladum*** formó un agrupamiento diferente e independiente a los agrupamientos de los géneros ***Sorghastrum*** y ***Sorghum***. Así mismo, se observó que ***Sorghastrum*** es el género con mayor similitud a ***Sorghum trichocladum***.

-En el fenograma 2 (para flavonoides) se observó que el agrupamiento con mayor similitud fue el formado por las OTU's de la especie ***Sorghum trichocladum***. En el caso de los géneros ***Sorghum*** y ***Sorghastrum*** no se formaron grupos que involucraran a todas las especies utilizadas (en este análisis) de cada uno estos géneros.

-El análisis filogenético 1 muestra que el género ***Sorghum*** es polifilético ya que los subgéneros ***Chaetosorghum***, ***Sorghum***, y ***Heterosorghum*** forman linajes independientes (sin autoapomorfias). Los subgéneros ***Parasorghum*** y ***Stiposorghum*** del género ***Sorghum***, el género ***Cleistachne***, el género ***Sorghastrum*** y ***Sorghum***

trichocladum forman un grupo monofilético. Así mismo se observa, la monofilia presentada por *Cleistachne*, *Sorghastrum* y *Sorghum trichocladum*, siendo los dos últimos grupos hermanos. Tanto *Sorghastrum* como *Sorghum trichocladum* representan linajes diferentes, apoyados cada uno en su respectiva autoapomorfía.

-En el análisis filogenético 2, para *Sorghum bicolor*, *Sorghum halepense*, *Sorghastrum bunneum*, *Sorghastrum incompletum*, *Sorghastrum pohlianum* y *Sorghum trichocladum*, se observa que las tres especies de *Sorghastrum* forman un linaje y cuyo grupo hermano es *Sorghum trichocladum*.

-Con base en los análisis fenético y cladístico, *Sorghum trichocladum* no es una especie del género *Sorghum*, sino que representa un género independiente y relacionado al género *Sorghastrum*. Por tanto, se propone en este trabajo el nombre de *Mesosorghum* para definir a la especie *M. trichocladum*.

1. TRATAMIENTO TAXONÓMICO

Aunque existe gran similitud morfológica entre los géneros *Mesosorghum*, *Sorghastrum* y *Sorghum*, se puede definir de acuerdo a la siguiente clave:

CLAVE DE IDENTIFICACIÓN PARA LOS GÉNEROS

1. Plantas sin espiguillas pediceladas *Sorghastrum*
1. Plantas con espiguillas pediceladas
 2. Plantas sin aurículas fistulosas, lema estéril de la espiguilla sésil con el ápice no tridentado, lodículas crasas o membranáceas, ciliadas o glabras (nunca membranáceas y glabras) *Sorghum*
 2. Plantas con aurículas fistulosas, lema estéril de la espiguilla sésil con el ápice tridentado, lodículas membranáceas y glabras *Mesosorghum*

Como resultado de los análisis fenético y cladístico se propone el siguiente género.

1.1 *Mesosorghum* L. I. Cabrera & Dávila

Mesosorghum trichocladum (Kuntze) L. I. Cabrera & Dávila. *Sorghum trichocladum* (Rupr. ex Hackel) Kuntze, *Revis. Gen. Pl.* 2: 792 (1891). *Andropogon trichocladus* Rupr. ex Hackel in A. DC., *Monogr. Phan.* 6:525 (1889). Isosintipo México, Liebmann 23 (MO).

