

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**DESCRIPCIÓN ANATÓMICA VEGETATIVA, DE
TRES CULTIVARES DE *Amaranthus cruentus* L. Y
CUATRO DE *A. hypochondriacus* L. CULTIVADAS
EN MONTECILLO ESTADO DE MÉXICO.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
A L E J A N D R O M E D I N A A V I L A

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. ESTHELA SANDOVAL ZAPOTITLA



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.

Dedicatoria

A mis Padres: quienes me dieron la vida y me han brindado apoyo a lo largo de la misma, en especial a mi madre quien siempre ha estado a mi lado y siempre me ha brindado calor de hogar, amor y cariño así por como por las lecciones y dedicación para mi formación personal.

A mis hermanos Angélica, Sergio y Juan Carlos porque siempre me han motivado a seguir adelante y porque creo ser un ejemplo para ellos.

A mis Abuelos Margarita y Roberto quienes siempre me brindaron mucho amor, paciencia y amistad, además porque iluminaron mi camino con su sabiduría. Los extraño mucho donde quiera que estén.

A Conchita por ser una gran compañera y amiga durante los últimos cinco años, por tus consejos, ¡te quiero mucho!.

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado la oportunidad de trabajar en sus instalaciones y al cuerpo académico de profesores para mi formación profesional

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por haberme concedido un lugar en sus aulas para la realización de mi carrera profesional

Al Instituto de Biología de la UNAM dirigido por la Dra. Tila María Pérez Ortiz.

Al Jardín Botánico del Instituto de Biología dirigido por el Dr. Javier Caballero Nieto

A la M. en C. Esthela Sandoval Zapotitla del Laboratorio de Apoyo a la Investigación por la dirección de esta Tesis transmitiéndome sus conocimientos no solo en el trabajo de laboratorio también en la compilación, análisis e integración de la información, otorgándome su confianza acertadamente. Gracias Esthela por su tiempo, apoyo y dedicación para mi formación académica y sobre todo su amistad.

A mis sinodales: El M. en C. Alberto Arriaga Frías, a la Dra. Silvia Aguilar Rodríguez, al M. en C. Daniel Tejero Diez y al M. en C. Gumercindo de la Cruz Guzmán, porque sus conocimientos permitieron con sus sugerencias mejorar el escrito final de mi trabajo.

Al Dr. Eduardo Espitia Rangel quien proporcionó el material biológico para desarrollar este trabajo y a la Dra. Cristina Mapes por su accesoria y contribuciones para una mejoría en el reporte final

A la Bióloga Bárbara Estrada Galván porque su apoyo técnico permitiéndome así el procesamiento y elaboración del material anatómico.

A la Bióloga Concepción Guzmán Ramos por la asesoría de laboratorio así como en el tratamiento y análisis de la información durante la realización del presente trabajo

Al Dr. Ángel Salvador Arias Montes por sus acertados comentarios para la mejoría de este estudio

A los M. en C. Gabriel Granados Gutiérrez y Teresa Rodríguez Zúñiga por que sus comentarios ayudaron para la corrección del escrito final.

A la bióloga Daleth Guadalupe Guedea Fernández, porque durante mi estancia en el laboratorio de morfofisiología vegetal, su asesoría fue muy atinada y determinante.

A todos mis compañeros de la carrera y amigos por siempre: Ana, Andrea, Angélica, Blanca, Cristina, Gema, Gabriel y Tere (excelentes amigos), Hortensia, Juan, Jacobo, Olga, Oscar, René, Rosario y Yadira, a todos ellos por haber compartido conmigo durante algún tiempo un mismo camino.

A todos mis compañeros y amigos del Jardín Botánico: Esthela, Conchita, Alejandro V. Tania G., Bárbara, Gabriel, Yadira, Paris, Isai, Salvador A., Alicia, Lourdes, Hermilo Q., Víctor Ch., Diana, Sandra, Marco A., Claudia, Octavio, Julio, Mabel, David, Efraim, Linda, Lucy, Carmen Cecy, Elia, a todos y espero siempre contar con su amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	10
II. ANTECEDENTES	11
2.1. Origen e historia del género <i>Amaranthus</i>	11
2.2. Ubicación taxonómica del género <i>Amaranthus</i>	12
2.3. Caracterización del género <i>Amaranthus</i>	13
2.4. Descripción de <i>Amaranthus cruentus</i> y <i>A. hypochondriacus</i>	14
2.5. Importancia de la Anatomía Vegetal	16
2.6. Antecedentes anatómicos del género <i>Amaranthus</i>	18
III. OBJETIVOS	23
IV. MATERIALES Y METODOS	24
4.1. Muestreo, fijación y preservación	24
4.2. Procesamiento histológico	24
4.2.1 Extracción de epidermis	24
4.2.2 Disociado de tejidos	26
4.2.3 Deshidratación	26
4.2.4 Infiltración de parafina	27
4.2.5 Inclusión y obtención de secciones transversales de hoja, tallo y raíz	27
4.2.6 Desparafinación y rehidratación	27
4.2.7 Tinción y montaje	28
4.2.8 Limpieza y etiquetado	28
4.3. Observación y medición de caracteres cuantitativos	28

4.4. Observación y análisis de caracteres cualitativos	29
4.5. Criterios para la obtención de resultados	30
4.6. Análisis estadístico	30
V. RESULTADOS	36
5.1. Descripción anatómica de <i>A. cruentus</i> .	36
5.2 Descripción anatómica de <i>A. hypochondriacus</i> .	67
VI. DISCUSIÓN	98
6.1. Comparación de los caracteres anatómicos de los cultivares de <i>A. cruentus</i> . y de <i>A. hypochondriacus</i>	98
6.2. Comparación anatómica entre <i>A. cruentus</i> y <i>A. hypochondriacus</i>	119
6.3. Comparación de los caracteres anatómicos de <i>A. cruentus</i> . y <i>A.</i> <i>hypochondriacus</i> con otras especies y géneros relacionados.	123
VII. CONCLUSIONES	130
SUGERENCIAS	132
VIII. LITERATURA CONSULTADA	133
IX. APÉNDICE	138
Preparación de reactivos	138

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1	Características de los cultivares	15
Cuadro 2	Datos de colecta de las siete cultivares	24
Cuadro 3	Diagrama del destino y subdivisión del material	25
Cuadro 4	Tren de deshidratación de las muestras	26
Cuadro 5	Lista de caracteres cualitativos y cuantitativos	31
Cuadro 6	Caracteres cualitativos en Lámina de <i>A. cruentus</i>	39
Cuadro 7	Valores de media de caracteres cuantitativos en Lámina de <i>A. cruentus</i>	40
Cuadro 8	Caracteres cualitativos en la Vena media de <i>A. cruentus</i>	45
Cuadro 9	Valores de media de caracteres cuantitativos en la Vena media de <i>A. cruentus</i>	46
Cuadro 10	Caracteres cualitativos en el Pecíolo de <i>A. cruentus</i>	52
Cuadro 11	Valores de media de caracteres cuantitativos en el Pecíolo de <i>A. cruentus</i>	53
Cuadro 12	Caracteres cualitativos en el Tallo de <i>A. cruentus</i>	58
Cuadro 13	Valores de media de caracteres cuantitativos en el Tallo de <i>A. cruentus</i>	59
Cuadro 14	Caracteres cualitativos en la Raíz de <i>A. cruentus</i>	64
Cuadro 15	Valores de media de caracteres cuantitativos en la Raíz de <i>A. cruentus</i>	65
Cuadro 16	Caracteres cualitativos en Lámina de <i>A. hypochondriacus</i>	70
Cuadro 17	Valores de media de caracteres cuantitativos en Lámina de <i>A. hypochondriacus</i>	71
Cuadro 18	Caracteres cualitativos en Vena media de <i>A. hypochondriacus</i>	76
Cuadro 19	Valores de media de caracteres cuantitativos en la Vena media de <i>A. hypochondriacus</i>	77
Cuadro 20	Caracteres cualitativos en Pecíolo de <i>A. hypochondriacus</i>	83
Cuadro 21	Valores de media de caracteres cuantitativos en Pecíolo de <i>A. hypochondriacus</i>	84
Cuadro 22	Caracteres cuantitativos en Tallo de <i>A. hypochondriacus</i>	89
Cuadro 23	Valores de media de caracteres cualitativos en Tallo de <i>A. hypochondriacus</i>	90
Cuadro 24	Caracteres cuantitativos en Raíz de <i>A. hypochondriacus</i>	95
Cuadro 25	Valores de media de caracteres cuantitativos en Raíz de <i>A. hypochondriacus</i>	96
Cuadro 26	Caracteres cualitativos y cuantitativos de las diferencias discutidas entre los cultivares de <i>A. cruentus</i> y <i>A. hypochondriacus</i>	117-118

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1	Epidermis adaxial de lámina en el cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	41
Figura 2	Epidermis adaxial de lámina en el cultivar Guatemalteco de <i>A. Cruentus</i>	41
Figura 3	Epidermis abaxial de lámina en el cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	41
Figura 4	Epidermis abaxial de lámina del cultivar Guatemalteco de <i>A. Cruentus</i>	41
Figura 5	Sección transversal de lámina del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	41
Figura 6	Sección transversal de lámina del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	41
Figura 7	Sección transversal de lámina del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	41
Figura 8	Sección transversal de la vena media del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	47
Figura 9	Sección transversal de la vena media del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	47
Figura 10	Sección transversal de la vena media del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	47
Figura 11	Sección transversal de la vena media del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	47
Figura 12	Sección transversal de la vena media del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	47
Figura 13	Sección transversal de la vena media del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	47
Figura 14	Sección transversal del peciolo del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	54
Figura 15	Sección transversal del peciolo del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	54
Figura 16	Sección transversal del peciolo del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	54
Figura 17	Sección transversal del peciolo del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	54
Figura 18	Sección transversal del peciolo del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	54
Figura 19	Sección transversal del peciolo del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	54
Figura 20	Sección transversal del tallo del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	60
Figura 21	Sección transversal del tallo del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	60
Figura 22	Sección transversal del tallo del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	60
Figura 23	Sección transversal del tallo del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	60
Figura 24	Sección transversal del tallo del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	60
Figura 25	Sección transversal del tallo del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	60
Figura 26	Sección transversal de la raíz del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	66
Figura 27	Sección transversal de la raíz del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	66
Figura 28	Sección transversal de la raíz del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	66
Figura 29	Sección transversal de la raíz del cultivar Guatemalteco de <i>A. cruentus</i>	66
Figura 30	Sección transversal de la raíz del cultivar Mexicano de <i>A. cruentus</i>	66
Figura 31	Sección transversal de la raíz del cultivar Africano de <i>A. cruentus</i>	66
Figura 32	Epidermis adaxial de lámina del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	72

Figura 33	Epidermis adaxial de lámina del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	72
Figura 34	Epidermis abaxial de lámina del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	72
Figura 35	Epidermis abaxial de lámina del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	72
Figura 36	Sección transversal de lámina del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	72
Figura 37	Sección transversal de lámina del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	72
Figura 38	Sección transversal de la vena media del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 39	Sección transversal de la vena media del cultivar Mercado de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 40	Sección transversal de la vena media del cultivar Mercado de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 41	Sección transversal de la vena media del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 42	Sección transversal de la vena media del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 43	Sección transversal de la vena media del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 44	Sección transversal de la vena media del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	78
Figura 45	Sección transversal del peciolo del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 46	Sección transversal del peciolo del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 47	Sección transversal del peciolo del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 48	Sección transversal del peciolo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 49	Disociados de elementos de vaso del peciolo del cultivar Mercado de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 50	Disociados de elementos de vaso del peciolo del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 51	Disociados de elementos de vaso del peciolo del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	85
Figura 52	Sección transversal del tallo del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	91
Figura 53	Sección transversal del tallo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	91
Figura 54	Disociados de elementos de vaso del tallo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	91
Figura 55	Disociados de elementos de vaso del tallo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	91
Figura 56	Disociados de elementos de vaso del tallo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	91
Figura 57	Disociados de elementos de vaso del tallo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	91
Figura 58	Sección transversal del tallo del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	97
Figura 59	Sección transversal del tallo del cultivar Mixteco de <i>A. hypochondriacus</i>	97
Figura 60	Sección transversal de la raíz del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	97
Figura 61	Sección transversal de la raíz del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	97
Figura 62	Sección transversal de la raíz del cultivar Azteca de <i>A. hypochondriacus</i>	97
Figura 63	Sección transversal de la raíz del cultivar Nepal de <i>A. hypochondriacus</i>	97

RESUMEN

El consumo de las semillas de amaranto y sus hojas tiernas a manera de verdura fue muy popular entre las culturas prehispánicas. El origen y colecta de las semillas de amaranto en México se sitúa alrededor del año 8000 a.C. con algunos registros de domesticación para *Amaranthus cruentus* entre el año 5500 a 5200 a.C. y de 1500 a 1350 a.C. para *A. hypochondriacus*. Actualmente la importancia del amaranto, radica en su alto valor alimenticio debido al elevado contenido proteico en aminoácidos, como lisina, triptofano y leucina. El presente trabajo se hizo una descripción anatómica de las estructuras vegetativas de la hoja tallo y raíz de los cultivares Africano, Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* para conocer las diferencias anatómicas entre los cultivares de las dos especies y aportar información que contribuya a una mejor delimitación taxonómica de los cultivares y/o especies. Se seleccionaron pequeños fragmentos de la hoja, del tallo y raíz principal de las especies y/o cultivares antes mencionados, se deshidrataron con ATB (Alcohol terbutílico) se incluyeron en parafina, se hicieron secciones transversales en un micrótopo de rotación y se tiñeron en contraste con safranina-verde rápido, para la obtención de preparaciones permanentes. Se describieron y analizaron los tejidos dérmico fundamental y vascular de las diferentes órganos vegetativos hoja, tallo y raíz de cada una de los cultivares y/o especies. Del total de caracteres cualitativos encontrados para los cultivares de *A. cruentus* el 76.9% corresponden a la hoja, 15.4% al tallo y el 7.7% a la raíz. Respecto a los caracteres cuantitativos analizados en los cultivares de la misma especie el 61.1% pertenecen a la hoja, el 25% al tallo y el 13.9% a la raíz. En *A. hypochondriacus* del total de caracteres cualitativos analizados el 78.3% corresponden a la hoja, el 15.2% corresponden al tallo y el 6.5 corresponden a la raíz. En cuanto a los caracteres cuantitativos analizados para esta especie el 68.4% corresponden a la hoja y el 15.8% al tallo y 15.8% a la raíz. Dentro de los caracteres cualitativos y cuantitativos para los cultivares de *A. cruentus* y de *A. hypochondriacus* se incluyen: forma de las paredes anticlinales y las células intercostales adaxiales, distribución de las células del mesófilo, presencia de estomas en la epidermis adaxial y abaxial y frecuencia de células parenquimáticas del xilema que contienen cristales de oxalatos de calcio en forma de arena, distribución de los haces vasculares y el ángulo de inclinación de la placa terminal de los elementos de vaso, desarrollo de peridermis, el tipo de ornamentación de la paredes secundarias intervascuales de los elementos de vaso, orientación de células parenquimáticas en la diarca. Dentro de los caracteres cuantitativos también para ambas especies se proponen el grosor de las paredes anticlinales de las células costales e intercostales adaxiales y abaxiales, tamaño de las células costales adaxiales, numero de vasos por haz vascular, el número de células que forman el pie de los tricomas adaxiales y abaxiales, grosor y número de estratos del colénquima adaxial y abaxial, tamaño de los elementos de vaso con punteaduras helicoidales y punteaduras pseudoescalariformes, engrosamiento colenquimático y grosor de pared y amplitud del lumen de fibras, grosor y número de estratos del tejido conjuntivo del anillo periférico, número de vasos por haz vascular y grosor de la pared de anillos vasculares internos.

I. INTRODUCCION

El cultivo y la domesticación de especies vegetales contribuyó al establecimiento de pueblos y tribus. Previo a la llegada de los españoles, en México ya eran cultivadas varias especies como el maíz, el frijol, la chíá y el amaranto, este último considerado como uno de los recursos más importantes y explotados por varias culturas que habitaban el territorio actual del valle de México, el cual era incluido en la alimentación básica, así como en algunas prácticas religiosas. (Velasco & Heyden, 1990; Mapes citado por García, 1997).

Actualmente en México el consumo del amaranto es poco reconocido, las semillas son el principal recurso alimenticio, un tipo de pseudocereal; se consumen sus hojas tiernas como verdura; comúnmente conocidas como quélite o quintonil. En ambos casos, el consumo de este recurso requiere de su previa preparación en atoles, tamales, dulces (alegrías) y una gran variedad de guisos. La importancia en el consumo del amaranto, radica en el alto valor proteico y su elevado contenido en aminoácidos, como la lisina, el triptofano y la leucina. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) lo consideró, como uno de los recursos más prometedores en la alimentación, ya que cumple y supera los requisitos necesarios para la nutrición humana. En países como Africa, en donde prevalece un elevado índice de desnutrición, se cree que su consumo ayudaría a minimizar este problema. De tal manera que la Academia Nacional de las Ciencias lo ha referido como uno de los cultivos más importantes, en cuanto a sus semillas es productivo, resistente y rendidor. Aunado a ello, se enfatiza la importancia en diversas líneas de investigación, cuyas tareas están enfocadas al conocimiento integral del amaranto, en beneficio de un mayor aprovechamiento y una mejoría en la calidad del recurso. (Casillas, 1990; Bardales, 1992; Paredes, 1994; Tenorio, 1995). De las 800 especies que reúne la familia Amaranthaceae 75 forman al género *Amaranthus*, 40 son nativas de América y el resto de Africa, Asia, Australia y Europa. (Costea *et al.*, 2001) En México las dos especies mas cultivadas son *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, tienen inflorescencias terminales formadas por flores pistiladas pentámeras y estaminadas, dispuestas en un eje sin hojas; en *A. cruentus* las flores axilares son más cortas y desarrolladas que la apical, con frutos indehiscentes, en *A. hypochondriacus* las flores apicales son más desarrolladas y cortas que las axilares, con frutos dehiscentes (Alejandre & Gómez, 1994; Mapes, 1997).

El presente trabajo tiene la finalidad de hacer una descripción anatómica, de la estructura vegetativa de siete cultivares de dos especies del género *Amaranthus* Para: 1) Aportar información básica del género; 2) Conocer las diferencias anatómicas entre los cultivares y entre las especies; 3) Aportar información que contribuya a una mejor delimitación taxonómica de estas especies.

II. ANTECEDENTES

2.1. Origen e historia del género *Amaranthus*

El origen del amaranto aún es desconocido y sólo se sabe que la mayoría de sus especies fueron domesticadas en ambientes semiáridos. De acuerdo con algunas investigaciones recientes, se ha inferido que el inicio de la colecta y consumo de las semillas de amaranto en México data de alrededor del año 8000 a.C. (Velasco & Heyden, 1990; Turriza *et al.* citado por García 1997). Sin embargo, algunos registros mencionan que la domesticación en nuestro país fue entre el año 5500 a 5200 a.C. para *Amaranthus cruentus* y entre el año 1500 y 1350 a.C. para *A. hypochondriacus*; otras especies del género de valor ornamental, como *A. tricolor*, *A. blitum* y *A. spinosus* se ignora el origen de su domesticación, sólo se sabe que se cultivaban en Europa y Asia entre los siglos XIV y XVIII; considerando que *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* fueron introducidas a estos continentes se podría sugerir un origen similar (Santín *et al.*, 1986; Tenorio, 1995; García, 1997).

En México la colecta y el cultivo del amaranto durante el período prehispánico fue muy importante; fue conocido como “huauhtli” y sus semillas eran destinadas al consumo y ritos ceremoniales. Las semillas de amaranto se prepararon en atoles, tortillas, tamales, dulces como el “Mirasatamal” (semilla de amaranto y capulines) y guisos como “Oauhtzontlitolnachillo” (mezcla de semillas de amaranto con chile) (Alejandre & Gómez, 1986; Casillas, 1990; García, 1997).

El significado de la semillas de esta planta entre las culturas prehispánicas, fue de índole mágico religioso y se usaba durante la celebración de ritos. Para estas celebraciones las semillas de amaranto eran procesadas y mezcladas con miel de maguey para producir un tipo de masa llamada “tzoalli” con la que se elaboraban ídolos adornados con piedras preciosas y semillas de otras especies. Una de las ceremonias importantes era la dedicada en honor al dios “Huitzilopochtli” (dios de la guerra), y en ella el “tzoalli” se preparaba con sangre humana. El festejo se realizaba paseando al ídolo por la ciudad, acompañado de cantos, música de flautas y tambores. Regreso al templo, se ejecutaban sacrificios en su honor y la ceremonia concluía al repartir un pedazo pequeño del ídolo para que fuese consumido por los participantes. Otra celebración, se realizaba en honor al “Popocatepetl”; también se esculpían figuras con “tzoalli” en forma de cerritos que se colocaban en altares donde el más grande representaba al volcán. Para el festejo se arrojaban semillas de colores en diferentes direcciones, mientras algunas doncellas ejecutaban danzas, antes de ser sacrificadas al finalizar la celebración (Alejandre & Gómez, 1986; Velasco & Heyden, 1990; García, 1997). Otras divinidades como “Tzapotlatenan”, “Tlálloc” y “Macuxachitl” o “Xochipilli” (dios de las flores) también recibían culto ceremonial, en ellos el amaranto fue también propicio para las celebraciones de por lo menos en nueve de los 18 meses que formaba el calendario Azteca (Alejandre & Gómez, 1986; García, 1997).

Durante la colonia el cultivo y consumo del amaranto fue restringido con el fin de erradicar los rituales y ceremonias paganos. De esta manera el cultivo del amaranto se redujo notablemente y en la actualidad sólo se cultiva en algunos estados de la República Mexicana como Hidalgo, Guerrero, Morelos y Distrito Federal entre otros. Las especies más cultivadas son *A. cruentus*, *A. hypochondriacus* y en menor proporción *A. caudatus* (Alejandre & Gómez, 1986; Velasco & Heyden, 1990; García, 1992).

2.2. Ubicación taxonómica del género *Amaranthus*

La familia Amaranthaceae, mundialmente distribuida consiste principalmente de plantas herbáceas anuales, perennes, también incluyen algunos arbustos, trepadoras y acuáticas (Metcalf & Chalk, 1950). Son plantas erguidas, de hojas enteras simples y largamente pecioladas, dispuestas de manera alterna. Un carácter importante es la pigmentación rojiza observada en el tallo y hojas, causada por la presencia de un pigmento llamado “amarantina”. En el extremo superior apical se encuentran las inflorescencias son largas y están formadas por numerosas espigas. Estas espigas están organizadas en glomérulos agrupados en ejes los cuales forman tirso, las espigas están constituidas por pequeñas flores formadas por tres a cinco tépalos y estambres (Alejandre & Gómez, 1986; Espitia, 1991; Bardales, 1992; Mapes, 1997). Una peculiaridad anatómica del tallo es el crecimiento secundario anómalo, el cual toma lugar por el desarrollo de anillos o arcos de haces vasculares de tejido secundario de sucesión colateral embebidos en tejido fundamental parenquimático; otro carácter común son las vainas de tejido parenquimático en las hojas formadas por células cubicas parenquimáticas alrededor de los haces vasculares. Los cristales son generalmente secretados en forma de arenas y/o agrupados; los solitarios son raros (Metcalf & Chalk, 1950).

La familia Amaranthaceae, incluida dentro del orden Caryophyllales, está formada por 60 géneros y alrededor de 800 especies (Alejandre & Gómez, 1986; García, 1992; Díaz 1994; Mapes, 1997); dividida en tres tribus, Celsoieae, Gomphreneae y Amarantheae, esta última formada por las subtribus Achyrantheae y Euamarantheae (Padmini & Raja, 1995), en la subtribu Euamarantheae se ubica el género *Amaranthus* L, esta compuesto por alrededor 75 especies de distribución mundial. Recientemente el género *Amaranthus* ha sido dividido en tres subgéneros: *Acnida*, *Albersia* y *Amaranthus* (Mosyakin & Robertson, 1992; citado por Pratt & Clark, 2001). El subgénero *Acnida* fue un componente relativamente inconspicuo de la flora de Norteamérica hasta relativamente hace 20 años en donde varias especies de este subgénero son endémicas de la región central de los Estados Unidos, en éste subgénero se incluyen especies como *Amaranthus palmeri* y *A. rudis*. En tanto el subgénero *Amaranthus* ha sido considerado de importancia para la industria agrícola, por su gran número de malezas, esta formado por especies como *Amaranthus retroflexus*

L., *A. hybridus* y *A. spinosus* L.; actualmente en los trabajos taxonómicos del subgénero, la clasificación de las especies cultivadas ha sido resuelta de dos maneras, una en la que Sauer (1950, 1967; citado por Costea & DeMason, 2001) reconoce a los taxa cultivados, *Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* L y *A. hypochondriacus* L., como especies independientes y otra en la que Greuter (1981, 1984; citado por Costea & DeMason, 2001) agrupa estas especies erróneamente con *Amaranthus quitensis*, *A. hibridus* y *A. powellii*. Y el subgénero *Albersia* incluye a *Amaranthus blitum*, *A. albus*, *A. blitoides* y *A. viridis* (Costea & DeMeason, 2001; Pratt & Clark, 2001).

2.3. Caracterización del género *Amaranthus*

De las 75 especies que integran al género *Amaranthus*, 40 son nativas de América y el resto de Europa, Asia, Africa y Australia (DeMeason & Costea, 2001; Pratt & Clark, 2001). Sus especies están adaptadas a diversas condiciones ambientales: temperaturas entre 30°C y 47°C, latitudes de 30° norte o mayores y altitudes hasta 3200 msnm. Fotosíntezan por metabolismo C₄, permitiendo una mayor eficiencia en el uso del agua. Germinan a temperaturas arriba de los 10°C, principalmente entre los 16°C a 35°C. Crecen en condiciones de humedad de 200, 300 y hasta 1300 mm de precipitación anual, sobre suelos drenados con una amplia variación de fertilidad (Reyna, 1990; López & Juambelz, 1991; García, 1992; Díaz, 1994). El género *Amaranthus* actualmente se distribuye en Estados Unidos (Nebraska como principal estado productor), algunos países de Centroamérica, en zonas templadas de algunos países Sudamericanos como Chile, Perú, Colombia, en Europa, Asia y Africa; se cultiva en países como la India y Nepal. En México se cultiva *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* en localidades de Tulyehualco, Milpa Alta y Cuemánco D.F., así como en los estados de Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Sinaloa, Sonora y Tlaxcala (Alejandre & Gómez, 1986; Díaz, 1994; Tenorio, 1995).

El género *Amaranthus* L., ha sido considerado de importancia agrícola ya que algunas de sus especies son cultivadas para consumo de sus hojas como verdura (“quintonil” o “quelite”) o semillas como pseudocereal. La inflorescencia es terminal racimosa o espiciforme en las especies útiles como verdura las flores axilares son más cortas y desarrolladas que las apicales, con frutos indehiscentes, mientras que en las útiles como grano, las flores apicales son más cortas y desarrolladas que las axilares con frutos dehiscentes y circunsésiles (Alejandre & Gómez, 1986; Espitia, 1991; Bardales, 1992; Díaz, 1994; Mapes, 1997). Los patrones anatómicos de las hojas son constantes dentro del género, estomas observados en ambas epidermis, de tipo anomocítico; aunque Timonin (citado por Costea *et al.*, 2001) encontró varios tipos de estomas en algunas hojas. El indumento consiste de tricomas uniseriados y a veces multiseriados (Costea *et al.*, 2001).

2.4. Descripción de *Amaranthus cruentus* y *A. hypochondriacus*

Amaranthus cruentus L.



Planta herbácea anual de crecimiento erecto, con altura hasta de 2.5 m, de tallo simple, pocas veces ramificado; cotiledones lanceolados a ovados, estrechos de 16 x 5-6 mm con el ápice redondeado y base cuneada; longitud de pecíolo alrededor de 7 mm; hojas elípticas romboovatinadas u ovato lanceoladas, de ápice agudo y de base cuneada o acuminada, de 4-15 x 2-18 cm. Las inflorescencias son suaves y laxas, con ramas delgadas laterales perpendiculares y apicales en forma de panícula; flores formadas por bractéolas pequeñas de 2-3 mm de longitud, de punta delgada de tamaño similar o más grandes que los tépalos en número de 5, angulares u oblongas, los más internas son más cortas que los externas, las ramificaciones del estilo son delgadas y erectas; fruto dehiscente circunsésil de 2-2.5 mm de longitud, 1.5 veces más largo que ancho, abruptamente más estrecho hacia la región del estigma; semillas obovadas o elípticas-asimétricas de 1.25-1.6x1.1-1.2 mm. La producción de semilla en esta especie no es redituable por lo que es poco consumida, es más común el consumo de sus hojas como verdura (Teranishy & Horstein, 1994; Mapes, 1997; Costea *et al.*, 2001).

Amaranthus hypochondriacus L.



Planta herbácea anual erecta, alcanza alturas de más de 3 m, el tallo simple o ramificado, cotiledones lanceolados o estrechamente ovados de 18 x 25 mm; hojas ovaladas con el ápice agudo acuminado y base cuneada aguda. Las inflorescencias son tirsos de gran tamaño, en posición lateral y terminal, son densas, erectas y espinosas; las flores son pentámeras y ligeramente curvadas, con bractéolas de 3-5 mm de longitud, tépalos lanceolados generalmente cinco y más largos que en otras especies, una de tamaño similar o más largo que el fruto, los otros cuatro más cortos; fruto circunsésil y gradualmente estrecho hacia la región del estigma, 1.5-2 mm de longitud, aproximadamente dos veces más larga que ancha con una línea dehiscente en la mitad superior; semillas obovadas o elíptico-asimétricas de 1.25-1.6x1.1-1.2 mm. Su principal uso es la producción de semillas para consumo como pseudocereal (Teranishy & Horstein, 1994; Mapes, 1997; Costea *et al.*, 2001).

En el cuadro 1 se presentan algunas características de los cultivares aquí estudiadas de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*

Cuadro 1. Características de algunos cultivares de *A. cruentus* y de *A. hypochondriacus*.

Especie <i>A. cruentus</i> Cultivares	Altura	Tamaño de las hojas	País de origen	Características de inflorescencia	Pigmentación	Color de semilla	Ciclo biológico	Uso
		Largo/ancho						
AFRICANO	0.6 a 2 m	13 / 5.8	Oeste de Africa	Frágil, 31 a 109 panículas, con 5 a 10 ramas delgadas, glomérulos formados por 115 flores pistiladas y brácteas cortas	Inflorescencia en regiones verdes y márgenes rojos, hojas y tallos verdes.	Negras	157 días	Verdura
GUATEMALTECO	1.5 a 2 m	15.9 / 7.7	Guatemala	46 a 48 panículas con 4 a 14 ramas, glomérulos formados por 32 flores pistiladas y brácteas cortas	Inflorescencia verde, rosa, rojo o blanca, hojas y tallo verde rojizo.	Amarillas, canela y café oscuro	135 días	Grano y verdura
MEXICANO	1.5 a 2.5 m	12.4 / 6.4	México (Morelos, Puebla y Guerrero)	36 a 56 panículas dispersas y semicolgantes con 1 a 3 ramas, glomérulos formados por 50 flores pistiladas y brácteas cortas	Inflorescencia verde y márgenes rosas, rojos ó naranjas, hojas y tallo verdes y peciolo rojos	La Mayoría blancas y algunas cafés	138 - 145 días	Grano
Especie <i>A. hypochondriacus</i> Cultivares:								
AZTECA	2.5 a 3 m	19.5 / 8.7	México DF., Puebla y Tlaxcala	Cerca de 1m de largo, 80 a 150 panículas erectas, 5 ó 13 ramas laterales, glomérulos formados por 30 flores pistiladas, brácteas largas y ápice puntiagudo	Inflorescencia verde, rosa o rojiza; hojas y tallo, verdes o rojizo jaspeados.	Blanco, marrón o negra	170 días	Grano
MERCADO	1.8 a 2.5 m	19.8 / 9.0	México (Morelos y Puebla)	60 cm de largo, 42 a 75 panículas erectas, con 5 ó 9 ramas, glomérulos formados por 44 flores pistiladas y brácteas cortas	Inflorescencia verde ó roja; hojas y tallo, verdes y rojizos.	Blanca, café o dorada	140 días	Grano
MIXTECO	3 m ó más	19.5 / 8.5	México (Oaxaca y Michoacán)	5 a 27 ramificaciones delgadas, con 100 a 170 panículas erectas, glómerulos formados por 18 flores pistiladas y brácteas largas	Inflorescencia rosa, roja ó verde; hojas y tallo, verdes o rojizo jaspeados.	Café oscura	164 - 220 días	Grano
NEPAL	0.8 a 2.1 m	13.7 / 6.6	Nepal	36 a 56 panículas erectas, con 1 a 4 ramas, glomérulos formados por 47 flores pistiladas y brácteas grandes	Inflorescencia verde, rosa; roja o amarillo dorado, hojas y tallo, verdes o rojizos.	Blanca, café o dorada	135 días	Grano

Tomado de: Espítia, 1991; Teranishy 1994 y Mapes1997.

2.5. Importancia de la Anatomía Vegetal

Historia de la anatomía

La anatomía vegetal es una de las primeras disciplinas científicas desarrolladas y ampliamente utilizada en estudios taxonómicos a diferentes niveles jerárquicos de clasificación, por ello se definió como uno de los campos más antiguos y básicos de la botánica. Los primeros estudios de la estructura anatómica vegetal interna se llevaron a cabo por Neheiman Grew y Marcelo Malpighi a mediados del siglo XV, en los que sólo consideraban investigaciones a nivel descriptivo (Mauseth, 1988; Metcalfe & Chalk, 1989; Stuessy 1990).

El propósito de los primeros estudios de importancia vegetal con enfoque anatómico fue describir la forma y estructura de los órganos y tejidos, para entender su función cómo parte de un organismo y la relación con el medio ambiente (Mauseth 1988; Metcalfe; Chalk 1989).

Importancia de la anatomía en la sistemática

Los caracteres anatómicos son una fuente clásica usada en la taxonomía vegetal. El uso de los caracteres anatómicos en los primeros estudios de sistemática, fue para resolver problemas de interrelaciones de taxa a nivel genérico y de especie (Dickison, 1975, 1989). A menudo los datos anatómicos, al igual que los datos morfológicos otorgan confiabilidad, a estudios de tipo comparativo para sugerir caracteres diagnósticos. Además, en algunos casos ayuda al entendimiento de las posibles tendencias evolutivas basadas en identificación de materiales fragmentados, contribuyendo así a la interpretación de posibles relaciones filogenéticas por la evaluación de algunos caracteres anatómico-vegetativos (Dickison, 1975; Stuessy, 1990).

En años recientes la anatomía vegetal se ha dado a la tarea de correlacionar estructuras anatómicas con el hábitat de la planta y las preferencias ecológicas y florísticas del taxon (Dickison, 1989).

Importancia de la anatomía en otras disciplinas

El papel de la anatomía vegetal a nivel genético es de utilidad para la identificación de los caracteres que resultan de la recombinación de dos o más individuos así como desarrollo subsecuente de variación en estos individuos. De esta manera permite el estudio y aplicación de tratamientos especiales en investigaciones como el fitomejoramiento de especies de importancia comercial, tanto para la obtención de productos agrícolas de mejor calidad como para cultivos de alto rendimiento (Dickison, 2000).

También las plantas están sujetas a una gran variedad de enfermedades causadas por agentes patógenos ó daños mecánicos. Las enfermedades causan una perturbación en el funcionamiento o una baja eficiencia en el crecimiento al interrumpir el metabolismo de la planta

como respuesta al estrés e invasión de los patógenos (hongos, bacterias o insectos) algunas de esas alteraciones son frecuentemente acompañadas por reacciones químicas no favorables en células y tejidos. Por lo tanto hay una estrecha relación entre los estudios fitopatológicos y anatómicos para evaluar las causas y grados del daño alcanzados por la infección de los tejidos dérmico, fundamental o vascular y de esta manera proponer los tratamientos adecuados para la generación de respuestas defensivas de los hospederos hacia los patógenos para minimizar los daños; entre los tratamientos implementados se puede mencionar la aplicación de estudios en el área de la biotecnología para la obtención de especies genéticamente resistentes a patógenos (Dickison, 2000).

Muchas especies vegetales son de utilidad en la industria manufacturera para la elaboración de productos como cordones, papel y cepillos, y parte de la materia prima utilizada son las fibras que producen algunas plantas de manera natural. Con esas fibras se hacen mezclas de materiales como las resinas que proporcionan firmeza y resistencia a las mismas. De esta manera, algunos investigadores han aplicado sus conocimientos de la anatomía vegetal, generando estudios sobre la identificación, estructura y caracterización de algunos diferentes tipos de fibras de especies vegetales y en colaboración con algunos profesionistas de otras disciplinas (Químicos, Físicos, etc.) para la obtención de productos de mejor calidad. De la misma forma se realizan procesos especiales para la producción de papel (Dickison, 2000).

Una forma para evidenciar las condiciones climáticas del pasado es por el registro anatómico de los anillos de crecimiento de los árboles, una abundante precipitación y humedad del suelo se refleja la formación de anillos de crecimiento amplios o están ausentes, mientras que en condiciones desfavorables éstos son estrechos (Knobloch, 1973), incendios, plagas y enfermedades son evidentes en la secuencia de los anillos. Por ende las bases para muchos estudios con un enfoque hacia la dendroclimatología es importante llevar a cabo la construcción de una cronología maestra con ayuda de estos anillos de crecimiento (Dickison, 2000).

Muchos de los productos metabólicos como aceites, resinas, taninos y drogas, están compuestos por una gran variedad de moléculas las cuales son secretados por las plantas a través de células y estructuras secretoras especializadas, sin embargo muchas de estas forman productos químicamente idénticos. Así la anatomía vegetal permite por medio de la caracterización histológica, la identificación de estas estructuras, para un mejor aprovechamiento de los recursos de las especies de interés, los cuales pueden ser utilizados como medicamentos, fragancias y colorantes (Dickison, 2000).

2.6. Antecedentes Anatómicos del género *Amaranthus* y géneros relacionados

En el ámbito mundial los trabajos sobre la anatomía descriptiva del género *Amaranthus* son muy pocos y por lo general, sólo se han realizado en algunas especies, o bien están centrados en algún órgano vegetativo en particular, tratando de relacionar su anatomía y su fisiología.

Wilson (1924) hizo una descripción del sistema vascular medular primario del tallo de algunas especies de las familias Chenopodiaceae y Amaranthaceae. En este estudio también realizó una serie de diagramas sobre curso longitudinal de estos haces vasculares primarios en algunas especies de las dos familias antes mencionadas. De esta manera, propuso un método para explicar la probable evolución del arreglo de los haces vasculares primarios y los comparó con otras dicotiledoneas que desarrollan este mismo patrón de distribución de los haces vasculares. Concluyó que las familias Chenopodiaceae y Amaranthaceae están cercanamente relacionadas y el desarrollo del tejido vascular en otras familias surge de manera independiente.

Joshi (1937), comparó el crecimiento y engrosamiento secundario del tejido vascular del tallo y raíz de varias especies de los géneros *Alternanthera*, *Achyranthes*, *Pupalia* y *Amaranthus* de la familia Amaranthaceae y los géneros *Atriplex*, *Chenopodium* y *Suaeda* de la familia Chenopodiaceae. De acuerdo con Joshi (1937) los géneros con mayor una proporción de tejido conjuntivo de tipo lignificado como *Alternanthera* son más evolucionados que en los que tienen el tejido conjuntivo totalmente parenquimático como el género *Suaeda*. Concluyó que entre estas dos familias el tejido vascular con características estructurales atípicas es más evolucionado en las Chenopodiaceas que en las Amaranthaceas.

Balfour (1965) afirmó que en algunas especies de las familias Nyctaginaceae, Amaranthaceae y Chenopodiaceae el crecimiento vascular secundario se desarrolla a partir de un patrón anómalo, en el cual el cambium funciona de manera anormal. Este autor asegura que el floema originado por este cambium, es separado del xilema por las células meristemáticas que forman al cambium, las cuales al cesar la actividad meristemática se diferenciaron en elementos xilemáticos. De esta manera concluyó que el crecimiento vascular secundario en estas familias es de tipo unidireccional.

Fahn & Zimmermann (1982) reportan que en la madera de *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae) el primer cambium formado se observa del lado externo de los haces vasculares

primarios y que es originado por un cambium interfascicular primario el cual continúa activo por un largo periodo. Además mencionan que los cambium sucesivos adicionales parecen iniciar su desarrollo de manera similar y que el cambium que le precede aún continúa activo al igual que el cambium interfascicular que dio origen al primer cambium. Así mismo, observó que en los estados tardíos de crecimiento las células cambiales se diferencian en fibras vasculares y conectan a los haces vasculares primarios con los secundarios.

Rajput & Rao (1999, 2000), confirman que en algunas especies de la familia Amaranthaceae en el tallo el engrosamiento secundario se lleva a cabo por un crecimiento con variante cambial. En *Pupalia lappacea* y en varias especies del género *Alternanthera*, así como en *Achyranthes aspera*, observaron que al final del desarrollo vegetativo el tejido vascular quedaba formado por varias bandas, las cuales se originaron a partir de un cambium de tipo sucesivo.

Rajput (2001) estudió la estructura y desarrollo del cambium vascular en el tallo de *Celosia argentea* L. y *Aerva sanguinolenta* (L.) Blume (Amaranthaceae): observó que en ambas especies el tejido vascular está formado por anillos de crecimiento de cambium sucesivo. Cada uno de estos cambium se desarrolla a una distancia de cuatro a seis estratos celulares externos al floema producto del cambium previo, este cambium es bidireccional y forma xilema centripeta y floema centrifugo. Así mismo menciona que cada anillo de cambium sucesivo está dividido en segmentos distintos: segmentos pequeños que producen elementos xilemáticos de conducción y floema, segmentos más amplios que producen células de tejido conjuntivo de paredes engrosadas centripetamente y segmentos de células de parenquima de paredes delgadas centrifugamente.

Costea & DeMason (2001) reportan que en el tallo, de un gran número de especies del género *Amaranthus* hay diferencias morfológicas, variación en la superficie epidérmica, así como un mecanismo de crecimiento del tejido vascular primario (filotaxia, trazos foliares y trazos ramales). Además, mencionan la presencia de variantes durante el desarrollo del brote. También afirmaron que el mecanismo de crecimiento secundario es atípico y están formando por anillos concéntricos de tejido vascular con floema interxilar (incluido) de tipo foraminado. Con los resultados generados en este trabajo, se sustenta una clasificación infragenérica formada por el subgénero *Amaranthus* y subgénero *Albersia*, así como la separación del complejo de amarantos cultivados como *Amaranthus caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, de sus probables ancestros parentales más cercanos.

Metcalfé & Chalk (1950), realizaron una descripción anatómica de la familia Amaranthaceae. En diferentes órganos, destacaron algunos rasgos: En el tallo encontraron un crecimiento secundario vascular anómalo, desarrollado a partir de un crecimiento de haces vasculares formados por bandas de tejido secundario de sucesión colateral. En la hoja observaron una vaina de células parenquimáticas cúbicas alrededor de los haces vasculares. Además señalaron la secreción y acumulación de oxalatos de calcio a manera de cristales en forma de arenas o agrupados dentro de algunas células de parénquima, principalmente en los ejemplares más representativos de la familia, incluyendo algunas especies del género *Amaranthus*.

Algunos autores destacan que los haces vasculares de las hojas de algunas especies del género *Amaranthus* están rodeados por una vaina de células parenquimáticas con cloroplastos en posición centripeta. Alrededor de esta vaina se encuentran uno o varios estratos de células en empalizada con un arreglo y distribución diferente. En las células en empalizada los cloroplastos son más pequeños que en las células de la vaina y su distribución es aleatoria. En particular, Laetsch (1968), describe para *A. edulis* que las células en empalizada forman un estrato concéntrico alrededor de la vaina. Clanton and Hilton (1971), Usuda *et al.*, (1971) y Gallaher *et al.*, (1975), mencionan sólo para *A. retroflexus*, el estrato de células de la vaina alrededor de los haces vasculares. Ratham *et al.*, (1975), revela que en *A. viridis* las células del mesofilo tienen un arreglo dorsi-ventral con respecto a la vaina. Carolin *et al.*, (1978), reporta para *Amaranthus* que el mesofilo en empalizada se distribuye parcialmente radial en el extremo adaxial y radial en el extremo abaxial con respecto a la vaina. Por último Wang *et al.*, (1992), describe que en *A. hypochondriacus* al inicio de su desarrollo forma un estrato de células de la vaina alrededor de los haces y uno o dos estratos de células en empalizada alrededor de esta vaina.

Byott (1976) reporta que el porcentaje de espacios aéreos en plantas con metabolismo C_3 es mayor que en las que lo tienen de tipo C_4 . Este autor explica que una menor extensión de espacios aéreos propicia que haya una mayor densidad de tejido del mesofilo por hoja, como el que observó en las especies C_4 a diferencia de las especies C_3 , entre las que incluye al género *Amaranthus* como uno de los grupos que tiene especies con metabolismo C_4 . Esto debe ser importante durante la actividad fotosintética, ya que incorporan una mayor cantidad de CO_2 dentro de las células del mesofilo. Por lo que las especies C_4 tienen una fijación de CO_2 más eficiente. De esta manera Byott concluyó que en el género *Amaranthus* el porcentaje de espacios aéreos es del 26.6% del volumen total de la hoja, en *A. melancolicus* es del 29.9% y en *A. tricolor*

splendens es del 17.5% y mucho menor que en algunas especies como *Nicotiana tabacum*, *Vicia faba* y *Pisum sativa*.

Zindler (1976), menciona que 9 de 10 familias de dicotiledoneas C₄, muestran una alta acumulación de oxalatos de calcio, entre las que menciona a Nyctaginaceae, Chenopodiaceae y Amaranthaceae. En particular demostró la acumulación de cristales de oxalato de calcio dentro de las áreas intercostales de *Atriplex rosea* y *A. patula* (Chenopodiaceae). Puntualizó que aunque no existe una explicación clara sobre la función de los cristales de oxalato, es probable que algunas plantas los precipiten como sales de calcio y los acumulen en forma de cristales, para evitar el envenenamiento de sus tejidos por suelos con altas concentraciones de oxalatos. También señala que pueden servir como defensa contra algunos de sus depredadores.

Laroche (1971) y Banerjee (1980), estudiaron la arquitectura foliar de varios miembros de la familia Amaranthaceae. En general mencionan que los miembros de esta familia desarrollan una venación de tipo broquidodromo con variantes entre las especies. Por su parte Banerjee (1980) reporta que en *A. viridis* la venación es de tipo broquidodromo festonado, señalando que en plantas que crecen bajo sombra como *A. viridis* el número de arcos es menor comparado con otros miembros de la familia que crecen en zonas abiertas. Sin embargo, Fisher & Evert (1982) escribieron que en *A. retroflexus* la venación de sus hojas es de tipo pinnado eucamptódromo.

Fisher & Evert (1982), realizaron los primeros trabajos para una descripción anatómica detallada de las hojas de *A. retroflexus*. Primero describen que el patrón de venación en la lámina es de tipo pinnado eucamptódromo, aclarando que la ramificación inicia en el pecíolo y continúa a través de la vena media. Además señalan que los haces vasculares se fusionan a lo largo del curso a través de la vena media y pecíolo por lo que su número disminuye. Así mismo mencionan que la epidérmis consiste de células epidérmicas tabulares con paredes anticlinales sinuosas, las de la cara adaxial con un área superficial ligeramente menor y paredes anticlinales notablemente menos sinuosas que en la abaxial. La superficie de la hoja de *A. retroflexus* es ligeramente pubescente, los tricomas adaxiales están localizados a lo largo de las regiones intercostales, son uniseriados, no ramificados y tienen una célula terminal oval con contenido denso; por el contrario la mayoría de los tricomas abaxiales se encuentran sobre las regiones costales, son tanto uniseriados como multiseriados, no se ramifican y su longitud es variable. Con respecto a los estomas las células oclusivas son en forma de riñón y carecen de células subsidiarias. Así mismo, las porciones de las

paredes de células epidérmicas que hacen contacto con extremos longitudinales de células oclusivas, se pliegan, forman invaginaciones y tienen apariencia de nódulo. El índice estomático de la epidermis abaxial es mayor (27.2) que en la epidermis adaxial (20.0). En sección transversal diferenciaron las células del mesofilo: a las que están adyacentes y alrededor de la vaina clorenquimática de los haces vasculares; las refiere como células "kranz" y a las que no hacen contacto con esta vaina como células "no kranz". Por último señalaron que el tipo de contenidos celulares en *A. retroflexus* son principalmente cristales de oxalatos de calcio en forma de drusas y arenas, estos se localizan dentro de algunas células parenquimáticas de la vena media y pecíolo.