Plantas perennes, cespitosas, 0.73.-1.94.0 m de longitud. **Culmo:** sólido, erecto; nudos pilosos, los tricomas largos y suaves. **Hoja:** vaina abaxialmente pubescente; aurículas pilosas; collar pubescente; lígula membranácea, ciliada; lámina linear y aplanada, adaxial y abaxialmente pubescente. **Inflorescencia:** 6.6-23.3 cm de longitud, terminal, abierta, piramidal, con fascículos distantes, en la mayoría de las ocasiones desnudos y terminando en racimo, en cuya base se pueden observar

ramas tan largas como el racimo, los racimos ocasionalmente pueden ser compuestos; entrenudos ciliados. **Espiguilla sésil**: lanceolada, aristada, callo obtuso; glumas de color café castaño oscuro, puntas delgadas o estrechas, de color pálido y enrolladas burdamente; gluma externa 2 carinada, alada cerca del ápice, densamente hirsuta; gluma interna abaxialmente pubescente; lema estéril con el ápice tridentado; lema fértil aristada; lodículas membranáceas, glabras. **Espiguilla pedicelada** más pequeña que la espiguilla sésil y en ocasiones tan larga como el pedicelo, con escasos tricomas finos que contrastan con la densidad y grosor de los tricomas del pedicelo.

Mesosorghum se diferencia del género **Sorghastrum**, por presentar una espiguilla pedicelada, aurículas pilosas y espiguilla sésil con ápice tridentado en la lema estéril de la espiguilla sésil. Por otra parte **Mesosorghum** se segrega principalmente de **Sorghum**, porque presenta aurículas pilosas, racimos verticilados, lema estéril con el ápice tridentado de la espiguilla sésil, lodículas membranáceas y glabras.

Distribución: se distribuye en América del Norte y Centroamérica. En el mapa 1 y 2 se encuentra desde el estado de Sinaloa hasta Honduras, por toda la vertiente del pacífico. Se localiza en las orillas de bosques de **Pinus**, **Quercus**, o una combinación de ambos tipos de vegetación. También se le encuentra en selva baja subcaducifolia (McVaugh, 1993). Usualmente se desarrolla en colinas de pendientes pronunciadas, en un intervalo altitudinal de 450-1200 ms.n.m. Florece y fructifica de septiembre a diciembre.

El nombre "**Mesosorghum**" se propone para este taxón, con base a su cercanía filogenética con el género **Sorghum**, y por su distribución geográfica que es principalmente mesoamericana. Por lo tanto **Mesosorghum** es un tipo de sorgo mesoamericano.

1.11 *Mesosorghum trichocladum* (Kuntze) L. I. Cabrera & Dávila.

Sorghum trichocladum (Rupr. ex Hackel) Kuntze, *Revis. Gen. Pl.* 2: 792

(1891). *Andropogon trichocladus* Rupr. ex Hackel in A. DC., *Monogr. Phan.* 6:525 (1889).

Culmo: 0.12-0.31 cm de diámetro. **Hoja:** vaina 6.2-24.0 cm de longitud, 0.3-1.2 cm de diámetro; lígula 0.05-0.21 cm de longitud; lámina 17.0-58.0 cm de longitud, 0.2-1.0 cm de ancho. **Inflorescencia:** racimos de 6.6-23.3 cm de longitud; eje principal de la inflorescencia 5.0-19.6 cm de longitud, eje principal de la inflorescencia 0.03-0.12 cm de ancho; racimos verticilados. **Espiguilla sésil:** 0.45-0.63 cm de longitud, 0.10-0.16 cm de ancho; gluma externa 0.30-0.55 cm de longitud, 0.10-0.19 cm de ancho, 7 (9) nervaduras; gluma interna 0.39-0.50 cm de longitud, 0.11-0.24 cm de ancho pubescente, 5 (7) nervaduras; lema externa 0.29-0.40 cm de longitud, 0.06-0.14 cm de ancho; lema interna 0.11-0.38 cm de longitud, 0.06-0.15 cm de ancho, arista 2.0-3.1 cm de longitud de la arista; anteras 2.7-4.1 cm de longitud.