Padmini & Raja (1995), señalan que el índice estomático de la mayoría de las especies de la familia Amaranthaceae es mayor en la superficie abaxial con respecto a la adaxial, así mismo observaron seis tipos estomáticos dentro de la familia (anomocítico, anisocítico, diacítico, parasítico, hemiparacítico y braquiparacítico); principalmente de tipo anisocítico y anomocítico para los miembros del género *Amaranthus* los cuales son codominantes para las especies del género. De esta manera reconocieron que los resultados obtenidos apoyan la división de la familia Amaranthaceae en las tribus Celosieae, Amarantheae y Gomphreneae; así como, la división de la tribu Amarantheae en la subtribu Amaranthinae la cual se caracteriza porque tiene estomas de tipo anisocítico y anomocítico y la subtribu Achyranthinae en la cual los estomas son principalmente de tipo paracítico, diacítico, hemiparacítico y braquiparacítico.

En México, los estudios que involucran una descripción anatómica detallada de las estructuras vegetativas del género *Amaranthus*, son muy escasos.

Como parte de un proyecto global que se viene realizando en el Jardín Botánico del Instituto de Biología UNAM, acerca de la descripción y caracterización anatómica del género *Amaranthus*, uno de los trabajos pioneros es el realizado por Bardales (1992), en el cual presenta la descripción anatómica de *A. cruentus* (Cultivar Mexicano) y *A. hypochondriacus* (Cultivar Azteca) haciendo una comparación entre ellas, destacando las características compartidas.

Actualmente Guzmán (en proceso) está realizando un estudio anatómico y comparativo de la estructura vegetativa de siete cultivares de dos especies de Amarantho, *A. cruentus* (Cultivares Africano, Guatemalteco y Mexicano) y *A. hypochondriacus* (Cultivares Azteca, Mercado, Mixteco y Nepal) cultivadas en el Rancho San Francisco en Chalco, Estado de México.

Espitia (1991) realizó diferentes estudios acerca de la variabilidad genética y de relaciones del rendimiento del amaranto y sus componentes en alegría, así como otros estudios en algunas de los cultivares de *Amaranthus*. El autor cultivó en los terrenos experimentales del Colegio de Postgraduados, estos mismos cultivares (Africano, Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y Azteca, Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*), a partir de las cuales se llevó acabo el análisis anatómico de un estudio paralelo que además de los objetivos principales tiene el propósito de conocer, si al ser cultivados estos mismos cultivares en otras condiciones ambientales, se manifiestan diferencias anatómicas respecto a los caracteres anatómicos de las mismos cultivares que fueron cultivadas en el rancho San Francisco, Chalco, Edo. de México.

Así al comparar los siete cultivares de dos localidades diferentes se podrán conocer los caracteres anatómico vegetativos variables y los caracteres más estables o diagnóstico de cada cultivar y/o especie, con el propósito de contribuir a la delimitación taxonómica de las mismas, así como al mejor aprovechamiento del recurso.

III. OBJETIVOS:

1. Realizar las descripciones anatómicas de cada una de las estructuras vegetativas de la hoja tallo y raíz de los cultivares Azteca, Mercado, Mixteco, Nepal, de *Amaranthus hypochondriacus* y los cultivares Africano, Guatemalteco y Mexicano de *Amaranthus cruentus*, cultivadas en Montecillo, Edo. De México.
2. Comparar la estructura anatómica, entre los cuatro cultivares de *Amaranthus hipochondriacus* y entre las tres cultivares de *Amaranthus cruentus*.
3. Comparar la estructura anatómica, entre las dos especies mencionadas.

IV MATERIALES Y METODO

4.1. Muestreo, fijación y preservación

El material biológico utilizado, fue cultivado en los terrenos agrícolas experimentales del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, identificado y proporcionado por el Dr. Eduardo Espitia al laboratorio de Apoyo a la Investigación del Jardín Botánico. Se seleccionaron algunas hojas y pequeños fragmentos de la parte media del tallo y raíz principal de plantas adultas vegetativamente maduras de tres cultivares de *A. cruentus* y cuatro cultivares de *A. hypochondriacus*. Se fijaron en F.A.A. por 24 horas y después se lavaron en agua corriente, posteriormente fueron preservadas en alcohol al 70% hasta antes de ser procesadas. Los datos que identifican a cada cultivar son descritos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Datos de colecta de las siete cultivares de *Amaranthus* estudiadas.

Especie	Cultivar	Número de colecta	Colector	Localidad
<i>Amaranthus cruentus</i>	Africano	25-PA-R-123	Espitia E.	Montecillo
	Guatemalteco	124	Espitia E.	Montecillo
	Mexicano	661	Espitia E.	Montecillo
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Azteca	156	Espitia E.	Montecillo
	Mercado	137-7	Espitia E.	Montecillo
	Mixteco	122	Espitia E.	Montecillo
	Nepal	AG-121	Espitia E.	Montecillo

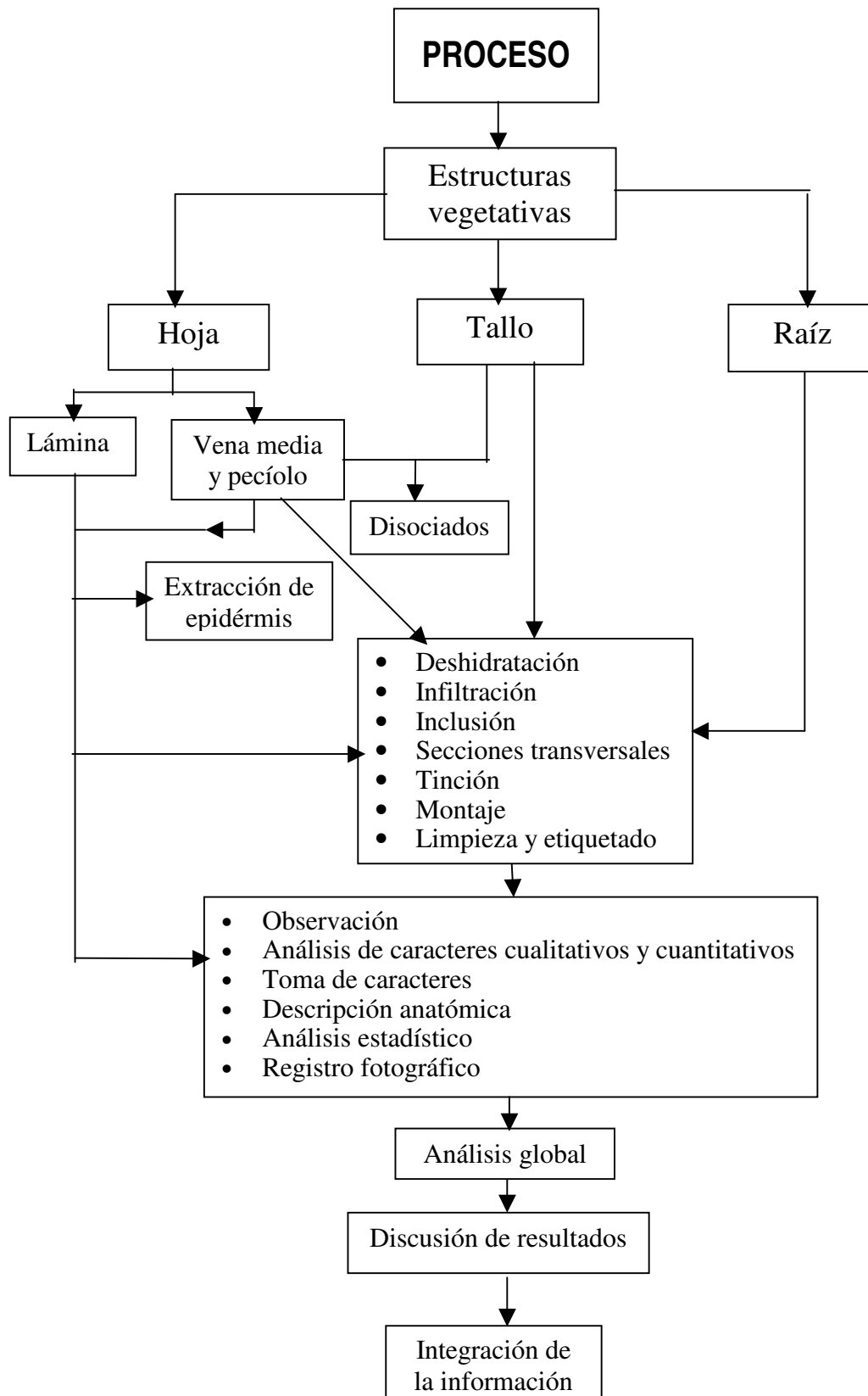
Todo el proceso y los pasos seguidos en el presente estudio se muestran en el Cuadro 3.

4.2. Procesamiento histológico

4.2.1 Extracción de epidermis

Del material preservado, se tomaron pequeñas secciones de aproximadamente 1.5 cm² de la parte media de la lamina foliar, a una distancia media entre la vena media y el margen. se lavaron en agua y se colocaron en una solución de cloro al 20%, por alrededor de 48 horas (para asegurar el desprendimiento de la epidérmis), después se lavaron nuevamente en agua y con ayuda de pinzas de punta muy fina y agujas de disección, se procedió a la extracción de las epidermis adaxial y abaxial. Una vez obtenidas, las epidérmis se montaron en gelatina glicerizada (Bardales, 1992). No fue necesaria la tinción de las preparaciones porque con una buena iluminación Köhler o contraste de fase en el microscopio óptico, los contornos celulares son muy claros.

Cuadro 3. Diagrama que ilustra:
DESTINO Y SUBDIVISIÓN DEL MATERIAL



4.2.2 Disociado de tejidos

Esta técnica se llevó a cabo para la separación y obtención de los elementos xilemáticos principales, para lo cual se utilizó la técnica de Jeffrey (Curtis, 1986).

Pequeños fragmentos de la vena media, pecíolo y tallo, se introdujeron por separado en recipientes de cristal con una mezcla de ácido crómico al 10% y ácido nítrico al 10% (1:1). La vena media y pecíolo se dejaron alrededor de dos horas o más y el tallo por lo menos por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo, se eliminó la solución de Jeffrey, enseguida el material se lavó en agua, y se procedió a la separación de los elementos celulares con la ayuda de pinzas y agujas de punta muy fina, por último las muestras celulares se montaron en gelatina glicerizada; al igual que las extracciones epidérmicas no fue indispensable la tinción de estas muestras (Curtis, 1986).

4.2.3 Deshidratación

Se tomaron pequeños fragmentos del material preservado, de cada uno de las estructuras vegetativas (hoja: lamina, pecíolo y vena media; tallo y raíz), se colocaron en frascos de cristal y se inició la deshidratación de acuerdo con el siguiente tratamiento:

Cuadro 4. Tren de deshidratación de las muestras.

TIEMPOS		TIPOS DE MEZCLAS EN ml				[] Final de alcohol
Hoja	Tallo y Raíz	H ₂ O	ETOH 95%	ETOH 100%	ATB*	
12 hrs	48 hrs	50 ml	40 ml	0	10 ml	50
12 hrs	48 hrs	30 ml	50 ml	0	20 ml	70
12 hrs	48 hrs	15 ml	50 ml	0	35 ml	85
12 hrs	48 hrs	0	45 ml	0	55 ml	95
12 hrs	48 hrs	0	0	25ml	75 ml	100
12 hrs	48 hrs	0	0	0	100 ml	100
12 hrs	48 hrs	0	0	0	100 ml	100
12 hrs	48 hrs	0	0	0	100 ml	100

Mauseth, (comunicación personal) y Ruzin, 1999; (modificado por Sandoval comunicación personal) *ATB (Alcohol Ter-Butílico).

Se utilizó ATB porque es un medio en el cual la parafina es soluble, por lo que puede usarse como sustituto del xileno; se recomienda mantener el ATB puro a una temperatura mayor a 20°C para facilitar sus diluciones ya que éste tiende a cristalizarse. Además una vez dentro de los tejidos podría rasgarlos.

4.2.4 Infiltración de Parafina

Una vez realizada la deshidratación se procedió a la infiltración de parafina. Primero, a las muestras aún conservadas en el último cambio de ATB, se les agregó algunas escamas de parafina histológica (58°-60°C de punto de fusión) colocando los recipientes dentro de una estufa a 60°C, repitiendo este proceso cada 25 minutos por lo menos 6 ó 7 veces más para asegurar que al evaporarse el alcohol por el calor, la parafina cubra perfectamente los tejidos, cuidando que cada adición de parafina se haya fundido antes de agregar la siguiente. Después de transcurridas 48 horas, se realizó un segundo cambio de parafina pura previamente fundida. En este segundo cambio, las muestras permanecieron por 48 horas más, lo que permitió la infiltración adecuada de parafina en los tejidos (Johansen, 1940; Ruzin, 1999).

4.2.5 Inclusión y obtención de secciones transversales de hoja tallo y raíz

Después de la infiltración, mediante vaciado, se procedió a la inclusión con parafina pura previamente fundida, colocando las muestras en pequeños moldes de aluminio o de papel, orientando y etiquetando la muestra de acuerdo al plano requerido para el corte. Cuando la parafina solidificó, se eliminó el exceso de parafina que rodea a la muestra de cada bloque el cual se desbasto y dejó a manera de pirámide truncada. Por último con ayuda de calor, los bloques desbastados fueron adheridos al portabloques (o cubos de madera). Posteriormente se procedió a realizar cortes con un micrótopo de rotación (American Optical), a un grosor de 18 o 20 μm y en posición transversal; los listones obtenidos se colocaron en un baño de flotación, con un poco de gelatina previamente esparcida y fundida en la superficie, a una temperatura de 50°C para la adecuada extensión de los tejidos y para su adhesión al portaobjetos. Las preparaciones permanecieron secándose por 24 horas para asegurar su adherencia, posteriormente se procedió a la tinción (Johansen, 1940; Curtis, 1986; Ruzin, 1999).

4.2.6 Desparafinación y rehidratación

Las secciones fueron previamente desparafinadas y rehidratadas, para después llevar a cabo su tinción.

Este proceso inició en dos cambio de xilol 10 minutos en c/u y después en una mezcla de xilol: etanol absoluto (1:1), continuando en una serie gradual descendente de alcoholes a partir del 96%, 70%, 50% y 30% durante tres a cinco minutos en cada alcohol y finalmente en agua (Curtis, 1986; Bardales, 1992; Ruzin, 1999).

4.2.7 Tinción y montaje

Para la tinción se eligió la técnica dicrómica Safranina-Verde rápido. Estos colorantes son selectivos para determinados tejidos y proporcionan una doble coloración a las estructuras, logrando un buen contraste entre los diferentes tipos celulares. La safranina actúa como un colorante básico tiñendo estructuras nucleares, paredes celulares lignificadas, paredes cutinizadas y suberizadas, mientras que el verde rápido es un colorante ácido y actúa sobre estructuras citoplasmáticas y paredes celulósicas. Una vez que las secciones se rehidrataron, se colocaron en una solución de Safranina “O” por 24 horas, transcurrido este tiempo, se lavaron con agua, después se deshidrataron en una serie gradual ascendente de alcoholes iniciando a una concentración de alcohol etílico al 30%, 50%, 70%, 96% durante tres a cinco minutos en cada cambio. Enseguida se adicionó a cada preparación unas gotas de Verde rápido, por cinco minutos en los cortes de hoja y de siete a 10 minutos en los cortes de tallo y raíz o hasta que se tiñeron, después se impregnaron con etanol absoluto y enseguida con aceite de clavo por 10 minutos. Para finalizar, las preparaciones se pasaron por xilol (tres cambios de un minuto) y posteriormente se montaron en resina sintética. Se dejaron secar a temperatura ambiente o dentro de una estufa a 60°C durante 15 días (Bardales, 1992; Ruzin, 1999 modificado por Medina).

4.2.8 Limpieza y etiquetado

Después de que la resina sintética se endureció completamente, los restos de la misma contenida alrededor de los cubreobjetos fueron removidos con una navaja. Para una mejor apariencia las preparaciones fueron limpiadas con un trapo de algodón seco y unas gotas de alcohol al 70% hasta que los bordes del cubreobjetos quedaron totalmente limpios. Una vez que las preparaciones quedaron limpias se rotularon con etiquetas previamente elaboradas en computadora con los siguientes datos:

- ◆ **Nombre de la especie**
- ◆ **Cultivar y número de colecta**
- ◆ **Estructura y posición del corte**
- ◆ **Tipo de tinción**
- ◆ **Nombre del procesador**
- ◆ **Fecha de elaboración**

4.3. Observación y medición de caracteres cuantitativos

Los caracteres cuantitativos registrados en el Cuadro 5, excepto el índice estomático fueron medidos con un ocular micrómetro previamente calibrado e insertado en un fotomicroscopio

Carl-Zeiss Axioskop en un aumento total de 400X para lograr una mayor precisión en las mediciones, y en algunos casos a 200X, cuando la amplitud del campo no fue lo suficiente para incluir el tamaño de algún elemento a medir (ejemplo la longitud de los elementos de vaso). Para cada carácter se tomaron 25 repeticiones, a partir de las cuales se efectuó la estadística correspondiente.

Para el índice estomático se llevaron a cabo conteos de las células epidérmicas y estomas de la epidermis adaxial y abaxial, en campos que contemplaron, sólo aquellas células que mostraron el contorno completo bajo el campo de observación. Los conteos fueron realizados en un microscopio Carl-Zeiss de rutina a un aumento de 400X en contraste de fases con cámara lucida, en donde la imagen de la preparación bajo observación se proyectó sobre un papel en forma simultánea.

El término de "índice estomático" que relaciona la cantidad de estomas en el área foliar, de acuerdo al número de células epidérmicas sobre la misma área foliar, fue propuesto por Salisbury (Salisbury citado por Willmer, 1986). El índice estomático fue considerado como una medición para inferir la frecuencia estomática debido a que esta suele variar de acuerdo con el tamaño de las células; las células entre más pequeñas, dan origen a frecuencias estomáticas altas. La fórmula es la siguiente:

$$I. e. = \left[\frac{\text{Número de estomas}}{\text{Número de estomas} + \text{Número de células epidérmicas}} \right] \times 100$$

Todas las evaluaciones tomadas de los caracteres cuantitativos se concentraron en cuadros comparativos para resaltar las diferencias entre los cultivares de *A. cruentus*, así como entre los cultivares de *A. hypochondriacus*.

4.4. Observación y análisis de caracteres cualitativos

Los caracteres cualitativos concentrados en el cuadro 5 fueron evaluados bajo observación microscópica y analizados de acuerdo a los criterios anatómicos establecidos por Esau (1977), Carlquist (1988), Mauser (1988), Metcalfe & Chalk (1989) y Dickison (2000), para resaltar las diferencias que distinguen a cada una de los cultivares tanto de *A. cruentus* como de *A. hypochondriacus*, así como las diferencias entre estas dos especies.

Posteriormente se realizaron cuadros comparativos de los caracteres cualitativos de forma similar a los de los caracteres cuantitativos para su posterior análisis comparativo.

4.5. Criterios para la obtención de resultados

Descripciones anatómicas

Se realizaron las descripciones anatómicas de los tejidos dérmico, fundamental y vascular de las estructuras vegetativas de las plantas de *A. cruentus* (Cultivares: Africano, Guatemalteco y Mexicano) y *A. hypochondriacus* (Cultivares: Azteca, Mercado, Mixteco y Nepal), considerando los caracteres anatómicos cualitativos y cuantitativos.

En los cuadros elaborados de los caracteres cualitativos y cuantitativos de las dos especies estudiadas se señalaron las principales diferencias encontradas entre los cultivares de *A. cruentus* y entre los cultivares de *A. hypochondriacus*.

4.6. Análisis estadístico

Debido a que sólo se contaba con un ejemplar para cada una de los cultivares estudiadas de cada especie, no se pudo realizar un análisis de varianza para los caracteres cuantitativos. Sin embargo, se calculó la estadística descriptiva del valor de la media, desviación estándar e intervalo (mínimo-máximo), con el paquete estadístico Stat-Grafics versión 5.0. A partir de los valores calculados de la media, se realizaron las comparaciones pertinentes de los caracteres cuantitativos que mostraron diferencias, primero entre los cultivares de *A. cruentus* y después entre los cultivares de *A. hypochondriacus*. Aquellos caracteres con valores que se alejaban de la media permitieron señalar las diferencias, como principales puntos de comparación entre los cultivares de *A. cruentus* (Africano, Guatemalteco y Mexicano) y entre los cultivares de *A. hypochondriacus* (Azteca, Mercado, Mixteco y Nepal); así como entre estas dos especies.

Cuadro 5

LISTA DE CARACTERES CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS

HOJA

I. LÁMINA

1. EPIDERMIS ADAXIAL

1.1 VISTA SUPERFICIAL

- a) Distribución de las células intercostales
- b) Forma de las células intercostales
- c) Forma de pared anticlinal de las células intercostales
- d) Grosor de pared anticlinal de las células intercostales
- e) Tamaño de las células intercostales
- f) Distribución de las células costales
- g) Forma de las células costales
- h) Forma de pared anticlinal de las células costales
- i) Grosor de pared anticlinal de las células costales
- j) Tamaño de las células costales
- k) Tipo de estomas
- l) Distribución de estomas
- m) Índice estomático
- n) Largo de las células oclusivas
- o) Presencia de pliegues en estomas
- p) Tipo de tricomas
- q) Distribución de los tricomas
- r) Forma de las células de los tricomas
- s) Número de células de los tricomas

1.2 SECCIÓN TRANSVERSAL

- a) Grosor de cutícula
- b) Forma de las células epidérmicas
- c) Orientación de las células epidérmicas
- d) Grosor de pared de las células epidérmicas
- e) Tamaño de las células epidérmicas
- f) Posición de estomas respecto a la epidérmis
- g) Presencia de cámara subestomática

2 EPIDERMIS ABAXIAL

2.1 VISTA SUPERFICIAL

- a) Distribución de las células intercostales
- b) Forma de las células intercostales

- c) Forma de pared anticlinal de las células intercostales
- d) Grosor de pared anticlinal de las células intercostales
- e) Distribución de las células costales
- f) Forma de las células costales
- g) Forma de la pared anticlinal de las células costales
- h) Grosor de pared anticlinal de las células costales
- i) Tamaño de las células costales
- j) Tipo de estomas
- k) Distribución de estomas
- l) Índice estomático
- m) Largo de las células oclusivas
- n) Presencia de pliegues en estomas
- o) Tipo de tricomas
- p) Distribución de los tricomas
- q) Organización de las células de los tricomas
- r) Forma de las células de los tricomas
- s) Número de células de los tricomas

2.2 SECCIÓN TRANSVERSAL

- a) Grosor de cutícula
- b) Forma de las células epidérmicas
- c) Orientación de las células epidérmicas
- d) Grosor de pared de las células epidérmicas
- e) Tamaño de las células epidérmicas
- f) Posición de estomas respecto a la epidérmis
- g) Presencia de cámara subestomática

3 MESOFILO

- a) Distribución de parénquima en empalizada
- b) Número de estratos de parénquima en empalizada
- c) Forma de células en empalizada
- d) Grosor de pared de las células en empalizada
- e) Espacios intercelulares
- f) Posición de los cloroplastos
- g) Distribución de parénquima esponjoso
- h) Forma de las células de parénquima esponjoso
- i) Grosor de pared de las células de parénquima esponjoso
- j) Espacios intercelulares

- k) Posición de los cloroplastos
- l) Distribución de las células lobuladas
- m) Número de estratos de las células lobuladas
- n) Forma de las células lobuladas
- o) Grosor de pared de las células lobuladas
- p) Espacios intercelulares
- q) Posición de los cloroplastos
- r) Tipo de contenidos celulares
- s) Forma de contenidos celulares
- t) Abundancia de contenidos celulares
- u) Tamaño de contenidos celulares

4 TEJIDO VASCULAR

4.1 VAINA DE LOS HACES

- a) Forma de las células de la vaina
- b) Grosor de pared de las células de la vaina
- c) Tamaño de las células de la vaina
- d) Posición de los cloroplastos

4.2 HACES VASCULARES

- a) Tipo de venación
- b) Localización de los haces vasculares
- c) Tipos de haces vasculares
- d) Tipos de células del floema
- e) Tamaño de células del floema
- f) Tipos de células del xilema
- g) Numero de vasos por haz vascular

II. VENA MEDIA

1. EPIDERMIS ADAXIAL Y ABAXIAL

1.1 VISTA SUPERFICIAL

- a) Tipo de tricomas
- b) Abundancia de tricomas
- c) Forma de las células de los tricomas
- d) Número de células de los tricomas

1.2 SECCIÓN TRANSVERSAL

- a) Grosor de cutícula
- b) Forma de las células epidérmicas
- c) Orientación de las células epidérmicas
- d) Grosor de pared de las células epidérmicas
- e) Tamaño de las células epidérmicas

2. TEJIDO FUNDAMENTAL

2.1 CÓRTEX

- a) Tipo de colénquima adaxial/ abaxial
- b) Número de estratos celulares de colénquima adaxial/ abaxial
- c) Espesor de colénquima adaxial/ abaxial
- d) Forma de las células de colénquima adaxial/ abaxial
- e) Orientación de células de colénquima
- f) Tamaño de células de colénquima
- g) Forma de las células del córtex
- h) Orientación de las células del córtex
- i) Grosor de pared de las células del córtex
- j) Tamaño de las células del córtex

2.2 MÉDULA

- a) Forma de las células de la médula
- b) Orientación de las células de la médula
- c) Grosor de pared de las células de la médula
- d) Tamaño de las células de la médula

2.3 CONTENIDOS CELULARES

- a) Tipo de contenidos celulares
- b) Forma de contenidos celulares
- c) Abundancia de contenidos

3. TEJIDO VASCULAR

- a) Distribución de los haces vasculares
- b) Número de haces vasculares
- c) Tipo de haces vasculares

3.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.2 XILEMA

- a) Tipos de células del xilema
- b) Número de vasos por haz vascular
- c) Diámetro tangencial de los vasos
- d) Grosor de la pared de los vasos
- e) Tipo de ornamentación de los elementos de vaso (disociados)
- f) Largo de los elementos de vaso (disociados)
- g) Tipo de placa terminal
- h) Ángulo inclinación de elementos de vaso

III. PECÍOLO

1. EPIDERMIS ADAXIAL Y ABAXIAL

1.1 VISTA SUPERFICIAL

- a) Tipo de tricomas
- b) Abundancia de los tricomas
- c) Forma de las células de los tricomas
- d) Número de células de los tricomas

1.2 SECCIÓN TRANSVERSAL

- a) Grosor de cutícula
- b) Forma de las células epidérmicas
- c) Orientación de las células epidérmicas
- d) Grosor de pared de las células epidérmicas
- e) Tamaño de las células epidérmicas

2. TEJIDO FUNDAMENTAL

2.1 CÓRTEX

- a) Tipo de colénquima adaxial/ abaxial
- b) Número de estratos celulares de colénquima adaxial/ abaxial
- c) Espesor de colénquima adaxial/ abaxial
- d) Forma de las células de colénquima adaxial/ abaxial
- e) Orientación de células de colénquima adaxial/ abaxial
- f) Tamaño de células de colénquima adaxial/ abaxial
- g) Forma de las células del córtex
- h) Orientación de las células del córtex
- i) Grosor de pared de las células del córtex
- j) Tamaño de las células del córtex

2.2 MÉDULA

- e) Forma de las células de la médula
- f) Orientación de las células de la médula
- g) Grosor de pared de las células de la médula
- h) Tamaño de las células de la médula

2.3 CONTENIDOS CÉLULARES

- a) Tipo de contenidos celulares
- b) Forma de contenidos celulares
- c) Abundancia de contenidos celulares

3. TEJIDO VASCULAR

- a) Distribución de los haces vasculares
- b) Número de haces vasculares
- c) Tipo de haces vasculares

3.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.2 XILEMA

- a) Tipos de células del xilema
- b) Número de vasos por haz vascular
- c) Diámetro tangencial de los vasos
- d) Grosor de la pared de los vasos
- e) Tipo de ornamentación de los elementos de vaso (disociados)
- f) Largo de los elementos de vaso (disociados)
- g) Tipo de placa terminal
- h) Ángulo de inclinación de los elementos de vaso

TALLO

1. EPIDERMIS

1.1 VISTA SUPERFICIAL

- a) Tipo de tricomas
- b) Abundancia de tricomas
- c) Forma de las células de los tricomas
- d) Número de células de los tricomas

1.2 SECCIÓN TRANSVERSAL

- a) Contorno
- b) Grosor de cutícula
- c) Forma de las células epidérmicas
- d) Orientación de las células epidérmicas
- e) Grosor de pared de las células epidérmicas
- f) Tamaño de las células epidérmicas

2. TEJIDO FUNDAMENTAL

2.1 CÓRTEX

- a) Tipo de colénquima
- b) Número de estratos celulares de colénquima
- c) Espesor de colénquima
- d) Forma de las células de colénquima
- e) Orientación de las células de colénquima
- f) Tamaño de las células de colénquima
- g) Forma de las células del córtex

- h) Orientación de las células del córtex
- i) Grosor de pared de las células del córtex
- j) Tamaño de las células del córtex

2.2 MÉDULA

- a) Forma de las células de la médula
- b) Orientación de las células de la médula
- c) Grosor de pared de las células de la médula
- d) Tamaño de las células de la médula

2.3 CONTENIDOS CELULARES

- a) Tipo de contenidos celulares
- b) Forma de contenidos celulares
- c) Abundancia de contenidos celulares

2.4 TEJIDO CONJUNTIVO EXTERNO

- a) Tipos de células
- b) Espesor de cilindro
- c) Número de estratos de celulares
- d) Tamaño de células
- e) Grosor de pared

3 TEJIDO VASCULAR

3.1 ANILLO VASCULAR PERIFÉRICO

3.1.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.1.2 XILEMA

- a) Tipos de células del xilema
- b) Número de vasos por haz vascular
- c) Diámetro tangencial de los vasos
- d) Grosor de la pared de los vasos
- e) Tipo de ornamentación de los elementos de vaso (disociados)
- f) Largo de los elementos de vaso (disociados)
- g) Tipo de fibras
- h) Largo de fibras

3.2 ANILLOS VASCULARES INTERNOS

- a) Distribución de los haces vasculares
- b) Organización de los haces vasculares
- c) Número de bandas de haces vasculares

3.2.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.2.2 XILEMA

- a) Tipos de células del xilema
- b) Número de vasos por haz vascular
- c) Diámetro tangencial de los vasos
- d) Grosor de la pared de los vasos

RAÍZ

1. RIZODERMIS

- a) Contorno
- b) Número de estratos de células rizodérmicas
- c) Forma de células rizodérmicas
- d) Orientación de células rizodérmicas
- e) Grosor de pared de células rizodérmicas

2. TEJIDO FUNDAMENTAL

2.1 CÓRTEX

- a) Arreglo del córtex
- b) Espesor del córtex externo e interno
- c) Número de estratos celulares del córtex externo
- d) Orientación de las células del córtex externo e interno
- e) Forma de las células del córtex externo e interno
- f) Grosor de pared de las células del córtex externo e interno
- g) Tamaño de las células del córtex externo

2.2 CONTENIDOS CELULARES

- a) Tipo de contenidos celulares
- b) Forma de contenidos celulares
- c) Abundancia de contenidos celulares

2.3 TEJIDO CONJUNTIVO EXTERNO

- a) Tipos de células
- b) Espesor de cilindro
- c) Número de estratos de celulares
- d) Tamaño de células
- e) Grosor de pared

3. TEJIDO VASCULAR

3.1 ANILLO VASCULAR PERIFÉRICO

3.1.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.1.2 XILEMA

- a) Tipos de células del xilema
- b) Número de vasos por haz vascular
- c) Diámetro tangencial de los vasos
- d) Grosor de la pared de los vasos
- e) Tipo de ornamentación de los elementos de vaso (disociados)
- f) Largo de los elementos de vaso (disociados)
- g) Tipo de fibras
- h) Largo de fibras

3.2 ANILLOS VASCULARES INTERNOS

- a) Distribución de los haces vasculares
- b) Organización de los haces vasculares
- c) Número de bandas de haces vasculares

3.2.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.2 2 XILEMA

- a) Tipos de células del xilema
- b) Número de vasos por haz vascular
- c) Diámetro tangencial de los vasos
- d) Grosor de la pared de los vasos

3.3 DIARCA

- a) Arreglo de los haces vasculares
- b) Organización de los haces vasculares

3.3.1 FLOEMA

- a) Arreglo del floema
- b) Tipos de células del floema
- c) Grosor de pared de células del floema

3.3.2 XILEMA

- a) Arreglo del xilema
- b) Tipos de células del xilema
- c) Número de vasos por haz vascular
- d) Diámetro tangencial de los vasos
- e) Grosor de la pared de los vasos

V. RESULTADOS

5.1. Descripción anatómica de *Amaranthus cruentus* (Cultivares Africano, Guatemalteco y Mexicano)

HOJA

LÁMINA

Epidermis adaxial

Vista superficial.- Diferenciada en células intercostales y costales. Células intercostales de distribución aleatoria; la mayoría de forma poligonal y algunas cuadradas; en los cultivares Guatemalteco y Mexicano algunas de contorno ligeramente irregular sin forma definida (Cuadro 6); en general de paredes anticlinales lineales y en los cultivares Guatemalteco y Mexicano algunas paredes ligeramente sinuosas (Cuadro 6); grosor de pared de dos a cinco μm en los tres cultivares (Cuadro 7); rebordes angulares o un poco redondeados; largo celular de 62.7 a 76.3 μm y ancho de 30.5 a 36.3 μm (Cuadro 7). Células costales distribuidas en hileras sobre los haces vasculares con el eje paralelo de acuerdo a la trayectoria de las venas; de forma rectangular o elípticas muy alargadas; de paredes anticlinales lineales; grosor de pared de dos a cinco μm en los tres cultivares (Cuadro 7); rebordes redondeados; largo celular de 86.8 a 112.2 μm y ancho de 15.3 a 16.9 μm (Cuadro 7).

Sección transversal.- Cutícula lisa, en general delgada, con un grosor de tres a ocho μm en los tres cultivares. Epidermis monoestratificada; células de forma obloide, con su eje longitudinal tangencialmente orientado; de paredes delgadas; largo celular de 20.7 a 29.8 μm y ancho de 34.1 a 37.4 μm (Cuadro 7).

Estomas.- Frecuentemente de tipo anomocítico y en menor proporción de tipo anisocítico; distribuidos de manera aleatoria, índice estomático de 16 a 20.9 (Cuadro 7), células oclusivas en forma de riñón; largo de 27 a 30.9 μm (Cuadro 7). Las paredes anticlinales de las células costales o intercostales en contacto con las paredes longitudinales de las células oclusivas forman pliegues, algunos no son evidentes en los cuatro cultivares. Estomas localizados por debajo del nivel de las células epidérmicas; con cámara subestomática conspicua.

Tricomas.- Glandulares, multicelulares y uniseriados, generalmente localizados sobre los márgenes de las células costales; formados por una a tres células del pie, tres a cinco células en su cuerpo principal y una glandular en posición terminal. Las células del pie se organizan a manera de roseta y tienen forma de domo. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada u obloide, la mayoría con paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la

célula terminal isodiamétrica. Los cultivares Africano y Guatemalteco con una o dos células en el pie, y el cultivar Mexicano de una a tres (Cuadro 7).

Epidermis abaxial

Vista superficial.- Diferenciada, en células intercostales y costales. Células intercostales de distribución aleatoria; de forma irregular alargada; de paredes anticlinales sinuosas; grosor de pared dos a cinco μm en los tres cultivares (Cuadro 7); rebordes redondeados. Células costales distribuidas en hileras sobre los haces vasculares, con el eje paralelo de acuerdo a la trayectoria de las venas; de forma rectangular o muy enlongadas; de paredes anticlinales lineales o ligeramente sinuosas; grosor de pared de dos a cinco μm en los tres cultivares (Cuadro 7); rebordes redondeados; largo celular de 129.3 a 155.4 μm y ancho de 15.9 a 20.2 μm (Cuadro 7).

Sección transversal.- Cutícula lisa con un grosor de tres a 10 μm en los tres cultivares. Epidermis monoestratificada; células de forma obloide; con su eje longitudinal tangencialmente orientado; de paredes delgadas; largo de 17.6 a 23 μm y ancho de 25.8 a 27.5 μm (Cuadro 7).

Estomas.- Frecuentemente de tipo anomocítico y en menor proporción de tipo anisocítico, distribuidos de manera aleatoria; índice estomático de 23 a 27.7 (Cuadro 7); células oclusivas de forma arriñonada; largo de 29.4 a 30.3 μm (Cuadro 7). Las paredes anticlinales de las células epidérmicas en contacto con las paredes longitudinales de las células oclusivas forman pliegues, en la superficie abaxial más grandes que en la adaxial (Cuadro 6). Estomas localizados al nivel de las células epidérmicas, con cámara subestomática conspicua.

Tricomas.- Similares a los observados en la epidermis adaxial. Formados por tres a 10 células en su cuerpo principal en los tres cultivares. Los cultivares Africano y Mexicano con una o dos células del pie y el cultivar Guatemalteco de una a tres (Cuadro 7).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Mesofilo

Sección transversal.- El mesofilo en su extremo adaxial esta formado por parénquima en empalizada, distribuido en uno o dos estratos celulares; células de forma enlongada, orientadas perpendicularmente respecto a la superficie de la hoja, muy compactadas entre sí, excepto al nivel de los estomas. Hacia la parte central del mesofilo se observan células de parénquima esponjoso de forma tabular, distribuidas en dos o tres estratos celulares, igualmente orientadas que las de empalizada pero más cortas o de forma obloide, este tejido más laxo comparado con el empalizada del extremo adaxial. En ambas zonas las células son de paredes delgadas; con abundantes cloroplastos pequeños respecto a los contenidos en las células de la vaina. En el cultivar

Guatemalteco, en algunos haces se observa un arreglo radial de células del mesofilo alrededor de la vaina (Cuadro 6). Hacia el extremo abaxial del mesofilo, justo encima de la epidermis abaxial se observan células parenquimáticas lobuladas; organizadas en un sólo estrato; de paredes delgadas; cloroplastos muy escasos y espacios aéreos muy abundantes.

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato de calcio en forma de drusas dentro de idioblastos, localizados en la región central del mesofilo entre algunos haces vasculares, su distribución es aleatoria; diámetro tangencial de drusas de 56.6 a 65.4 μm (Cuadro 7); también hay cristales de oxalato de calcio en forma de arenas, en algunas células parenquimáticas que están alrededor de los haces vasculares de menor orden.

TEJIDO VASCULAR

Vista superficial.- Hojas de margen entero, con venación simétrica y patrón de venación de tipo pinnado eucamptódromo; las venas de mayor orden constituyen redes y forman areolas sin un patrón de orientación definido. También se observan venas con terminaciones ciegas y cristales de oxalato de calcio en forma de drusas en el interior de la mayoría de las areolas. En el sistema vascular, los elementos xilemáticos generalmente tienen paredes secundarias con engrosamientos de tipo espiralado.

Sección transversal.- Haces vasculares localizados en la región central del mesofilo, son de tipo colateral, con floema en el extremo adaxial y xilema en el extremo abaxial. Floema, formado por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño. Xilema, formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción principal, fibras y células parenquimáticas, en los haces de orden menor. En los haces de orden mayor la diferenciación celular es inconspicua. El número de vasos por haz es de cuatro a siete (Cuadro 7).

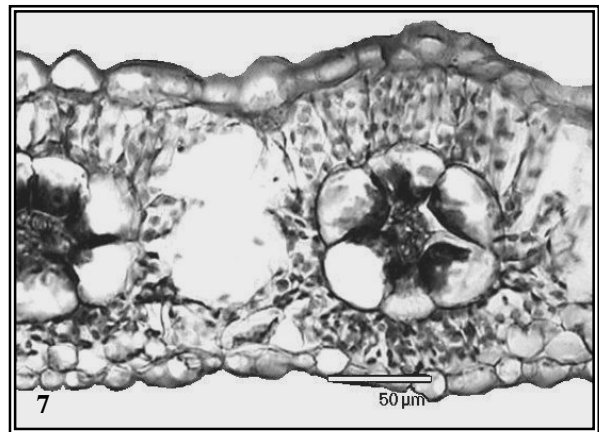
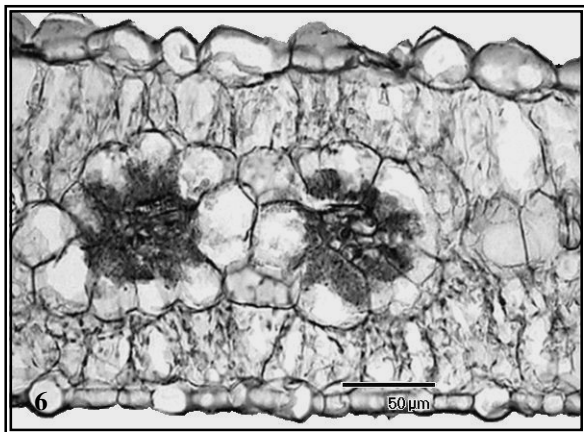
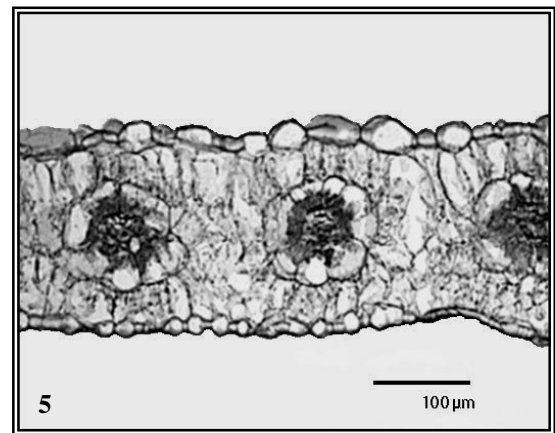
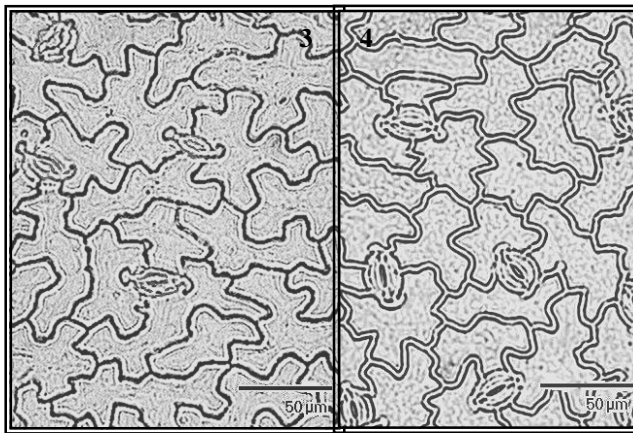
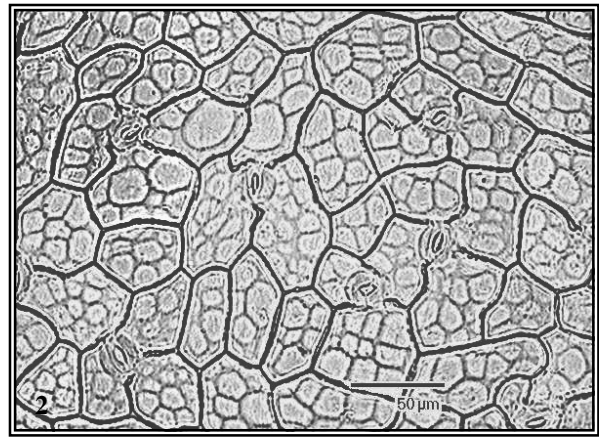
Vaina de los haces.- Alrededor y en contacto directo con los haces vasculares, se encuentran las células de la vaina. En los haces de orden mayor son completas, pero en los de orden menor, son incompletas o ausentes como en las venas secundarias de las tres cultivares. Células parenquimáticas de forma cuadrada o trapecoide; de paredes engrosadas; largo de 35.9 a 41.1 μm y ancho de 31.7 a 38 μm (Cuadro 7); cloroplastos abundantes; en posición centrípeta y de mayor tamaño que los observados en las células del mesofilo.

Cuadro 6. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V.S.) y sección transversal (S. T.) en **Lámina** Hoja de *A. cruentus*.

Carácter	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Forma de células intercostales adaxiales (V.S.)	Poligonales y algunas cuadradas	Poligonales, algunas cuadradas y otras de contorno irregular sin forma definida	Poligonales, algunas cuadradas y otras de contorno irregular sin forma definida
Forma de paredes anticlinales de células intercostales adaxiales (V.S.)	Lineales	Lineales y algunas ligeramente sinuosas	Lineales y algunas ligeramente sinuosas
Pliegues de extremos longitudinales de células oclusivas abaxiales (V.S.)	Todos evidentes	Algunos no evidentes	Algunos no evidentes
Distribución del mesófilo radial en algunos haces vasculares (S. T.)	Ausente	Evidente	Ausente

Cuadro 7. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en **Lámina** (Hoja) de *A. cruentus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S.T.)

CARÁCTER	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Grosor de la pared anticlinal de células costales adaxiales (V.S.)	2 - 5	2 - 4	2 - 4
Largo de células intercostales adaxiales (V.S.)	76.3 \pm 14.5 (57.5-112.5)	64.4 \pm 9.5 (47.5-80)	62.7 \pm 8.5 (45-77.5)
Ancho de células intercostales adaxiales (V.S.)	36.3 \pm 5.6 (27.5-47.5)	34.5 \pm 6.6 (25-50)	30.5 \pm 5.7 (20-45)
Grosor de la pared anticlinal de células intercostales adaxiales (V.S.)	2 - 5	2 - 4	2 - 4
Largo de células costales adaxiales (V.S.)	112.2 \pm 18.9 (80-152.5)	109.4 \pm 16.7 (75-137.5)	86.8 \pm 10 (67.5-102.5)
Ancho de células costales adaxiales (V.S.)	15.3 \pm 3.1 (10-22.5)	16.9 \pm 3 (12.5-22.5)	15.3 \pm 4 (10-22.5)
Grosor de la pared anticlinal de células costales abaxiales (V.S.)	2 - 5	2 - 3	2 - 3
Grosor de la pared anticlinal de células intercostales abaxiales (V.S.)	2 - 5	2 - 3	2 - 3
Largo de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	29.8 \pm 4.4 (22.5-37.5)	22.1 \pm 3.3 (17.5-27.5)	20.7 \pm 3.3 (15-25)
Ancho de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	37.4 \pm 5.5 (27.5-47.5)	35.1 \pm 5.1 (25-47.5)	34.1 \pm 7.7 (17.5-45)
Índice estomático adaxial (V.S.)	20.9 \pm 2.9 (14.3-27.7)	16 \pm 3.2 (10.4-24.7)	18.5 \pm 1.9 (15.8-22.4)
Largo de células oclusivas adaxiales (V.S.)	30.9 \pm 2.6 (25-35)	27 \pm 3.2 (22.5-35)	29.2 \pm 2 (25-32.5)
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V.S.)	1 - 2	1 - 2	1 - 3
Largo de células costales abaxiales (V.S.)	155.4 \pm 31.1 (72.5-210)	147.1 \pm 38.3 (97.5-222.5)	129.3 \pm 17.5 (97.5-177.5)
Ancho de células costales abaxiales (V.S.)	20.2 \pm 4.4 (12.5-27.5)	18.5 \pm 4 (12.5-30)	15.9 \pm 3.7 (10-25)
Largo de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	23 \pm 7 (15-45)	18.4 \pm 3.1 (12.5-25)	17.6 \pm 3.9 (12.5-25)
Ancho de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	27.5 \pm 6.5 (17.5-40)	27.4 \pm 3.9 (22.5-37.5)	25.8 \pm 5.4 (17.5-37.5)
Índice estomático abaxial (V.S.)	27.7 \pm 2.8 (21.4-33.8)	23 \pm 1.6 (19.2-25.6)	24.4 \pm 2.4 (19.2-28.6)
Largo de células oclusivas abaxiales (V.S.)	29.4 \pm 2.3 (25-35)	30.3 \pm 3.4 (25-37.5)	29.8 \pm 2.6 (25-35)
Número de células del pie en tricomas abaxiales (V.S.)	1 - 2	1 - 3	1 - 2
Diámetro tangencial de drusas (S.T.)	65.4 \pm 9.1 (42.5-77.5)	56.6 \pm 10.8 (27.5-77.5)	60.6 \pm 12 (32.5-82.5)
Número de vasos por haz vascular (S.T.)	5 \pm 1 (3-7)	7 \pm 2 (4-10)	4 \pm 1 (2-7)
Largo de las células de la vaina (S.T.)	41.1 \pm 4.2 (30-47.5)	37.2 \pm 4 (27.5-42.5)	35.9 \pm 3.5 (27.5-40)
Ancho de células de la vaina (S.T.)	38 \pm 5.2 (30-47.5)	33.4 \pm 5.4 (22.5-42.5)	31.7 \pm 5.4 (25-42.5)



Figuras 1,2 Vista superficial de epidermis adaxial de hoja. 3,4 Vista superficial epidermis abaxial de hoja. 1. Células epidérmicas de forma cuadrada y poligonal en *A. cruentus* Africano. 2. Células de forma cuadrada, poligonal y ligeramente sinuosas en *A. cruentus* Guatemalteco. 3. Pliegues en estomas de epidermis abaxial grandes y frecuentes en *A. cruentus* Africano. 4. Pliegues en epidermis abaxial pequeños y escasos en *A. cruentus* Mexicano. Figuras 5,6,7 lámina sección transversal. 5,6. mesófilo en empalizada adaxial, mesófilo tabular central y parénquima lobulado abaxial en *A. cruentus* Africano. 7. mesófilo radial en algunos haces vasculares de *A. cruentus* Guatemalteco

VENA MEDIA

TEJIDO DÉRMICO

Epidermis adaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas de forma rectangular, poligonales o poligonales alargadas; de paredes anticlinales lineales y engrosadas. En los cultivares Africano y Mexicano en la mayoría de las células los núcleos son visibles y en el cultivar Guatemalteco sólo en algunas células los núcleos son evidentes (Cuadro 8). Estomas ausentes.