Ejemplares examinados: **MÉXICO. Chiapas:** Mpio. Villa Corzo, colina Vicente Guerrero, on road to Finca Cuxtepec, 20-nov-1981, Breedlove 46601 (CHAPA); Mpio. Villa Corzo, Colina Vicente Guerrero, on road to Finca Cuxtepec, 3-nov-1981, Breedlove 54629 (CHAPA); Mpio. Mina, Mesa Frijolar, 14-oct-1936, Hinton 9692 (US). **Guerrero:** carr. libre México-Acapulco, Acahuizotla, Latitud 17° 21' 223" N, Longitud 99° 28' 819" O, 30-oct-1993, Cabrera 49 (MEXU); Rincón Viejo, 14-oct, Kruse 1323 (MEXU). **Jalisco:** 5 Km SO de la Yerbabuena, sobre el camino a Cuale, Mpio. Talpa de Allende, 14-sep-1980, Guzmán 71 (COCA); 10-12 km por la brecha a el Tuito, Minas de Zimapán, en la Sierra de Cuale, 12-oct-1986, Santana 2354 (CHAPA). **Michoacán:** Camino a los tanques, 13 Km S de Uruapan, sobre la carr. Uruapan-Playa Azul, 29-oct-1993, Cabrera 48 y 52 (MEXU); W facing Slopes Carboneras above the Rio Cupatitzio, ca. 22 Km S of Uruapan, 16-22-oct-1961, Soderstrom 4882 (MEXU). **Nayarit:** km 25 carr. Compostela-Nayarit, 25-oct-1993, Cabrera 46 (MEXU); 9 Km O de Mazatán, por el camino viejo a Las Varas, 7-sep-1985, Dávila 92 (MEXU); Camino de Santa María del Oro a La Laguna, 21-sep-1981, Guzmán 4841 (COCA); road from Tepic to Jalcojotan, 15-sep-1926, Mexia 615 (US); Km 3-5 camino a La Escondida (Antiguo Ingenio), aproximadamente 10 Km N de Tepic, camino a Mazatlán, Mpio. Tepic, 6-oct-1987, Téllez 10894 (MEXU). **Oaxaca:** Km 146 carr. Miahuatlán-Pochutla, 30-oct-1993, Cabrera 50 (MEXU); About 66 mi NW of Tehuantepec in hills, 29-ago-1953, Reeder 2173 (MEXU). **Sinaloa:** Santa Lucia, E of Panuco, Pacific slope, 28-ago-1935, Pennell 20034 (MEXU, US). **Honduras:** Dpto. Morazán, Las Mesas Y Guallabillas, 5 km S del empalme carr. Danlí-Yuscaran, 14-nov-1963, Molina 13150 (US); Region of Las Mesas, Dept. Morazan, 14-oct-1951, Swallen 10739 (MEXU, US); Road to Danlí, Dept. El Paraiso, 1-nov-1951, Swallen 11206 (MEXU); Quebrada Las Dantas, road to Yuscaran, Dept. El Paraiso, 5-nov-1951, Swallen 11366 (MEXU).