Tricomas.- Multicelulares, uniseriados y glandulares; más abundantes que en la lámina; formados por una a cuatro células del pie, de dos a siete células en el cuerpo principal y una glandular en posición terminal. Las células del pie se organizan a manera de roseta y tienen forma de domo. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada o rectangular, la mayoría de paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la célula terminal isodiamétrica. El cultivar Africano con tres células del pie y los cultivares Guatemalteco y Mexicano de tres o cuatro (Cuadro 9).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de cinco a seis μm en los tres cultivares (Cuadro 9). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide, con su eje longitudinal tangencialmente orientado y algunas cuadradas; de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 15.2 a 18.2 μm y ancho de 21.8 a 24.4 μm (Cuadro 9).

Epidermis abaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas de forma rectangular o poligonal alargada; de paredes anticlinales lineales y engrosadas. En el cultivar Africano sólo en algunas células los núcleos son visibles, en el cultivar Guatemalteco en la mayoría de las células los núcleos son evidentes y en el cultivar Mexicano los núcleos no son visibles (Cuadro 8). Estomas inconspicuos.

Tricomas.- Similares a los observados en la epidermis adaxial. En los cultivares Africano y Guatemalteco con una a tres células del pie y el cultivar Mexicano de dos a cinco (Cuadro 9).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de tres a cinco μm , en los tres cultivares. Epidermis monoestratificada; células de forma obloide generalmente con su eje longitudinal tangencialmente orientado, algunas de manera radial; también se observan algunas cuadradas sobre el tejido que interrumpe el colénquima; de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 16 a 21.6 μm y ancho de 23.3 a 25.3 μm (Cuadro 9).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex:

Colénquima adaxial.- De tipo angular y continuo en los tres cultivares; formado por dos a cuatro estratos celulares (Cuadro 9), grosor total de 74.8 a 120 μm (Cuadro 9). Células de forma obloide, en los cultivares Africano y Guatemalteco, la mayoría con orientación radial o tangencial, algunas de forma isodiamétrica; en el cultivar Mexicano son de forma obloide, la mayoría con orientación tangencial y algunas radiales (Cuadro 8); largo celular de 33 a 41.8 μm y ancho de 21.1 a 27.2 μm (Cuadro 9).

Colénquima abaxial.- También de tipo angular y continuo en los tres cultivares; formado por tres a cinco estratos celulares (Cuadro 9); grosor total de 131 a 342 μm (Cuadro 9). En el cultivar Africano la mayoría son células de forma obloide orientadas tangencialmente y algunas de forma isodiamétrica; en el cultivar Guatemalteco la mayoría son células de forma obloide con orientación radial y algunas de forma isodiamétrica y en el cultivar Mexicano la mayoría son células de forma obloide orientadas radialmente, algunas tangenciales y algunas de forma isodiamétrica (Cuadro 8); largo celular de 24.2 a 32.1 μm y ancho de 17 a 23.2 μm (Cuadro 9).

El resto del córtex esta formado por tejido parenquimático. En los cultivares Africano y Guatemalteco células de forma elíptica alargada y en el cultivar Mexicano de contorno irregular sin forma definida; con orientación tangencial, excepto el estrato celular externo orientado radialmente (Cuadro 8). Células de paredes delgadas; largo de 76 a 107.4 μm y ancho de 49.7 a 82.1 μm (Cuadro 9).

Paréquima interfascicular

Por de debajo del córtex se observan segmentos de tejido interfascicular formados por células parenquimáticas; orientadas radialmente; de forma elíptica o elíptica alargada; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las células parenquimáticas del córtex.

Médula.- Formada por células de tipo parenquimático; de forma elíptica; con orientación aleatoria, de paredes delgadas y de mayor tamaño que en el córtex, largo celular de 51.8 a 91.3 μm y ancho de 38.4 a 67.4 μm (Cuadro 9).

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato de calcio en forma de arenas en algunas células del córtex y médula, en algunas células colenquimáticas externas al floema y dentro de algunas células del parénquima floemático. En los cultivares Africano y Mexicano las células parenquimáticas del xilema con cristales de arena son más frecuente que en el cultivar

Guatemalteco (Cuadro 8). En el cultivar Guatemalteco, algunos cristales en forma de arena, se agrupan de tal forma que dan apariencia de formar cristales de mayor tamaño (Cuadro 8).

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- Formado por haces vasculares independientes; localizados por debajo del córtex; son de tipo colateral la mayoría con floema exarca y xilema endarca. En el cultivar Africano se distribuyen formando un arco y en los cultivares Guatemalteco y Mexicano en forma de anillo (Cuadro 8). El número de haces es variable entre los cultivares, por el anastomosamiento y divergencia dentro de la hoja, desde la base hasta el ápice de la misma; en el cultivar Africano hay de tres a cinco, en el cultivar Guatemalteco de once a 15, tres de ellos medulares y en el cultivar Mexicano de seis a ocho, uno de ellos es medular.

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo; con dos regiones, una externa formada por tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

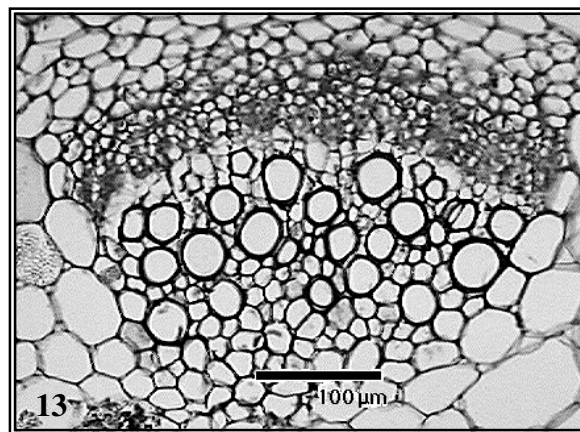
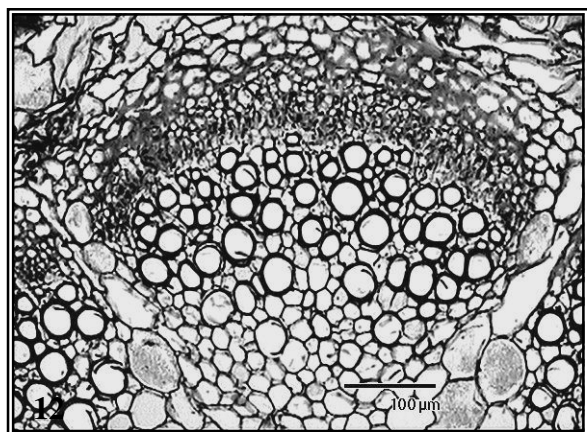
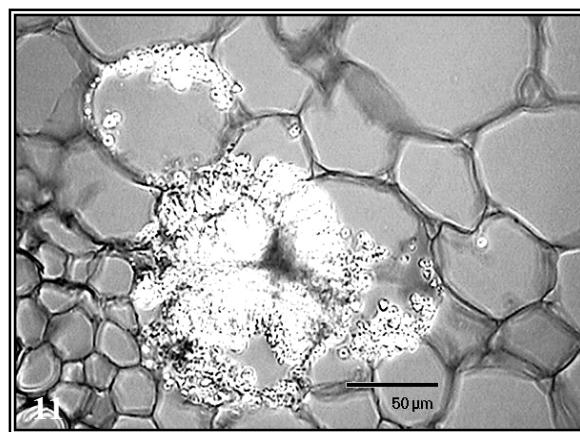
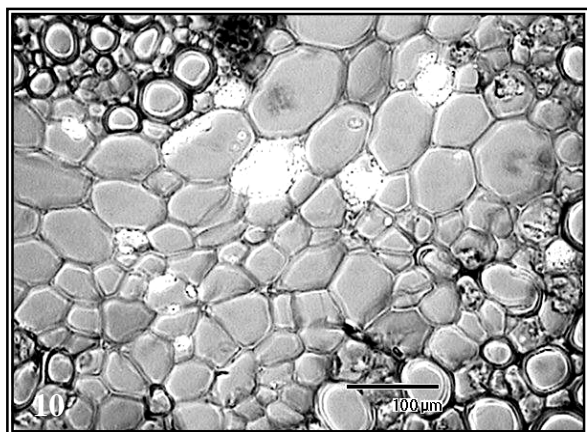
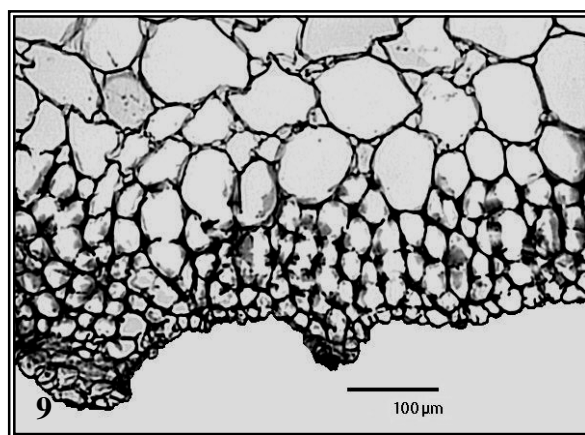
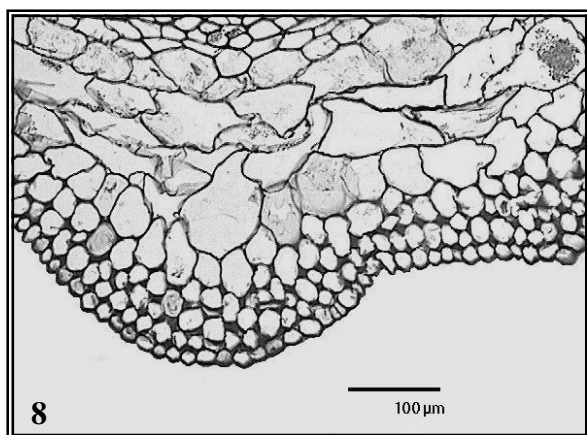
Xilema.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción y células parenquimáticas de paredes ligeramente engrosadas. El número de vasos por haz es de 29 a 62 (Cuadro 9), vasos con diámetro tangencial de 44 a 46.9 μm (Cuadro 9) y grosor de pared de seis a siete μm en los tres cultivares (Cuadro 9). Las ornamentaciones de las paredes secundarias de los elementos de vaso son: con engrosamientos de tipo helicoidal, largo de 181.5 a 208.7 μm (Cuadro 9). Con Punteadura de tipo pseudoescalariforme; son de dos tamaños, los pequeños con largo de 131.1 a 147.5 μm (Cuadro 9), y los grandes con largo de 172.8 a 215.1 μm (Cuadro 9). En los extremos de cada elemento de vaso se observó una placa terminal con perforación simple, con un ángulo de inclinación de 45° frecuentes en el cultivar Mexicano y escasos en los cultivares Africano y Guatemalteco; menor 45° abundantes y de 90° escasos en los tres cultivares (Cuadro 8).

Cuadro 8. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Vena media** de *A. cruentus*.

Carácter	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Células epidérmicas adaxiales con núcleos visibles(V.S.)	En la mayoría	En la mayoría	En algunas
Células epidérmicas abaxiales con núcleos visibles (V.S.)	En algunas	En la mayoría	No son visibles
Forma de las células de colénquima adaxial (S. T.)	Obloide e isodiamétrica	Obloide e isodiamétrica	Obloide
Orientación de células obloides de colénquima adaxial (S. T.)	Radial y Tangencial	Radial y Tangencial	Radial y algunas tangenciales
Forma de las células de colénquima abaxial (S. T.)	Obloide e isodiamétrica	Obloide e isodiamétrica	Obloide y algunas isodiamétrica
Orientación de células obloides de colénquima abaxial (S. T.)	Tangencial	Radial	Radial y algunas tangenciales
Forma de las células parenquimáticas del córtex (S. T.)	Elíptica alargada	Elíptica alargada	Contorno irregular sin forma definida
Células parenquimáticas del xilema con cristales en forma arena en (S. T.)	Frecuentes	Escasas	Frecuentes
Cristales de oxalato de calcio en forma de arena agrupados (S. T.)	Ausentes	Evidentes	Ausentes
Distribución de haces vasculares	Arco	Anillo	Anillo
Ángulo de inclinación de placa terminal en elementos de vaso (S. T.)	45° escasos <45° abundantes 90° escasos	45° escasos <45° abundantes 90° escasos	45°frecuentes <45° abundantes 90° escasos

Cuadro 9. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en la **Vena media** (Hoja) de *A. cruentus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.)

CARÁCTER	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V.S.)	3	3 - 4	3 - 4
Grosor de cutícula adaxial (S. T.)	4.6 \pm 1.6 (2.5-7.5)	5.6 \pm 1.5 (2.5-10)	5.8 \pm 1.2 (5-7.5)
Largo de células epidérmicas adaxiales (S. T.)	15.2 \pm 2.5 (12.5-22.5)	17.6 \pm 3.9 (12.5-25)	18.2 \pm 2.7 (12.5-22.5)
Ancho de células epidérmicas adaxiales (S. T.)	22.2 \pm 4.5 (17.5-35)	21.8 \pm 5.4 (15-35)	24.4 \pm 4.7 (15-32.5)
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V.S.)	1 - 3	1 - 3	2 - 5
Largo de células epidérmicas abaxiales (S. T.)	18.7 \pm 2.2 (15-22.5)	16 \pm 1.4 (15-20)	21.6 \pm 2.7 (17.5-25)
Ancho de células epidérmicas abaxiales (S. T.)	24.7 \pm 6.1 (17.5-37.5)	23.3 \pm 4.1 (15-30)	25.3 \pm 3.6 (17.5-30)
Número de estratos de colénquima adaxial (S. T.)	2.4 \pm 0.7 (1-4)	3.6 \pm 0.9 (2-5)	2.7 \pm 0.8 (1-4)
Grosor de colénquima adaxial (S. T.)	76.1 \pm 14.5 (42.5-102.5)	120 \pm 23.6 (82.5-167.5)	74.8 \pm 11.9 (55-102.5)
Largo de células de colénquima adaxial (S. T.)	33 \pm 6.7 (20-50)	41.8 \pm 11.6 (27.5-80)	38.2 \pm 6.6 (27.5-52.5)
Ancho de células de colénquima adaxial (S. T.)	21.1 \pm 3.8 (15-30)	27.2 \pm 4.8 (20-37.5)	27 \pm 5.5 (17.5-42.5)
Número de estratos de colénquima abaxial (S. T.)	2.8 \pm 0.4 (2-3)	4.6 \pm 0.6 (4-6)	3.6 \pm 0.5 (3-4)
Grosor de colénquima abaxial (S. T.)	131 \pm 14 (110-160)	342 \pm 27 (300-400)	183 \pm 14.2 (160-200)
Largo de células de colénquima abaxial (S. T.)	24.2 \pm 3.7 (15-30)	32.1 \pm 4.3 (25-40)	29.5 \pm 3.1 (22.5-35)
Ancho de células de colénquima abaxial (S. T.)	17 \pm 3.1 (12.5-22.5)	23.2 \pm 3.1 (17.5-27.5)	23 \pm 2.8 (20-30)
Largo de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	76.7 \pm 20 (52.5-125)	107.4 \pm 20.5 (62.5-143)	76 \pm 14.4 (50-110)
Ancho de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	53.6 \pm 11.3 (37.5-77.5)	82.1 \pm 18.2 (55-123)	49.7 \pm 10.4 (30-67.5)
Largo de células parenquimáticas medulares (S. T.)	51.8 \pm 11.7 (32.5-75)	91.3 \pm 14.6 (45-100)	70.3 \pm 13.2 (52.5-110)
Ancho de células parenquimáticas medulares (S. T.)	38.4 \pm 9.2 (22.5-55)	67.4 \pm 15 (45-100)	49 \pm 10.5 (25-77.5)
Número de vasos por haz vascular (S. T.)	51.8 \pm 11.3 (32-70)	28.7 \pm 3.3 (22-33)	61.6 \pm 16.4 (43-97)
Diámetro tangencial de vasos (S. T.)	44 \pm 2.8 (37.5-47.5)	46.9 \pm 3.3 (40-52.5)	44 \pm 3.5 (40-52.5)
Grosor de la pared de los vasos (S. T.)	5.7 \pm 1.1 (5-7.5)	5.5 \pm 1 (5-7.5)	7.2 \pm 1.7 (5-10)
Largo de elementos de vaso con engrosamientos helicoidales (S. T.)	192.8 \pm 45.9 (107.5-250)	208.7 \pm 50.9 (117.5-325)	181.5 \pm 27.9 (132.5-232.5)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura pseudoescalariforme (S. T.)	131.1 \pm 11.1 (110-147.5)	147.5 \pm 18.4 (105-170)	141.6 \pm 15.1 (107.5-170)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura pseudoescalariforme (S. T.)	172.8 \pm 25.1 (150-250)	202.9 \pm 22.5 (172.5-245)	215.1 \pm 32.6 (175-295)



Figuras 8-13, Vena media sección transversal. 8. Colénquima abaxial con menor engrosamiento y número de estratos en *A. cruentus* Africano. 9. Colénquima abaxial con mayor engrosamiento y número de estratos en *A. cruentus* Guatemalteco. 10. Cristales de oxalatos de calcio en forma de arena en córtex y médula en *A. cruentus* Africano. 11. Cristales de oxalatos de calcio en forma de arena algunos de estos agrupados en córtex y médula en *A. cruentus* Guatemalteco. 12. Haz vascular con un mayor número de vasos en *A. cruentus* Mexicano. 13. Haz vascular con un menor número de vasos en *A. cruentus* Guatemalteco.

PECÍOLO

TEJIDO DÉRMICO

Epidermis adaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas de forma rectangular, rectangular alargada y poligonales en los tres cultivares; de paredes anticlinales lineales y engrosadas; en los cultivares Africano y Guatemalteco con núcleos celulares visibles y en el cultivar Mexicano los núcleos celulares son inconspicuos (Cuadro 10). En los cultivares Africano y Mexicano estomas conspicuos de tipo anomocítico y en el cultivar Guatemalteco carece de estomas (Cuadro 10).

Tricomas.- Multicelulares, uniseriados y glandulares; más abundantes que en lámina; formados por una a cinco células del pie, de una a cinco en su cuerpo principal y una glandular en posición terminal. Las células del pie se organizan a manera de roseta y tienen forma de domo. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada y obloide, la mayoría con paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la célula terminal isodiamétrica. El cultivar Africano con una a tres células del pie, el cultivar Guatemalteco hasta cuatro, y en el cultivar Mexicano de dos a cinco (Cuadro 11).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de tres a cinco μm , en los tres cultivares. Epidermis monoestratificada; células de forma obloide con su eje longitudinal orientado tangencialmente y algunas cuadradas; en general de paredes periclinales engrosadas. En los cultivares Africano y Guatemalteco las células cuadradas son más grandes que el resto de las células epidérmicas (Cuadro 10); largo celular de 16.7 a 19 μm y ancho de 23.8 a 24.9 μm (Cuadro 11).

Epidermis abaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas de forma rectangular, algunas rectangulares alargadas y algunas poligonales en la especie; de paredes anticlinales lineales y engrosadas; en el cultivar Africano en algunas células los núcleos son evidentes, en el cultivar Guatemalteco son evidentes en la mayoría y en el cultivar Mexicano no son evidentes (Cuadro 10). En los cultivares Africano y Guatemalteco los estomas son inconspicuos y en el cultivar Mexicano son conspicuos de tipo anomocítico (Cuadro 10).

Tricomas.- Similares a los observados en la epidermis adaxial; formados por cinco a ocho células en su cuerpo principal. El cultivar Africano con una a tres células del pie, en el cultivar Guatemalteco de una a cuatro y en el cultivar Mexicano de dos a cinco (Cuadro 11).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de cuatro a seis μm en los tres cultivares (Cuadro 11). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide con su eje longitudinal orientado tangencialmente y algunas cuadradas sobre el tejido que interrumpe el colénquima; de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 14.9 a 21.9 μm y ancho de 19.6 a 27.1 μm (Cuadro 11).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex:

Colénquima adaxial.- De tipo angular, continuo en los tres cultivares, formado por cuatro o cinco estratos celulares (Cuadro 11); grosor total de 276.8 a 289.4 μm (Cuadro 11). En el cultivar Africano células de forma obloide, con orientación radial o tangencial y algunas de forma isodiamétrica; en el cultivar Guatemalteco células de forma obloide, el estrato más externo con orientación tangencial y el resto de manera radial, algunas de forma isodiamétricas; en el cultivar Mexicano la mayoría son células obloides orientadas radialmente y otras de manera tangencial, algunas de forma isodiamétrica (Cuadro 10); largo celular de 36 a 39.8 μm y ancho de 24.3 a 30.6 μm (Cuadro 11).

Colénquima abaxial.- De tipo angular y discontinuo en los tres cultivares, el cultivar Mexicano con interrupciones menos frecuentes; formado por cuatro a siete estratos celulares (Cuadro 11); grosor total de 188 a 281 μm (Cuadro 11). En el cultivar Africano algunas células son de forma obloide con orientación radial, la mayoría son de forma isodiamétrica; en el cultivar Guatemalteco algunas células son obloides con orientación tangencial, la mayoría son de forma isodiamétrica; en el cultivar Mexicano la mayoría son células obloides con orientación radial y otras tangenciales, algunas de forma isodiamétrica (Cuadro 10), largo celular de 30.4 a 36.4 μm y ancho de 20.5 a 26.5 μm (Cuadro 11).

El resto del córtex lo forman células de tipo parenquimático. En los cultivares Africano y Guatemalteco son de forma obloide, y en el cultivar Mexicano células de contorno irregular sin forma definida (Cuadro 10). En el cultivar Guatemalteco la mayoría de células con orientación tangencial y algunas radial; en los cultivares Africano y Mexicano el estrato más externo y las que interrumpen el colénquima se orientan radialmente, el resto con orientación tangencial (Cuadro 10). Células de paredes delgadas, largo de 89.9 a 118.5 μm y ancho de 51.8 a 94.7 μm (Cuadro 11).

Paréquima interfascicular

Por debajo del córtex se observan segmentos de tejido interfascicular formados por células parenquimáticas; orientadas radialmente; de forma elíptica o elíptica alargada; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las células parenquimáticas del córtex.

Médula.- Formada por células parenquimáticas. En el cultivar Africano son de forma elíptica, algunas de forma irregular, en el cultivar Guatemalteco son de forma elíptica y en el cultivar Mexicano son de forma irregular (Cuadro 10). Células orientadas de manera aleatoria; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las del córtex; largo celular de 116.5 a 159.4 μm y ancho de 71.2 a 120.3 μm (Cuadro 11).

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales oxalato de calcio en forma de arenas en algunas células del córtex y médula, en algunas células colenquimáticas externas al floema y en algunas parenquimáticas del floema. También, en los cultivares Africano y Guatemalteco en algunas células parenquimáticas del xilema (Cuadro 10). En los cultivares Africano y Mexicano algunos cristales en forma de arena, agrupados dando la apariencia de formar cristales de mayor tamaño (Cuadro 10).

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- Organizado en haces vasculares independientes; localizados por debajo del córtex; son de tipo colateral, con floema exarca y xilema endarca. En los cultivares Africano y Mexicano se distribuyen formando casi un anillo y en el cultivar Guatemalteco en forma de arco (Cuadro 10). El número de haces es variable entre los cultivares, por el anastomosamiento a lo largo de su trayectoria acropetala al interior de la vena media. En los cultivares Africano y Mexicano hay de 15 a 19 y en el cultivar Guatemalteco de 12 a 14 (Cuadro 11). En los cultivares Guatemalteco y Mexicano en la región adaxial del arco o anillo respectivamente, se observan de uno a dos haces con arreglo diferente, rodeados por un estrato incompleto de células de la vaina y de una a dos estratos incompletos de parenquima en empalizada; las células de la vaina con abundantes cloroplastos con distribución centrípeta y las células en empalizada distribuidos de manera uniforme.

Floema.- Una paquete por haz vascular en forma de domo, con dos regiones, una externa, formada por tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

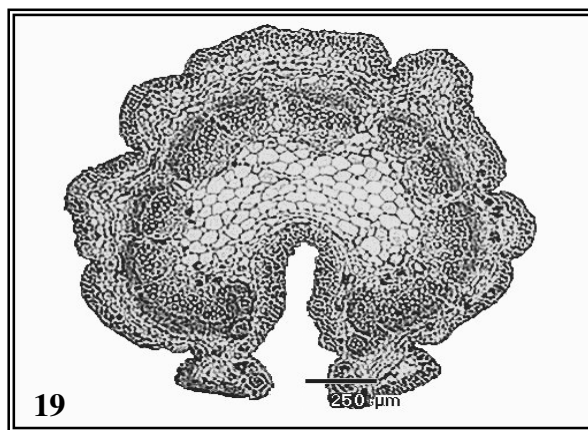
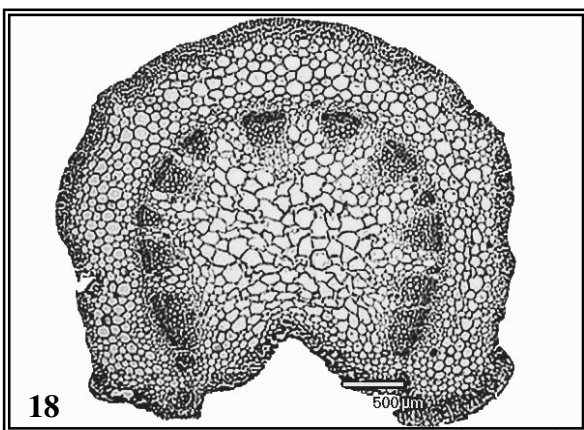
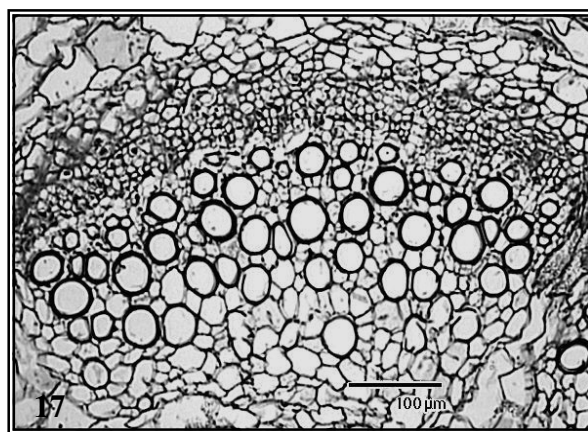
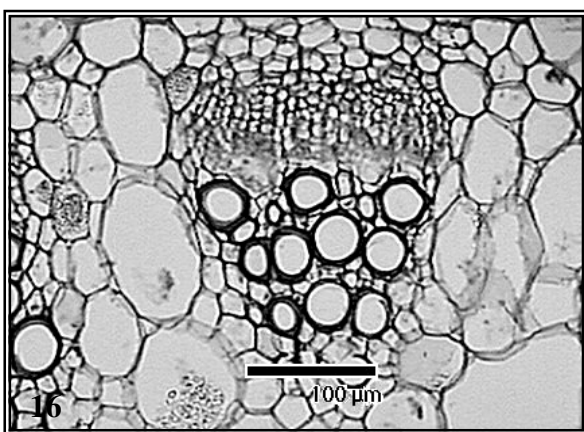
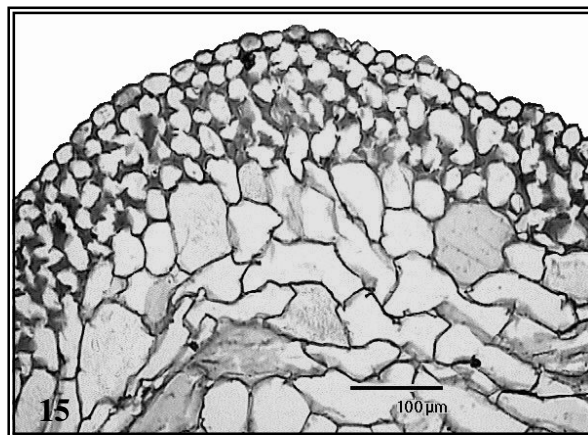
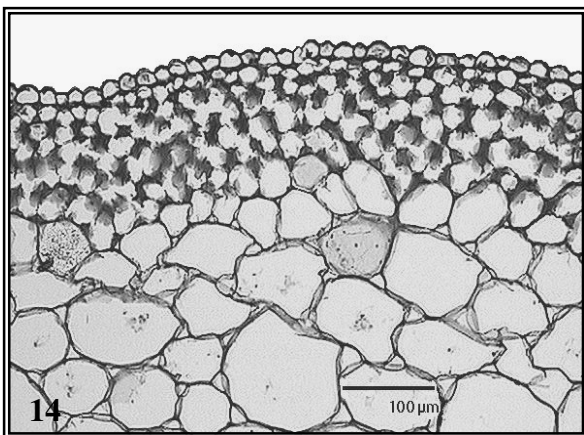
Xilema.- Formado por traqueidas y vasos como principales elementos de conducción y células parenquimáticas de paredes ligeramente engrosadas. El número de vasos por haz es de 25 a 48 (Cuadro 11); diámetro tangencial de vasos de 49.2 a 49.7 μm (Cuadro 11) y grosor de pared de seis a siete μm en los tres cultivares (Cuadro 11). Las ornamentaciones de las paredes secundarias de los elementos de vaso son: con engrosamientos de tipo helicoidal, largo de 268 a 341.6 μm (Cuadro 11). Los elementos con Punteadura de tipo pseudoescalariforme, son de dos tamaños: los pequeños con largo de 146.8 a 177.3 μm (Cuadro 11) y los grandes el largo es de 207.9 a 224.1 μm (Cuadro 11). Y los elementos de punteadura bordeada de tipo alterna, también estos elementos son de dos tamaños, los pequeños con largo de 134.1 a 139.7 μm (Cuadro 11) y los grandes el largo es de 196.5 a 202.9 μm (Cuadro 11). En los extremos de cada elemento de vaso se observó una placa terminal con perforación simple; con ángulo de inclinación de 45° escasos en los tres cultivares; menor 45° frecuentes en los tres cultivares y de 90° frecuentes en los cultivares Africano y Guatemalteco y escasos en el cultivar Mexicano (Cuadro 10).

Cuadro 10. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Peciole** de *A. cruentus*.

Carácter	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Células epidérmicas adaxiales con núcleos (V. S.)	Evidentes	Evidentes	No evidentes
Estomas en epidérmis adaxial (V. S.)	Conspicuos, de tipo anomocítico	Conspicuos, de tipo anomocítico	Ausentes
Tamaño de células epidérmicas adaxiales (S. T.)	Cuadradas más grandes que obloides	Cuadradas más grandes que obloides	Cuadradas y obloides de tamaño similar
Células epidérmicas abaxiales con núcleos visibles (V. S.)	Algunas	La mayoría	No visibles
Estomas en epidérmis abaxial (V. S.)	Inconspicuos	Inconspicuos	Conspicuos de tipo anomocítico
Orientación de células obloides de colénquima Adaxial (S. T.)	Radial y tangencial	Estrato externo tangencial y el resto radial	La mayoría radial, Algunas tangenciales
Forma de células obloides de colénquima Abaxial (S. T.)	La mayoría isodiamétricas y algunas obloides	La mayoría isodiamétricas y algunas obloides	La mayoría obloides y algunas isodiamétricas
Orientación de células de colénquima Abaxial (S. T.)	Radiales	Tangenciales	La mayoría radial, Algunas tangenciales
Forma de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	Obloides	Obloides	Irregulares sin forma definida
Orientación de células parenquimáticas del cortex (S. T.)	Tangenciales y algunas radiales	Tangenciales, el estrato más externo e interrupciones de colénquima radiales	Tangenciales, el estrato más externo e interrupciones de colénquima radiales
Forma de células de la medula	Elípticas y algunas irregulares sin forma definida	Elípticas	Irregulares sin forma definida
Células parenquimáticas del xilema con cristales de oxalato de calcio en forma arena en (S. T.)	Evidentes	Evidentes	Ausentes
Cristales en forma de arena agrupados (S. T.)	Evidentes	Ausentes	Evidentes
Distribución de haces vasculares (S. T.)	Casi un anillo	arco	Casi un anillo
Ángulo de inclinación de placas terminales en elementos de vaso (S. T.)	45° escasos 90° frecuentes <45° frecuentes	45° escasos 90° frecuentes <45° frecuentes	45° escasos 90° escasos <45° frecuentes

Cuadro 11. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en el **Peciolo** (Hoja) de *A. cruentus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.).

CARÁCTER	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V. S.)	1 - 3	1 - 4	2 - 5
Largo de células epidérmicas adaxiales (S. T.)	16.7 \pm 2.6 (12.5-22.5)	19 \pm 3.6 (12.5-27.5)	17.9 \pm 2.9 (12.5-25)
Ancho de células epidérmicas adaxiales (S. T.)	23.8 \pm 5.1 (15-35)	24.9 \pm 8.1 (15-52.5)	24.4 \pm 4.6 (15-32.5)
Número de células del pie en tricomas abaxiales (V. S.)	1 - 3	2 - 5	2 - 5
Grosor de cutícula abaxial (S. T.)	4.7 \pm 1.3 (2.5-7.5)	6 \pm 1.8 (2.5-7.5)	4.1 \pm 1.23 (2.5-5)
Largo de células epidérmicas abaxiales (S. T.)	14.9 \pm 3.4 (10-20)	21.9 \pm 5.1 (15-30)	16.1 \pm 3.6 (10-22.5)
Ancho de células epidérmicas abaxiales (S. T.)	20 \pm 3.5 (15-27.5)	27.1 \pm 6.7 (17.5-42.5)	19.6 \pm 4 (12.5-27.5)
Número de estratos de colénquima adaxial (S. T.)	4.2 \pm 0.7 (3-6)	4.5 \pm 0.6 (4-6)	4 \pm 0.7 (3-5)
Grosor de colénquima adaxial (S. T.)	285.2 \pm 51.5 (200-395)	289.4 \pm 42.6 (200-350)	276.8 \pm 35.8 (200-340)
Largo de células de colénquima adaxial (S. T.)	36 \pm 5.9 (27.5-47.5)	39.8 \pm 7.4 (27.5-55)	38 \pm 6.3 (27.5-52.5)
Ancho de células de colénquima adaxial (S. T.)	26.1 \pm 5.2 (17.5-37.5)	30.6 \pm 5.4 (20-42.5)	24.3 \pm 3.9 (17.5-30)
Número de estratos de colénquima abaxial (S. T.)	4.3 \pm 0.5 (3-5)	4.3 \pm 0.6 (3-5)	6.7 \pm 0.6 (6-8)
Grosor de colénquima abaxial (S. T.)	188 \pm 34.8 (145-250)	262 \pm 27.8 (225-320)	281 \pm 27 (225-325)
Largo de células de colénquima abaxial (S. T.)	30.4 \pm 4.3 (22.5-37.5)	36.4 \pm 5.2 (27.5-47.5)	33.4 \pm 5.3 (25-42.5)
Ancho de células de colénquima abaxial (S. T.)	20.5 \pm 3.2 (15-27.5)	26.5 \pm 3 (22.5-32.5)	24.5 \pm 4 (17.5-30)
Largo de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	105.8 \pm 25.3 (52.5-147.5)	118.5 \pm 27.4 (67.5-167.5)	89.9 \pm 14.4 (55-117.5)
Ancho de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	68.4 \pm 15.4 (40-112.5)	94.7 \pm 21.9 (57.5-142.5)	51.8 \pm 11.9 (37.5-75)
Largo de células parenquimáticas medulares (S. T.)	116.5 \pm 33 (72.5-222.5)	159.4 \pm 44.6 (75-225)	146.8 \pm 23.6 (92.5-200)
Ancho de células parenquimáticas medulares (S. T.)	71.2 \pm 13.3 (50-102)	120.3 \pm 34.1 (65-180)	92.3 \pm 18.8 (62.5-145)
Número de vasos por haz vascular (S. T.)	26.7 \pm 4.9 (19-37)	25.1 \pm 8.7 (11-44)	48.4 \pm 10 (33-67)
Diámetro tangencial de vasos (S. T.)	49.2 \pm 3 (42.5-52.5)	49.2 \pm 2.7 (45-55)	49.7 \pm 3.9 (42.5-57.5)
Grosor de la pared de los vasos (S. T.)	6.2 \pm 1.5 (5-10)	5.6 \pm 1.1 (5-7.5)	6.7 \pm 1.6 (5-10)
Largo de elementos de vaso con engrosamiento helicoidal (S. T.)	268 \pm 84.4 (110-400)	341.6 \pm 57.6 (250-500)	321.4 \pm 56.1 (215-445)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura pseudoescalariforme (S. T.)	177.3 \pm 24 (130-202.5)	155.3 \pm 13.5 (125-175)	146.8 \pm 16.6 (125-175)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura pseudoescalariforme (S. T.)	224.1 \pm 19.8 (202.5-275)	207.9 \pm 22.4 (175-250)	209.5 \pm 25.1 (177.5-265)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura bordeada de tipo alterna (S. T.)	139.7 \pm 18.2 (102.5-172.5)	134.1 \pm 17.5 (97.5-162.5)	138.2 \pm 13.5 (105-157.5)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura bordeada de tipo alterna (S. T.)	202.5 \pm 21.6 (175-247.5)	202.9 \pm 23.2 (167.5-260)	196.5 \pm 31.2 (160-280)



Figuras 14-19, Peciolo sección transversal. 14. Células parenquimáticas del córtex de forma obloide en *A. cruentus* Guatemalteco. 15. Células parenquimáticas del córtex de forma irregular en *A. cruentus* Mexicano. 16. Haz vascular pequeño con un menor número de vasos en *A. cruentus* Guatemalteco. 17. Haz vascular grande con un mayor número de vasos en *A. cruentus* Mexicano. 18. Tejido vascular formando un arco en *A. cruentus* Guatemalteco. 19. Tejido vascular formando un anillo en *A. cruentus* Mexicano.

TALLO

TEJIDO DÉRMICO

Vista superficial.- Células epidérmicas de forma rectangular o poligonal, algunas de ellas alargadas; de paredes anticlinales lineales y engrosadas. En los cultivares Africano y Guatemalteco en la mayoría con núcleos celulares visibles y en el cultivar Mexicano sólo en algunas células son visibles (Cuadro 12). En los cultivares Africano y Mexicano estomas conspicuos de tipo anomocítico y en el cultivar Guatemalteco son inconspicuos (Cuadro 12).

Tricomas.- Multicelulares, uniseriados y glandulares; de distribución aleatoria y muy escasos; formados por una a cinco células del pie, de tres a siete en su cuerpo principal y una en posición terminal. Las células del pie son en forma de domo y se organizan a manera de roseta. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada y obloide, la mayoría con paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la célula terminal isodiamétrica. En los cultivares Africano y Guatemalteco con una a tres células del pie y en el cultivar Mexicano de dos a cinco (Cuadro 13).

Sección transversal.- Contorno irregular. Cutícula lisa, con un grosor de cuatro a seis μm en los tres cultivares (Cuadro 13). Epidermis monoestratificada, células de forma obloide con su eje longitudinal tangencialmente orientado o algunas cuadradas sobre las interrupciones del colénquima subyacente. En el cultivar Africano se observan fracciones de peridérmis derivadas del córtex interno; formada por cuatro a seis estratos de células de forma rectangular o irregular; de paredes ligeramente suberizadas y felema poco desarrollado; felodérmis y felógeno inconspicuos; en los cultivares Guatemalteco y Mexicano la peridérmis está ausente (Cuadro 12). Células de paredes periclinales tangenciales externas más engrosadas que las internas; largo celular de 18 a 23.5 μm y ancho de 25.5 a 32.4 μm (Cuadro 13).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex:

Colénquima.- De tipo angular y discontinuo; formado por ocho o nueve estratos celulares (Cuadro 13); grosor total de 181.5 a 241.2 μm (Cuadro 13). Células de forma obloide, con orientación tangencial, algunas de manera radial o de forma isodiamétrica; largo celular de 27.2 a 40.2 μm y ancho de 24.2 a 36.8 μm de (Cuadro 13).

El resto del córtex lo forman células parenquimáticas de forma elíptica alargada con orientación tangencial, de paredes delgadas. Células que interrumpen el colénquima más pequeñas y con

abundantes espacios aéreos; en el cultivar Africano algunas con orientación radial (Cuadro 12); largo celular de 103 a 135.9 μm y ancho de 58.6 a 78.5 μm (Cuadro 13).

Tejido conjuntivo

Periférico.- Formado por segmentos de tejido interfascicular de tipo parenquimático con células de paredes secundarias con diferentes grados de lignificación; grosor total de 240 a 579.2 μm (Cuadro 13); Estas células parcialmente lignificadas forman de 17 a 22 estratos en los tres cultivares (Cuadro 13); son de forma cuadrada u obloide orientadas radialmente; diámetro radial de 26.1 a 30.1 μm y diámetro tangencial de 19.4 a 20 μm (Cuadro 13).

Interno.- Formado por segmentos de tejido interfascicular y bandas de tejido tangencial entre los anillos, poco definidas; ambos formados por células parenquimáticas. Células orientadas aleatoriamente; de forma elíptica y elíptica alargada; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las células parenquimáticas del córtex.

Médula.- Formada por células parenquimáticas; de forma elíptica y elíptica alargada; orientadas de manera aleatoria; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las del córtex; largo celular de 164.6 a 180.3 μm y de ancho 143.6 a 172.5 μm (Cuadro 13).

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato de calcio en forma de arenas, en algunas células del córtex y médula. En los cultivares Africano y Mexicano en algunas células de colénquima externo al floema y en el cultivar Guatemalteco muy escasos en algunas células del colénquima externo al floema y parénquima floemático (Cuadro 12). También se observan en algunas células parenquimáticas del xilema.

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- El sistema vascular se desarrolla a partir de un crecimiento secundario con variante cambial de tipo "Cambium sucesivo", el cual esta construido por anillos concéntricos alternantes de haces vasculares independientes.

Anillo vascular periférico

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo, poco desarrollado y formado por dos regiones, una externa ligeramente colapsada con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema secundario.- Formado por vasos y traqueidas como elementos de conducción y fibras. El número de vasos por haz es de cinco a 11, diámetro tangencial de vasos de 51 a 61 μm (Cuadro

13) y grosor de pared es de cuatro a cinco μm en los tres cultivares (Cuadro 13). Los patrones de ornamentación intervascular de las paredes secundarias de los elementos de vaso son: de tipo pseudoescalariforme, escasos en el cultivar Guatemalteco y frecuentes en los cultivares Africano y Mexicano (Cuadro 12), elementos con largo de 200 a 520 μm (Cuadro 13). Y los de punteadura bordeada de tipo alterna frecuentes en los tres cultivares (Cuadro 12), son de dos tamaños: los pequeños con largo de 192.4 a 206.8 μm (Cuadro 13) y los grandes con largo de 266.4 a 293.6 μm (Cuadro 13). Los patrones de ornamentación de las paredes secundarias de los elementos de vaso a parénquima en general son puntaduras de tipo simple y más grandes que las intervasculares. En los extremos de cada elemento de vaso se observó una placa terminal con perforación simple, con un ángulo de inclinación de 45° y de 90° escasos, y menor de 45° abundantes en los tres cultivares. Fibras principalmente de tipo libriforme, de longitud muy variable, nucleadas, algunas septadas, paredes muy lignificadas con punteaduras simples y los extremos ahusados; con diámetro radial de 21.8 a 27.2 μm (Cuadro 13), diámetro tangencial de 13.3 a 16.6 μm (Cuadro 13); grosor de pared de tres a seis μm en la especie (Cuadro 13); largo de 844.8 a 995.1 μm (Cuadro 13).

Anillos vasculares internos

Formados por haces de tipo colateral, con floema exarca y xilema endarca; distribuidos en cuatro a seis anillos poco definidos; cada anillo separado uno del otro por tejido conjuntivo tangencial.

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo, formado por dos regiones, una externa, con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

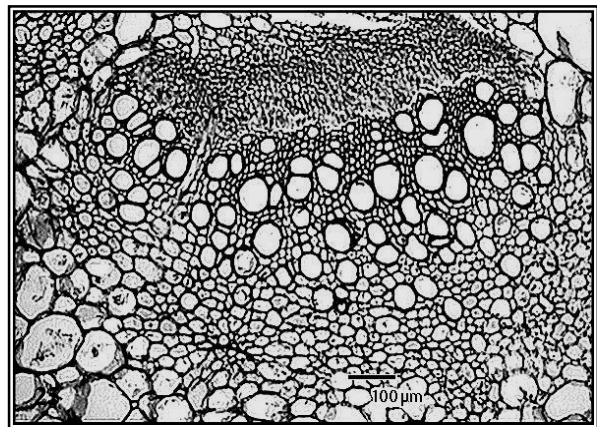
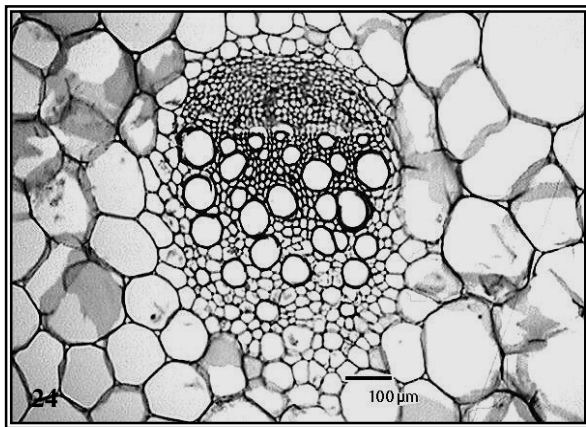
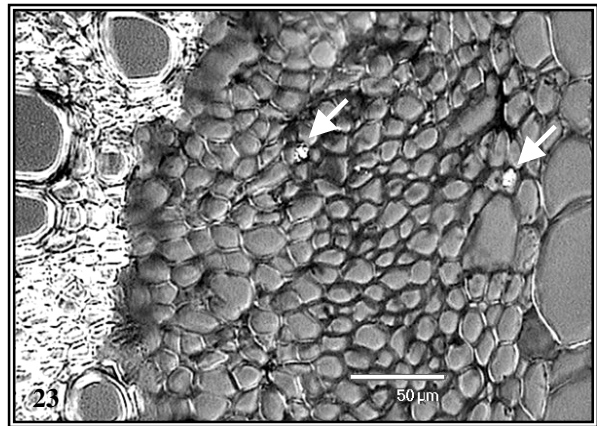
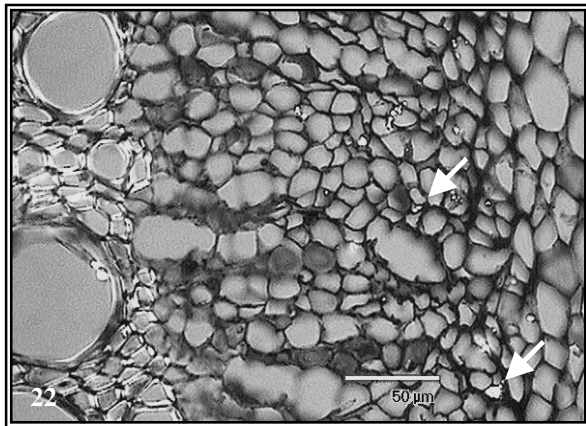
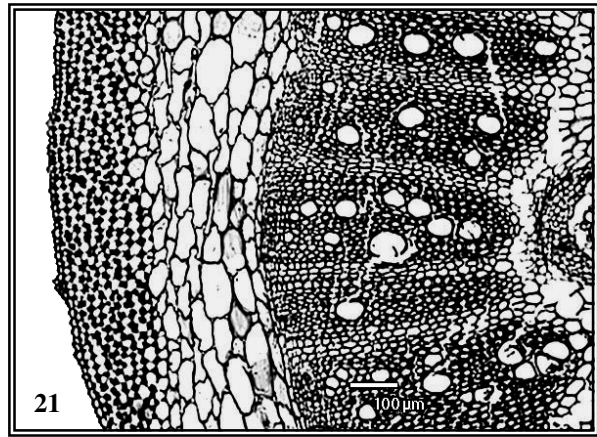
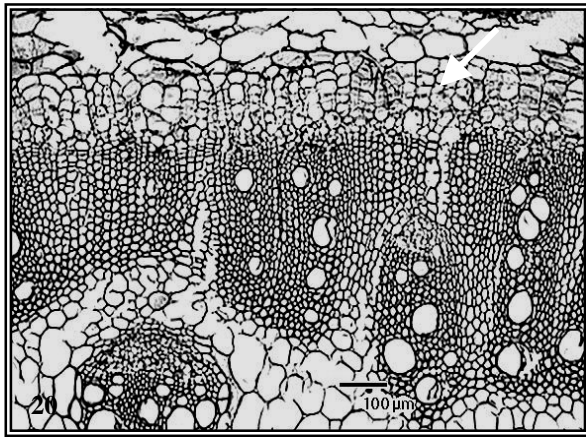
Xilema secundario.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción, fibras y parenquima axial. El número vasos por haz es de 29 a 34 (Cuadro 13); diámetro tangencial de vasos de 71.5 a 80 μm , en la región intermedia (Cuadro 13) y de 63.8 a 77.2 μm , en la región central (Cuadro 13); grosor de pared de cinco a 10 μm en los tres cultivares. Fibras de paredes engrosadas y lignificadas; de lumen conspicuo; parenquima axial de tipo paratraqueal vasicentrico y entre los vasos con células de paredes ligeramente engrosadas.