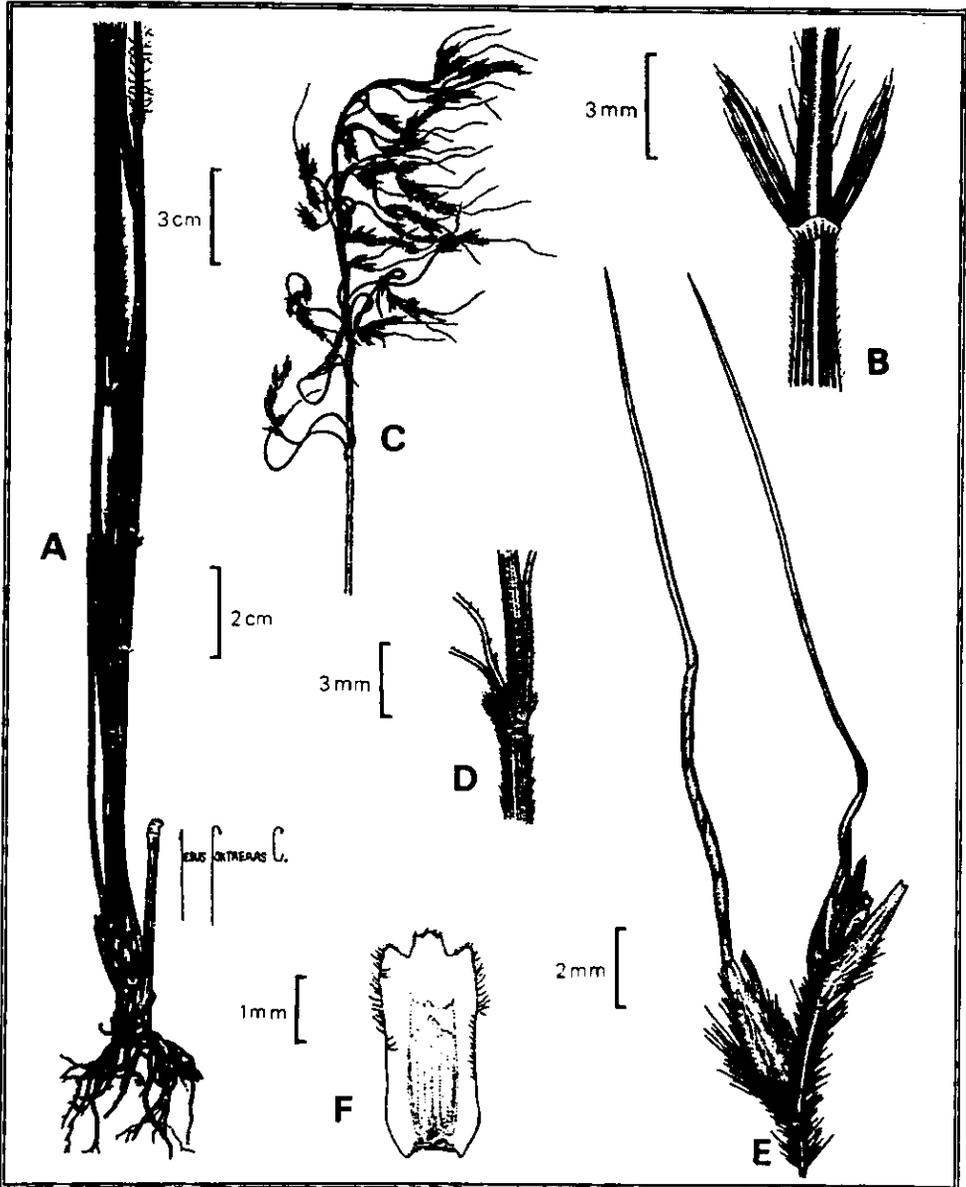


Figura 51. *Mesosorghum trichocladum*. Parte basal de la planta (A), aurículas (B), inflorescencia (C), base de las ramas de la inflorescencia (D), ramérulo (E), lema estéril de la espiguilla sésil (F).

Cuadro 50
Diferencias morfológicas
entre Sorghum, Sorghastrum y Mesosorghum

Taxa/ Características	<i>Sorghum</i>	<i>Sorghastrum</i>	<i>Mesosorghum</i>
Habito	Anuales o perennes	Anuales o perennes	Perenas
Aurículas de la hoja	Ausentes	Membranáceas en <i>S. brunneum</i> , <i>S. nudipes</i> , <i>S. nutans</i> y <i>S. pohlianum</i>	Pilosas
Inflorescencia	Abierta o contraída. Racimos cortos (longitud total del racimo menor que la longitud total del "pedicelo") o largos (longitud total del racimo menor a la longitud total de "pedicelo")	Abierta o contraída. Racimos cortos (longitud total del racimo menor que la longitud total del "pedicelo") o largos (longitud total del racimo menor a la longitud total del "pedicelo")	Abierta. Racimos largos (longitud total del racimo menor a la longitud total del "pedicelo")
Callo de la espiguilla	Obtuso o puntiagudo	Obtuso o puntiagudo	Obtuso
Apice de la lema externa de la espiguilla séxil	Entero	Bidentado	Tridentado
Lodiculas	Ciliadas o glabras, membranáceas o crasas	Glabras y membranáceas	Glabras y membranáceas
Espiguilla pedicelada	Presente, bien desarrollada o reducida a una gluma (suprimida en <i>S. angustum</i>)	Ausente	Presente, pequeña en ocasiones tan larga como el pedicelo
Localización de las hileras de aparatos estomáticos, en la epidermis adaxial	En todas las zonas intercostales de la epidermis adaxial	En todas las zonas intercostales de la epidermis adaxial	Solamente en la zona intercostal del margen de la hoja
Estructuras que aparecen mezcladas en las hileras de células largas intercostales, de la epidermis abaxial	Células cortas intercostales, micropelos, macropelos y agujones	Células cortas intercostales, micropelos y agujones	Macropelos
Células cortas intercostales, de la epidermis abaxial	Ausentes o presentes	Presentes	Ausentes
Relación entre el tamaño de la células proximal y distal, de la epidermis abaxial	Aproximadamente iguales o célula distal más grande que la célula proximal (célula distal 2 veces más grande que la célula proximal)	Aproximadamente iguales	Célula proximal más grande que la célula distal (célula proximal 2 veces más grande que la célula distal) ¹