Cuadro 12. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Tallo** de *A. cruentus*.

Carácter	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Células epidérmicas con núcleos (V.S.)	La mayoría	La mayoría	Algunas
Estomas en epidermis (V.S.)	Conspicuos de tipo anomocítico	Inconspicuos	Conspicuos de tipo anomocítico
Peridérmis, origen (S. T.)	Evidente, formada en el córtex interno	Ausente	Ausente
Orientación de parénquima del córtex que interrumpen colénquima (S. T.)	Tangenciales y algunas radiales	Tangenciales	Tangenciales
Distribución de cristales en forma de arenas (S. T.)	En algunas células de parénquima floemático y colénquima externo al floema	En algunas células de parénquima floemático	En algunas células de parénquima floemático y colénquima externo al floema
Ornamentación intervascular de elementos de vaso (S. T.)	Frecuentes de punteadura Pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna	Escasos de punteadura Pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna	Frecuentes de punteadura Pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna

Cuadro 13. Valores promedio(μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en el Tallo de *A. cruentus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.).

CARÁCTER	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Número de células del pie en tricomas (V. S.)	1 - 3	2 - 5	2 - 5
Grosor de cutícula (S. T.)	6.1 \pm 1.3 (5-7.5)	4.7 \pm 8.3 (2.5-5)	4.3 \pm 1.2 (2.5-5)
Largo de células epidérmicas (S. T.)	19.3 \pm 3.3 (15-27.5)	18 \pm 3.1 (12.5-25)	23.5 \pm 4.3 (15-32.5)
Ancho de células epidérmicas (S. T.)	29.2 \pm 6 (20-45)	25.5 \pm 4.2 (17.5-32.5)	32.4 \pm 9.1 (17.5-60)
Número de estratos de colénquima (S. T.)	8.1 \pm 1.2 (6-11)	9.2 \pm 1.1 (7-11)	7.9 \pm 0.8 (6-9)
Grosor de colénquima (S. T.)	220.1 \pm 26.4 (180-285)	241.2 \pm 25.2 (192.5-285)	181.5 \pm 19 (147.5-237.5)
Largo de células de colénquima (S. T.)	33.6 \pm 7.6 (22.5-50)	40.2 \pm 12 (27.5-75)	27.2 \pm 4.9 (20-40)
Ancho de células de colénquima (S. T.)	24.2 \pm 5 (15-32.5)	31.1 \pm 6.8 (22.5-47.5)	36.8 \pm 7 (25-52.5)
Largo de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	123.0 \pm 31.6 (65-167.5)	135.9 \pm 35.6 (80-212.5)	103 \pm 19.5 (60-142.5)
Ancho de células parenquimáticas del córtex (S. T.)	78.5 \pm 14.9 (50-120)	70.9 \pm 14 (47.5-100)	58.6 \pm 12.4 (42.5-90)
Grosor de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico (S. T.)	240 \pm 29.7 (165-295)	579.2 \pm 92.2 (430-720)	505.6 \pm 117.3 (280-680)
Número de estratos celulares de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico (S. T.)	22 \pm 4 (18-31)	20 \pm 2 (16-25)	17 \pm 5 (11-26)
Diámetro radial de células de parénquima con diferentes grados de lignificación (S. T.)	26.1 \pm 4.3 (20-32.5)	30.1 \pm 6.5 (17.5-42.5)	27.2 \pm 4.8 (17.5-35)
Diámetro tangencial de células de parénquima con diferentes grados de lignificación (S. T.)	19.6 \pm 3 (15-27.5)	20 \pm 5 (15-32.5)	19.4 \pm 3.8 (15-27.5)
Largo de células parenquimáticas medulares (S. T.)	167.7 \pm 35.9 (110-237.5)	180.3 \pm 40.1 (125-235)	164.6 \pm 38 (87.5-237.5)
Ancho de células parenquimáticas medulares (S. T.)	159.5 \pm 55.3 (85-265)	172.5 \pm 42 (112.5-265)	143.6 \pm 33.4 (77.5-207.5)
Número de vasos por haz vascular en anillo periférico (S. T.)	10.7 \pm 2.9 (6-18)	5.2 \pm 2.1 (3-11)	7.8 \pm 3.6 (3-16)
Diámetro tangencial de vasos en anillo vascular periférico (S. T.)	54.7 \pm 6 (45-67.5)	61 \pm 11.8 (47.5-65)	51 \pm 4.9 (42.5-60)
Grosor de la pared de los vasos en anillo vascular periférico (S. T.)	4.2 \pm 6 (3-5)	4.7 \pm 6 (4-6)	4.5 \pm 5 (4-5)
Largo de elementos de vaso con punteadura de tipo pseudoescalariforme (S. T.)	287 \pm 69.5 (215-520)	312.8 \pm 75.5 (200-425)	334.2 \pm 68.3 (255-500)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura bordeada de tipo alterna (S. T.)	192.4 \pm 31.1 (140-232.5)	206.8 \pm 26.9 (130-247.5)	205.8 \pm 24.6 (155-230)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura bordeada de tipo alterna (S. T.)	266.4 \pm 29.3 (232.5-340)	293.6 \pm 54.2 (250-445)	290.1 \pm 46.9 (235-405)
Diámetro radial de fibras (S. T.)	21.8 \pm 2.3 (17-25)	24.5 \pm 2.7 (20-30)	27.2 \pm 4.1 (21-35)
Diámetro tangencial de fibras (S. T.)	13.3 \pm 2 (11-20)	16.1 \pm 2.1 (14-20)	16.6 \pm 2.8 (11-22)
Grosor de pared de fibras (S. T.)	3 - 5	3 - 6	3 - 6
Largo longitudinal de fibras (S. T.)	937.5 \pm 156.6 (712.5-1320)	844.8 \pm 103.1 (707.5-1090)	995.1 \pm 112.3 (722.5-1155)
Número de vasos por haz vascular de anillos internos (S. T.)	29 \pm 13.5 (14-66)	29 \pm 16 (9-75)	34 \pm 14 (12-65)
Diámetro tangencial de vasos de la región intermedia de anillos vasculares internos (S. T.)	73.8 \pm 9.4 (60-92.5)	80 \pm 11.6 (67.5-112.5)	71.5 \pm 8 (55-85)
Diámetro tangencial de vasos de la región centra de anillos vasculares internos (S. T.)	74.5 \pm 9.2 (60-92.5)	63.8 \pm 8.5 (50-85)	77.2 \pm 7.9 (62.5-92.5)



Figuras 20-25, Sección transversal de tallo. 20. Peridérmis producida a nivel del córtex y anillo vascular periférico (flecha) con menor grosor y mayor número de estratos celulares en *A. cruentus* Africano. 21. Peridérmis ausente, anillo vascular periférico mas engrosado con un menor número de estratos en *A. cruentus* Mexicano. 22. Cristales de oxalatos de calcio en colénquima externo al floema (flechas) en *A. cruentus* Guatemalteco. 23. Cristales de oxalatos de calcio en floema y colénquima externo al floema (flechas) en *A. cruentus* Africano. 24. Haz vascular pequeño con un menor número de vasos en *A. cruentus* Africano. 25. Haz vascular con un mayor número de vasos en *A. cruentus* Guatemalteco.

RAÍZ

TEJIDO DÉRMICO

Sección transversal.- Contorno irregular. Rizodérmis formada por tres a cinco estratos celulares, con los estratos externos más colapsados en los tres cultivares, felema poco desarrollado, felógeno y felodérmis inconspicuos. Células del felema de forma rectangular muy alargada; orientadas de manera tangencial, algunas con rebordes redondeados; de paredes delgadas, ligeramente suberizadas.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex.- Diferenciado en dos regiones parenquimáticas. La región externa, formada por siete u ocho estratos celulares (Cuadro 15); con grosor de 203.1 a 231.2 μm (Cuadro 15); células de forma rectangular o elíptica muy alargadas; orientadas tangencialmente; de paredes delgadas; largo celular de 119 a 139.5 μm y ancho de 31.6 a 42.6 μm (Cuadro 15). En la región interna, el grosor es de 115.9 a 151.5 μm (Cuadro 15); células sin un patrón de distribución definido; de forma isodiamétrica u obloide; de paredes delgadas y de menor tamaño que las de la región externa.

Tejido conjuntivo

Periférico.- Formado por segmentos de tejido interfascicular de tipo parenquimático con células de paredes secundarias con diferentes grados de lignificación; grosor total de 240 a 579.2 μm (Cuadro 15); las células parenquimáticas parcialmente lignificadas forman de 14 a 24 estratos (Cuadro 15); células de forma cuadrada u obloide orientadas radialmente, diámetro radial de 26.1 a 30.1 μm y diámetro tangencial de 19.4 a 20 μm (Cuadro 15).

Interno.- Formado por segmentos de tejido interfascicular y de tejido tangencial bien definidos, con células de paredes con diferentes grados de lignificación o de paredes delgadas. En los cultivares Africano y Mexicano, en el segundo anillo interno siguiente al periférico y en el cultivar Guatemalteco los dos anillos internos siguientes al periférico, los segmentos de tejido interfascicular y el tejido tangencial, están formados por células de paredes parcialmente lignificadas (Cuadro 15). En los cultivares Africano y Mexicano, pequeñas regiones de algunos segmentos interfasciculares y algunas regiones del tejido tangencial, del anillo vascular interno siguiente al periférico, se observan algunas células parenquimáticas de paredes delgadas (Cuadro 14). En el cultivar Africano las células que están en contacto con los haces vasculares se orientan de manera radial y en los cultivares Guatemalteco y Mexicano con orientación aleatoria (Cuadro 14). En los cultivares Guatemalteco y Mexicano las que están en contacto con los haces de la

diarca se orientan de manera radial y en el cultivar Africano sólo aquellas que están en contacto con la más estrecha del xilema de cada haz vascular; el resto con orientación aleatoria (Cuadro 14). En general células de contorno irregular sin forma definida; de paredes delgadas.

Contenidos celulares.- Se observaron cristales de oxalato calcio en forma de arenas, en algunas células del córtex y tejido conjuntivo interno; en algunas células del colénquima externo al floema en haces de anillos internos; Además en las células parenquimáticas del xilema de anillos internos y algunas células del parénquima floemático del tejido vascular primario.

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- El sistema de conducción se desarrolla a partir de un crecimiento secundario con variante cambial de tipo "Cambium sucesivo", el cual está construido por anillos concéntricos alternantes de haces vasculares independientes.

Anillo vascular periférico

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo poco desarrollado, formado por dos regiones, una externa colapsada, con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema secundario.- Formado por vasos y traqueidas como elementos de conducción y fibras. El número de vasos por haz vascular es de seis a nueve (Cuadro 15); diámetro tangencial de vasos de 42.6 a 52.3 μm (Cuadro 15); grosor de pared de cuatro μm en los tres cultivares. Fibras de paredes secundarias muy lignificadas; de forma obloide; orientadas de manera radial y lumen conspicuo; diámetro radial de 21.7 a 26.9 μm (Cuadro 15) y diámetro tangencial de 11.7 a 12.9 μm (Cuadro 15), grosor de pared de dos a cuatro μm en los cultivares Africano y Mexicano y de dos a tres μm en el cultivar Guatemalteco.

Anillos vasculares internos

Formados por haces de tipo colateral, con floema exarca y xilema endarca; distribuidos en cuatro a seis anillos bien definidos; cada anillo separado uno del otro por tejido conjuntivo tangencial.

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo, formado por dos regiones, una externa colapsada con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema secundario.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción, fibras y parenquima axial. El número de vasos por haz, es de 20 a 38 (Cuadro 15); diámetro tangencial de vasos de 66.7 a 78.3 μm , en la región intermedia (Cuadro 15) y de 74.5 a 80.8 μm en la región central (Cuadro 15); grosor de pared de seis a siete μm en los tres cultivares (Cuadro 15). Fibras de paredes engrosadas, lignificadas y lumen conspicuo. Parenquima axial de tipo paratraqueal vasicentrico y entre los vasos, con células de paredes delgadas.

Diarca

El tejido vascular central esta organizado en dos arcos, con floema exarca y xilema endarca. Estos haces de tejido vascular primario, se fusionan unos con otros entre sí a nivel del protoxilema.

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo, formado por dos regiones, una externa un poco colapsada, con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas, y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

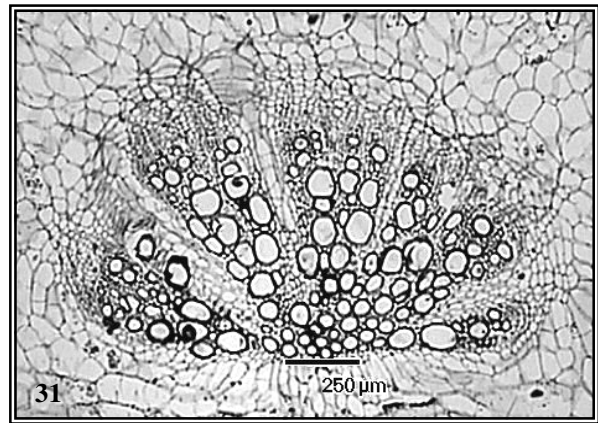
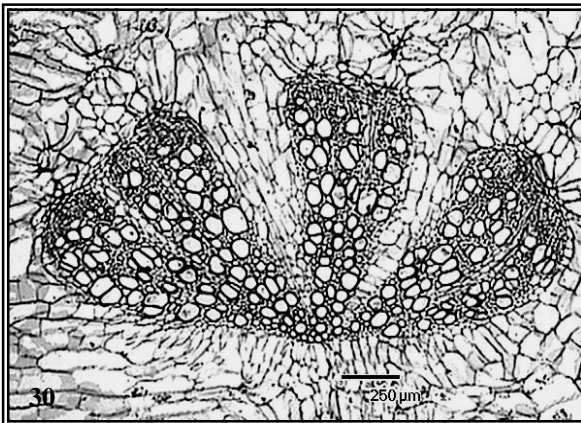
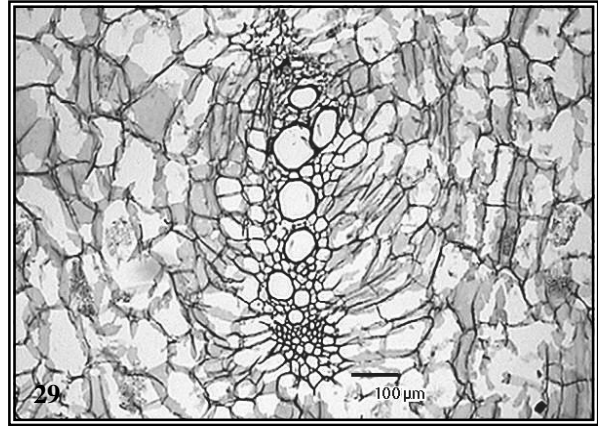
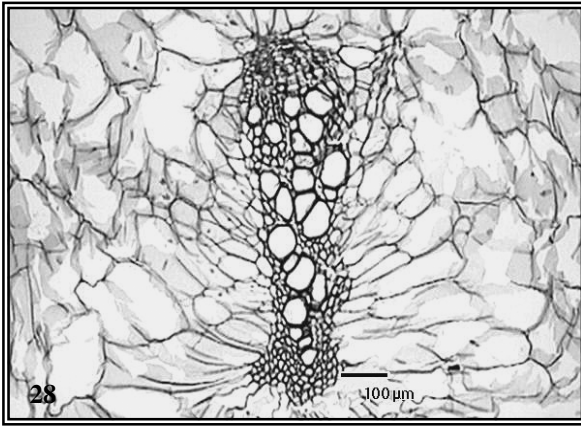
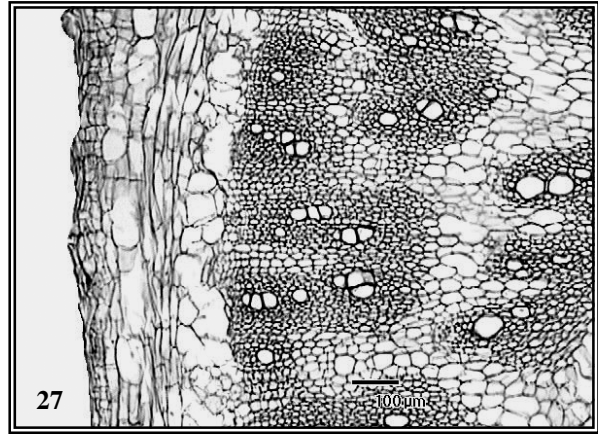
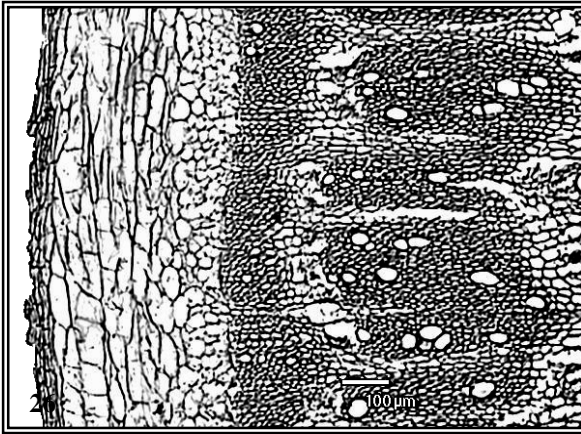
Xilema primario.- Formado por vasos y traqueidas como elementos de conducción, fibras y parénquima axial. El número de vasos por haz es de 27 a 38 (Cuadro 15), diámetro tangencial de vasos de 71.3 a 83 μm (Cuadro 15) y grosor de pared de siete a ocho μm en los tres cultivares (Cuadro 15). Fibras de paredes engrosadas lignificadas y lumen conspicuo. Parénquima axial de tipo paratraqueal vasicentrico y entre los vasos, con células de paredes delgadas.

Cuadro 14. Caracteres cualitativos encontrados en sección transversal en **Raíz** de *A. cruentus*.

Carácter	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Regiones interfasciculares y tangenciales con células de parénquima no lignificado	Evidente	Ausente	Evidente
Orientación de células de tejido conjuntivo en segmentos fasciculares de anillos internos	En contacto con haces radial el resto de manera aleatoria	En contacto con haces tangencial. El resto de manera aleatoria	En contacto con haces tangencial. El resto de manera aleatoria
Orientación de células parenquimáticas en diarca	En contacto con haces en región basal, radial	En contacto con haces radial	En contacto con haces radial

Cuadro 15. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en la **Raíz** de *A. cruentus*.

CARÁCTER	AFRICANO	GUATEMALTECO	MEXICANO
Número de estratos del cortex externo	6.7 \pm 0.8 (5-8)	7.8 \pm 1.0 (5-9)	8.3 \pm 1.6 (6-12)
Grosor del córtex externo	208.9 \pm 25.9 (160-250)	231.2 \pm 22.8 (180-265)	203.1 \pm 22 (155-242.5)
Largo de las células parenquimáticas del córtex externo	139.5 \pm 27.2 (77.5-207.5)	131.3 \pm 25.1 (92.5-180)	119 \pm 26.7 (77.5-175)
Ancho de las células parenquimáticas del córtex externo	42.6 \pm 7 (30-62.5)	38.3 \pm 6.2 (30-52.5)	31.6 \pm 7.7 (17.5-52.5)
Grosor del córtex interno	151.5 \pm 34.7 (90-237.5)	116.2 \pm 25 (82.5-180)	115.9 \pm 25.3 (80-162.5)
Grosor de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico	307.5 \pm 128.6 (138-580)	349 \pm 82.3 (210-530)	110.2 \pm 18 (80-148)
Número de estratos celulares de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico	14 \pm 2.9 (10-23)	23.8 \pm 3.8 (19-32)	19.5 \pm 2.4 (5-16)
Diámetro radial de células de parenquima parcialmente lignificadas	36.9 \pm 9.6 (22.5 \pm 62.5)	30.7 \pm 8.5 (17.5-57.5)	33 \pm 7.6 (15-45)
Diámetro tangencial de células de parénquima parcialmente lignificadas	28.6 \pm 10.2 (17.5-70)	19.6 \pm 3.5 (15-27.5)	22.1 \pm 4.8 (12.5-30)
Número de anillos con células parcialmente lignificadas en segmentos interfasciculares	2	3	2
Número de vasos por haz vascular en anillo periférico	5.8 \pm 2.1 (3-10)	6 \pm 2.2 (3-11)	8.7 \pm 2.4 (5-16)
Diámetro tangencial de vasos de anillo vascular periférico	42.6 \pm 3.9 (37.5-50)	46 \pm 8.5 (35-60)	52.3 \pm 5.2 (45-62.5)
Diámetro radial de fibras	21.7 \pm 2.5 (18-27)	21.7 \pm 2.1 (18-26)	26.9 \pm 4 (19-33)
Diámetro tangencial de fibras	11.7 \pm 1.6 (10-16)	12 \pm 1.7 (9-15)	12.9 \pm 1.2 (12-16)
Número de vasos por haz vascular en anillos internos	38.2 \pm 21.4 (13-82)	20 \pm 9.7 (5-43)	36.1 \pm 24.3 (16-100)
Diámetro tangencial de vasos intermedios en anillos internos	66.7 \pm 9.3 (50-87.5)	78.3 \pm 12.5 (60-107.5)	72.7 \pm 7.4 (62.5-100)
Diámetro tangencial de vasos centrales en anillos internos	80.8 \pm 12.7 (65-112.5)	78.1 \pm 8.3 (62.5-97.5)	74.5 \pm 9.2 (62.5-102.5)
Grosor de pared de los vasos en anillos vasculares internos	5.6 \pm 1.3 (5-10)	7 \pm 1.8 (5-12.5)	6.7 \pm 2.1 (5-12.5)
Número de vasos por haz vascular en "Diarca"	33.7 \pm 8.7 (17-52)	27.2 \pm 6.3 (19-41)	37.8 \pm 10.3 (17-60)
Diámetro tangencial de vasos en "Diarca"	83 \pm 15.1 (55-110)	72.2 \pm 12 (52.5-92.5)	71.3 \pm 7.9 (60-87.5)
Grosor de pared de los vasos en "Diarca"	7.5 \pm 1.4 (5-10)	6.8 \pm 2.1 (5-10)	7.5 \pm 2.8 (2.5-10)



Figuras 26-31, Raíz sección transversal. 26. Anillo vascular periférico más engrosado y con menor regiones de tejido parenquimático de paredes delgadas en *A. cruentus* Africano. 27. Anillo vascular periférico menos engrosado con más regiones de tejido parenquimático de paredes delgadas en *A. cruentus* Mexicano. 28. Haz vascular grande con un mayor número de vasos en *A. cruentus* Africano. 29. Haz vascular pequeño con un menor número de vasos en *A. cruentus* Guatemalteco. 30. Células parenquimáticas alrededor de diarca la mayoría con orientación radial en *A. cruentus* Mexicano. 31. Células parenquimáticas alrededor de diarca, en región estrecha del xilema radial, el resto tangencial en *A. cruentus* Africano.