LITERATURA CITADA

- Akazawa T. , P. Miljanich & E.E. Conn. 1960. Studies on the cyanogenic glucoside of ***Sorghum vulgare***. *Plant Physiol.* 35: 535-583.
- Celarié, R.P. 1959. Cytotaxonomy of the Andropogoneae IV. Subtribe Sorghineae. *Cytologia* 24(3): 285-303.
- Chapman, G.P. 1992. Grass evolution and domestication. Cambridge University Press, London, pp. 390.
- Clayton, W.D. & S.A. Renvoize. 1986. Genera graminum. Grasses of the world, ed. Her. Majestys Stationery office, London, pp. 362.
- Clifford, W.M., J.F. Doebley & F. Schertz. 1989. Allozyme variation in old world races of ***Sorghum bicolor*** (Poaceae). *Amer. J. Bot.* 76: 247-255.
- Conn, E. 1981. Cyanogenic glycosides. p. 479-500. **En** Stomph & E. Conn (ets), The biochemistry of plants: A comprehensive treatise. Vol. 7. Secondary plant product. ed Academic Press, New York.
- Dávila, P. 1988. Systematic revision of the genus ***Sorghastrum*** (Poaceae:Andropogoneae). Tesis de doctorado. Iowa State University, Iowa, pp. 333.
- 1990. Scanning electron microscopy survey of leaf epidermis of ***Sorghastrum*** (Poaceae: Andropogoneae). *Amer. J. Bot.* 77(4): 499-511.
- 1991a. Consideraciones filogenéticas y biogeográficas preliminares del género ***Sorghastrum*** Nash (Poaceae: Andropogoneae). *Acta Bot. Mex.* 14: 59-73.
- 1991b. Anatomía foliar de las especies de ***Sorghastrum*** Nash (Poaceae:Andropogoneae. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México Ser. Bot.* 60(1): 59-84.
- de Wet, J.M.J. 1978. Systematics and evolution of ***Sorghum*** sect. ***Sorghum*** (Gramineae). *Amer. J. Bot.* 65(4): 477-484.
- Ellis, R. P. 1976. A procedure for standarizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. I. The leaf blade as viewed in the transverse section. *Bothalia* 12(1): 65-109.

- 1979. A procedure for standarizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. *Bothalia* 12(4): 641-671.
- Duvall, M.R. & J.F. Doebley. 1990. Restriction Site Variation in the Chloroplast Genome of ***Sorghum*** (Poaceae). *Syst. Bot.* 15(3): 472-480.
- Ellis, R.P. 1976. A procedure for standarizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. I. The leaf blade as viewed in the transverse section. *Bothalia* 12(1): 65-109.
- 1979. A procedure for standarizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. *Bothalia* 12(4): 641-671.
- Garber, E.D. 1950. Cytotaxonomic studies in the genus ***Sorghum***. ed. University of California Press, USA, pp. 347.
- Gould, F.W. & R.B. Shaw. 1983. Grass systematics. 2 ed, Texas A&M University Press, USA, pp. 397.
- Gu, Min-Hong, Hung-tu, Ma & G.H. Liang. 1984. Karyotype analysis of seven species in the genus ***Sorghum***. *The Journal of Heredity* 75: 196-202.
- Harborne, J.B. 1973. Phytochemical methods. ed. Chapman and Hall. London, pp. 287.
- & Williams, C.A. 1986. Flavonoid patterns in grasses. p.107-113. **En.** ed. Soderstrom, T.R., K. W. Hilu, C.S. Campbell, & M.E. Barkworth. *Grass Systematics and Evolution*. Smithsonian Institution Press. Washington.
- Hartley, W. 1958. Studies on the origin, evolution, and distribution of the Gramineae. I. The tribe Andropogoneae. *Austral. J. Bot.* 6: 116-128.
- Hegnauer, R. 1977. Cyanogenic compounds as systematic markers in Tracheophyta. *Pl. Syst. Evol. Suppl.* 1. pp. 191-209.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw Hill, London, p 80-81, 118.
- Keng. 1939. The gross morphology of Andropogoneae. *Sinensia* 10(1-6): 274-311.
- Kojima, M., J.E. Poulton, S.S. Thayer y E.E. Conn. 1979. Tissue distributions of dhurrin and of enzymes involved in ets metabolism in leaves of ***Sorghum bicolor***. *Plant. Physiol.* 63: 1022-1028.
- Lazarides, M., J.B. Hacker & M.H. Andrew. 1991. Taxonomy, cytology and ecology of

- indigenous Sorghums (***Sorghum*** Moench: Andropogoneae: Poaceae). Austral Syst. Bot. 4: 591-635.
- McVaugh, R. 1993. Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants western Mexico. Vol. XIV Gramineae. ed. University of Michigan Press, USA, pp. 347.
- Mejía, M.T. & P. Dávila. 1992. Gramíneas útiles de México. Cuadernos 16. ed. IBUNAM, México, p. 244-245.
- Metcalf, C.R. 1960 Anatomy of the monocotyledons. I Gramineae. ed. Oxford University Press, Great Britain, p. 453-455.
- Min-Hong, G.M. Hung-Tu, G.H. Liang. 1984. Karyotype analysis of seven species in the genus ***Sorghum***. J. Heredity, 75: 196-202.
- Mineo K., J.E. Poulton, S.S. Thayer & E. E. Conn. 1979. Tissue distributions of dhurrin and of enzymes involved in its metabolism in leaves of ***Sorghum bicolor***. Plant Physiol. 63: 1022-1028.
- Nixon, K.C. y J.M. Carpenter. 1993. On outgroups. Cladistics. 9:413-426
- Renvoize, S.A. 1982. A survey of leaf blade anatomy in grasses. I. Andropogoneae. Kew Bull. 37: 315-321.
- Rohlf, F.J. 1993. NTSYS: Numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 1.8 New York.
- Snowden, J.D. 1936. The cultivated races of ***Sorghum***. The Trustees of the Bentham-Moxon Fund, London, pp. 273.
- Sun, Y., D.Z. Skinner, G.H. Liang & S.H. Hulbert. 1994. Phylogenetic analysis of ***Sorghum*** and related taxa using internal transcribed spacers of nuclear ribosomal DNA. Theor. Appl. Genet. 89: 26-32.
- Swofford, D.L. 1993. PAUP: Phylogenetic analysis using parsimony, version 3.1.1. Champaign, Illinois Natural History Survey.
- Trease, G.E. & W. C. Evans. 1971. Farmacognosia. Continental, México, p. 340.
- Valencia. C. 1995, Fundamentos de fitoquímica. ed. Trillas, México, pp. 235.
- Watson, L. R. & M.J. Dallwitz. 1992. The Grass genera of the world. ed. CAB International, Great Britain, p. 848-849