5.2 Descripción anatómica de *Amaranthus hypochondriacus* (Cultivares Azteca, Mercado, Mixteco y Nepal)

HOJA

LÁMINA

Epidermis adaxial

Vista superficial.- Diferenciada en células intercostales y costales. Células intercostales, de distribución aleatoria; la mayoría de forma poligonal y algunas cuadradas; en el cultivar Mercado además algunas sin forma definida de contorno irregular (Cuadro 16); en general de paredes anticlinales lineales y en el cultivar Mercado algunas de paredes ligeramente sinuosas (Cuadro 16); grosor de 2 a 5 μm en los cuatro cultivares (Tabla 17); rebordes angulares o ligeramente redondeados; largo celular de 27.5 a 33.5 μm y ancho de 19.3 a 21.3 μm (Cuadro 17). Células costales distribuidas en hileras sobre los haces vasculares con el eje paralelo de acuerdo a la trayectoria de las venas; de forma rectangular o elíptica muy alargadas; de paredes anticlinales lineales; de 2 a 5 μm de grosor en los cuatro cultivares (Tabla 17); rebordes redondeados; largo celular de 91.7 a 105.1 μm y ancho de 15.6 a 22.1 μm (Cuadro 17).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de cinco a siete μm en la especie (Cuadro 17). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide, con su eje longitudinal tangencialmente orientado; de paredes delgadas; largo celular de 23.4 a 33.4 μm y ancho de 35.4 a 45.9 μm (Cuadro 17).

Estomas.- Frecuentemente de tipo anomocítico y en menor proporción de tipo anisocítico; distribuidos de manera aleatoria; índice estomático de 15.5 a 23 (Cuadro 17), células oclusivas en forma de riñón, largo de 27.5 a 33.5 μm (Cuadro 17). Las paredes anticlinales de las células epidérmicas en contacto con las paredes longitudinales de células oclusivas forman pliegues en los cuatro cultivares (Cuadro 16). Estomas localizados por debajo del nivel de células epidérmicas; con cámara subestomática conspicua.

Tricomas.- Glandulares, multicelulares y uniseriados, generalmente localizados sobre los márgenes de las células costales; formados por una a cuatro células del pie, tres a cinco en su cuerpo principal y una glandular en posición terminal. Las células del pie se organizan a manera de roseta y tienen forma de domo. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada y obloide, la mayoría con paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la célula terminal isodiamétrica. El cultivar Azteca con una a tres células del pie, el cultivar Mercado de una a cuatro y los cultivares Mixteco y Nepal de una a dos (Cuadro 17).

Epidermis abaxial

Vista superficial.- Diferenciadas en células intercostales y costales. Células intercostales de distribución aleatoria; de forma irregular, algunas alargadas; de paredes anticlinales muy sinuosas; con un grosor de dos a cinco μm en los cuatro cultivares (cuadro 17); rebordes redondeados. Células costales distribuidas en hileras sobre los haces vasculares, con el eje paralelo de acuerdo a la trayectoria de las venas; de forma rectangular o elíptica muy alargadas; de paredes anticlinales lineales o ligeramente sinuosas; con un grosor de dos a cinco μm en los cuatro cultivares (Cuadro 17); rebordes redondeados; largo celular de 123.3 a 201.4 μm y ancho de 18.1 a 26 μm (Cuadro 17).

Sección transversal.- Cutícula lisa con un grosor de cuatro a seis μm en la especie (Cuadro 17). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide, con su eje longitudinal tangencialmente orientado; de paredes delgadas; largo celular de 14 a 26.9 μm y ancho de 20.9 a 29.5 μm (Cuadro 17).

Estomas.- Frecuentemente de tipo anomocítico y en menor proporción de tipo anisocítico; distribuidos de manera aleatoria; índice estomático de 23.3 a 31.7 (Cuadro 17); células oclusivas de forma arriñonada; largo de 28.3 a 31.1 μm (Cuadro 17). Las paredes anticlinales de las células epidérmicas en contacto con las paredes longitudinales de células oclusivas forman pliegues (Cuadro 16). Estomas localizados al nivel de células epidérmicas, con cámara subestomática conspicua.

Tricomas.- Tricomas similares a los observados en la epidermis adaxial. Formados por cuatro a seis células en su cuerpo principal. Los cultivares Azteca y Mercado con una a cuatro células del pie y en los cultivares Mixteco y Nepal con una o dos (Cuadro 16).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Mesofilo

Sección transversal.- El mesofilo en su extremo adaxial esta formado por parenquima en empalizada, distribuido en uno o dos estratos celulares; células de forma enlongada, orientadas perpendicularmente respecto a la superficie de la hoja, muy compactadas entre sí, excepto al nivel de los estomas. Hacia la parte central del mesofilo se observan células de parenquima esponjoso de forma tabular igualmente orientadas que las de empalizada pero más cortas o de forma obloide; este tejido más laxo comparado con el mesofilo en empalizada del extremo adaxial. En ambas zonas las células son de paredes delgadas, con abundantes cloroplastos pequeños respecto a los contenidos en las células de la vaina. En los cultivares Azteca y Nepal en algunos haces se observa

un arreglo radial de células del mesofilo alrededor de la vaina (Cuadro 16). Hacia el extremo abaxial del mesofilo, justo por encima de la epidermis abaxial se observan células parenquimáticas lobuladas; organizadas en un sólo estrato; de paredes delgadas; cloroplastos muy escasos y espacios aéreos muy abundantes.

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato de calcio en forma de drusas dentro de idioblastos; localizados en la región central del mesofilo entre algunos haces vasculares; distribuidos aleatoriamente; diámetro tangencial de drusas de 47.2 a 61.9 μm (Cuadro 17); también hay cristales en forma de arena, en algunas células de parénquima localizadas alrededor de los haces vasculares de menor orden.

TEJIDO VASCULAR

Vista superficial.- Hojas de margen entero, con venación simétrica y patrón de venación de tipo pinnado eucamptódromo; las venas de mayor orden constituyen redes y forman areolas sin un patrón de orientación definido. También se observan venas con terminaciones ciegas y cristales de oxalato de calcio en forma de drusas en el interior de la mayoría de las areolas. En el sistema vascular los elementos xilemáticos generalmente tienen paredes secundarias con engrosamientos de tipo espiralado.

Sección transversal.- Haces vasculares localizados en la región central del mesofilo; son de tipo colateral, con floema hacia el extremo adaxial y xilema hacia el extremo abaxial. Floema, formado por células cribosas; células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño. Xilema, formado por traqueidas y vasos como sistema de conducción y algunas células parenquimáticas en los haces de orden menor. En los haces más pequeños la diferenciación celular es inconspicua. El número de vasos por haz vascular es de cuatro a ocho (Cuadro 17).

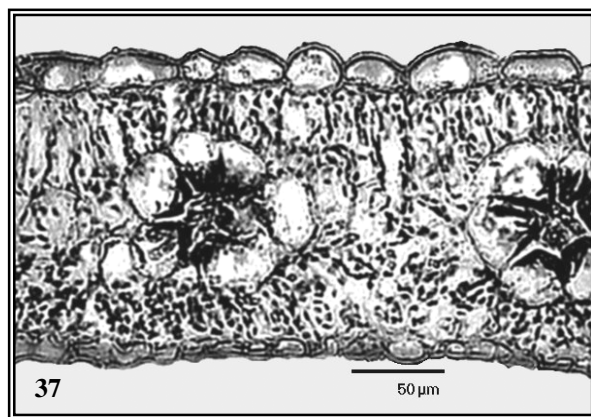
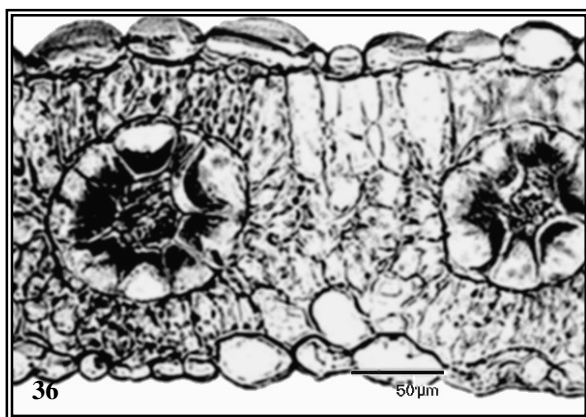
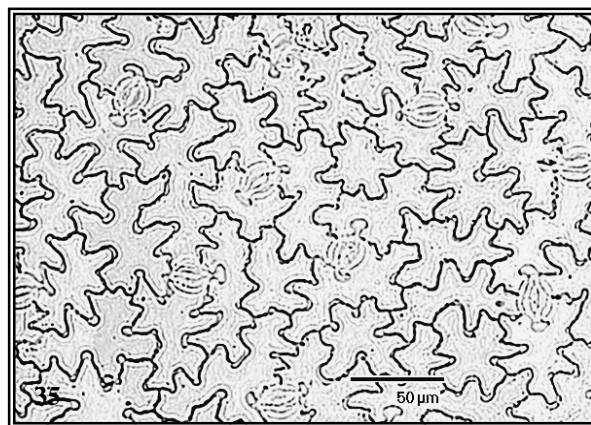
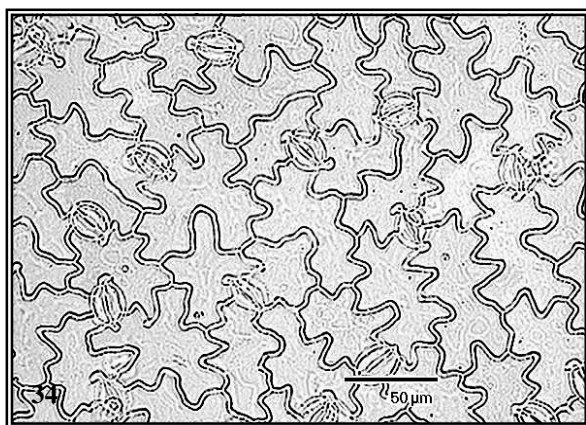
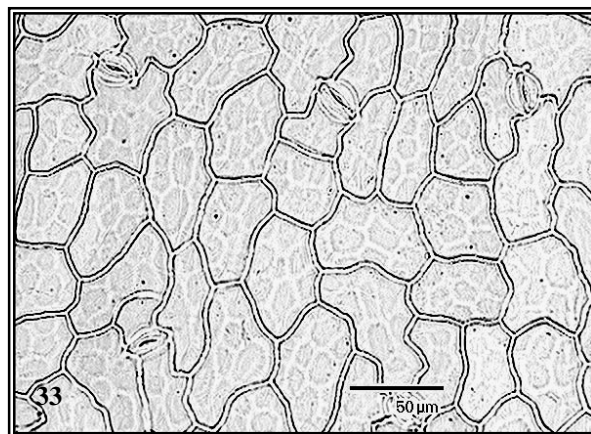
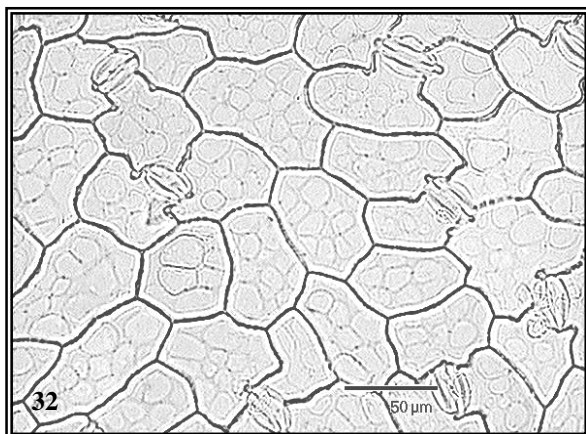
Vaina de los haces.- Alrededor y en contacto directo con los haces vasculares, se encuentran las células de la vaina. En haces de orden mayor son completas, pero en los de orden menor son incompletas o ausentes como en las venas secundarias de los cuatro cultivares. Células parenquimáticas de forma cuadrada o trapecoide; de paredes engrosadas; largo de 33.4 a 52.7 μm y ancho de 30.8 a 50.7 μm (Cuadro 17); con abundantes cloroplastos en posición centrípeta y más grandes que las observados en las células del mesofilo.

Cuadro 16. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Lámina** Hoja de *A. hypochondriacus*.

Carácter	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Forma de células intercostales en (V. S.)	Poligonales y algunas cuadradas	Poligonales, algunas cuadradas y otras de contorno irregular sin forma definida	Poligonales y algunas cuadradas	Poligonales y algunas cuadradas
Paredes anticlinales de células intercostales (V. S.)	lineales	Lineales y algunas sinuosas	Lineales	Lineales
Tamaño de pliegues de células oclusivas adaxiales (V. S.)	Pequeños	Pequeños	Grandes	Pequeños
Presencia de pliegues de células oclusivas adaxiales (V. S.)	Algunos incospicuos	Algunos incospicuos	La mayoría conspicuos	Algunos incospicuos
Tamaño de pliegues de células oclusivas abaxiales (V. S.)	Pequeños	Pequeños	Grandes	Pequeños
Distribución del mesófilo radial en algunos haces vasculares (S. T)	Evidente	Ausente	Ausente	Evidente

Cuadro 17. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en **Lámina** (Hoja) *A hypochondriacus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.)

CARÁCTER	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Grosor de la pared anticlinal de células costales adaxiales (V.S.)	3 - 5	2 - 5	2 - 5	3 - 5
Largo de células intercostales adaxiales (V.S.)	33.5 \pm 2.9 (30-40)	29.2 \pm 2.3 (25-35)	28.1 \pm 3 (25-35)	27.5 \pm 2 (22.5-30)
Ancho de células intercostales adaxiales (V.S.)	21.3 \pm 1.8 (17.5-25)	19.3 \pm 2.8 (15-25)	21.1 \pm 1.8 (17.5-25)	21.1 \pm 1.9 (17.5-25)
Grosor de la pared anticlinal de células intercostales adaxiales (V.S.)	2 - 5	2 - 5	2 - 4	2 - 5
Largo de células costales adaxiales (V.S.)	105.1 \pm 17.5 (77.5-140)	93.5 \pm 20.5 (55-130)	91.7 \pm 17.8 (67.5-135)	94.8 \pm 15.1 (77.5-125)
Ancho de células costales adaxiales (V.S.)	22.1 \pm 4.5 (15-35)	15.6 \pm 4.5 (10-25)	17.1 \pm 2.8 (12.5-25)	22.1 \pm 4 (15-27.5)
Grosor de la pared anticlinal de células intercostales abaxiales (V.S.)	2 - 5	2 - 4	2 - 5	2 - 5
Grosor de cutícula adaxial (S.T.)	6.7 \pm 1.2 (5-7.5)	5.8 \pm 1.4 (5-10)	5.3 \pm 0.9 (5-7.5)	5.2 \pm 1.4 (2.5-7.5)
Largo de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	32.1 \pm 4.3 (25-37.5)	23.4 \pm 6.4 (15-42.5)	27.1 \pm 3.2 (22.5-37.5)	33.4 \pm 5.6 (22.5-50)
Ancho de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	44.1 \pm 7.8 (35-65)	35.4 \pm 10.9 (15-62.5)	38.6 \pm 8.1 (22.5-52.5)	45.9 \pm 10.4 (32.5-67.5)
Índice estomático adaxial (V.S.)	22.7 \pm 2.6 (18.5-27.4)	20.7 \pm 1.8 (17.2-24.4)	15.5 \pm 1.9 (12.4-20)	23 \pm 3.2+ (10.5-24.7)
Largo de células oclusivas adaxiales (V.S.)	33.5 \pm 2.9 (30-40)	29.2 \pm 2.3 (25-35)	28.1 \pm 3 (25-35)	27.5 \pm 2 (22.5-30)
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V. S.)	1 - 3	1 - 4	1 - 2	1 - 2
Largo de células costales abaxiales (V.S.)	138.1 \pm 21.6 (107.5-190)	137.6 \pm 27.4 (85-185)	123.3 \pm 22 (82.5-160)	201.4 \pm 36.7 (150-270)
Ancho de células costales abaxiales (V.S.)	23.8 \pm 3 (20-32.5)	19.6 \pm 3.9 (12.5-30)	18.1 \pm 3.9 (12.5-27.5)	26 \pm 4.7 (20-35)
Grosor de cutícula abaxial (S.T.)	5.5 \pm 1.1 (5-7.5)	4.2 \pm 1.2 (2.5-5)	3.5 \pm 1.3 (2.5-5)	3.5 \pm 1.3 (2.5-5)
Largo de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	26.9 \pm 6.3 (17.5-52.5)	19.2 \pm 3.1 (12.5-25)	14 \pm 2.2 (10-17.5)	20.8 \pm 3.7 (15-27.5)
Ancho de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	29.5 \pm 4.8 (20-37.5)	24.9 \pm 5.3 (15-35)	20.9 \pm 5.1 (15-32.5)	29.4 \pm 5 (22.5-40)
Índice estomático abaxial (V.S.)	28.8 \pm 2.8 (23.1-33.4)	27.8 \pm 2.1 (24.1 \pm 32.3)	23.3 \pm 1.8 (18.9-26.3)	31.7 \pm 2 (29.2-37.2)
Largo de células oclusivas abaxiales (V.S.)	31.1 \pm 2.5 (27.5-35)	28.3 \pm 1.7 (25-32.5)	28.9 \pm 2 (25-32.5)	28.7 \pm 3.3 (25-35)
Número de células del pie en tricomas abaxiales (V. S.)	1 - 4	1 - 4	1 - 2	1 - 2
Diámetro tangencial de Drusas (S.T.)	53.8 \pm 12.3 (30-75)	47.2 \pm 12.1 (30-72.5)	52.4 \pm 8.5 (35-65)	61.9 \pm 12.3 (27.5-80)
Número de vasos por haz vascular (S.T.)	5.6 \pm 1.4 (4-9)	4.2 \pm 1.6 (2-8)	7.7 \pm 1.5 (5-11)	5.4 \pm 1.8 (3-10)
Largo de las células de la vaina (S.T.)	42.4 \pm 6 (30-52.5)	33.4 \pm 3.6 (27.5-40)	41.3 \pm 4.6 (35-50)	52.7 \pm 4.7 (45-62.5)
Ancho de células de la vaina (S.T.)	39.6 \pm 5.9 (30-52.5)	30.8 \pm 4.5 (22.5-40)	38.4 \pm 4.7 (30-47.5)	50.7 \pm 8.6 (32.5-72.5)



Figuras 32, 33 Vista superficial de epidermis adaxial de hoja. 34,35 Vista superficial epidermis abaxial de hoja. 32. células epidérmicas de forma cuadrada y poligonal en *A. hypochondriacus* Azteca. 33. Células de forma cuadrada, poligonal y ligeramente sinuosas en *A. hypochondriacus* Mixteco. 34. Pliegues en estomas de epidermis abaxial pequeños y escasos en *A. hypochondriacus* Nepal. 35. Pliegues en epidermis abaxial grandes y frecuentes en *A. cruentus* Mixteco. Figuras 36,37 lámina sección transversal. 36. mesófilo radial en algunos haces vasculares de *A. hypochondriacus* Azteca. 37 mesófilo en empalizada adaxial, mesófilo tabular central y parénquima lobulado abaxial en *A. hypochondriacus* Mixteco.

VENA MEDIA

TEJIDO DÉRMICO

Epidermis adaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas en general de forma poligonal; además en el cultivar Azteca algunas poligonales alargadas y en los cultivares Azteca Mixteco y Nepal algunas de forma rectangular (Cuadro 18); de paredes anticlinales lineales y engrosadas. En los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal en algunas células los núcleos son evidentes y en el cultivar Mercado no son visibles (Cuadro 18). Los cuatro cultivares carecen de estomas.

Tricomas.- Multicelulares uniseriados y glandulares; de distribución aleatoria y más abundantes que en la lámina; formados por una a cuatro células del pie, de cinco o seis en su cuerpo principal y una en posición terminal. Las células del pie son en forma de domo y se organizan a manera de roseta. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada o rectangular la mayoría con paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la célula terminal isodiamétrica. En los cultivares Azteca y Mercado con una a cuatro células del pie y en los cultivares Mixteco y Nepal de una a tres (Cuadro 19).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de tres a siete μm en la especie (Cuadro 19). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide con su eje longitudinal tangencialmente orientado y algunas cuadradas; de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 17.2 a 23.2 μm y ancho de 22.1 a 30.6 μm (Cuadro 19).

Epidermis abaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas en general de forma rectangular; además en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco algunas de forma rectangular alargada y en los cultivares Mercado y Nepal algunas de forma poligonal (Cuadro 18); de paredes anticlinales lineales y engrosada. En el cultivar Mixteco en la mayoría de las células los núcleos son evidentes, en los cultivares Azteca y Mercado sólo en algunas células son evidentes y en el cultivar Nepal no son visibles (Cuadro 18). En los cultivares Azteca y Nepal los estomas son inconspicuos y en los cultivares Mixteco y Mercado son evidentes, de tipo anomocítico (Cuadro 18).

Tricomas.- Similares a los observados en la epidermis adaxial. Formados por una a cuatro células en su cuerpo principal. En los cultivares Azteca, Mercado y Nepal con una a cuatro células del pie y el cultivar Mixteco de una a tres (Cuadro 19).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de cuatro a cinco μm en la especie (Cuadro 19). Epidermis monoestratificada, células de forma obloide, con su eje longitudinal tangencialmente

orientado y algunas cuadradas; de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 18.1 a 23.2 μm y ancho de 23.3 a 28 μm (Cuadro 19).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex:

Colénquima adaxial.- De tipo angular y continuo en los cuatro cultivares; formado por tres a ocho estratos celulares (Cuadro 19); grosor total de 151 a 371 μm (Cuadro 19). En el cultivar Azteca la mayoría de las células son de forma isodiamétrica, algunas de forma obloide con orientación radial y tangencial; en el cultivar Mercado la mayoría son células de forma obloide con orientación radial; algunas de forma isodiamétrica; en los cultivares Mixteco y Nepal la mayoría son células de forma obloide con orientación tangencial, algunas de forma isodiamétrica (Tabla 18); largo celular de 31.3 a 41.5 μm y ancho de 18.7 a 27.6 μm (Cuadro 19).

Colénquima abaxial.- También de tipo angular, continuo en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal y discontinuo en el cultivar Mercado (Cuadro 18); formado por tres a cuatro estratos celulares (Cuadro 19); grosor total de 76 a 116.5 μm (Cuadro 19). En el cultivar Azteca células de forma obloide orientadas tangencialmente y de forma isodiamétrica; en los cultivares Mercado y Mixteco células de forma obloide orientadas radialmente y en el cultivar Nepal células de forma obloide orientadas radialmente y de forma isodiamétrica (Cuadro 18); largo celular de 25.4 a 32 μm y ancho de 17 a 24.7 μm (Cuadro 19).

El córtex restante lo forman células parenquimáticas de forma elíptica alargada o irregular sin forma definida; con orientación tangencial, excepto el estrato celular externo y en el cultivar Mercado en las interrupciones de colénquima, en ambas de estas regiones orientadas radialmente (Cuadro 18); de paredes delgadas; largo celular de 76.7 a 101 μm y ancho de 48.4 a 77.8 μm (Cuadro 19).

Paréquima interfascicular

Por debajo del córtex se observan segmentos de tejido interfascicular; formados por células parenquimáticas; orientadas radialmente; de forma elíptica o elíptica alargada; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las células parenquimáticas del córtex.

Médula.- Formada por células de tipo parenquimático; de forma elíptica; orientadas de manera aleatoria. Células de paredes delgadas y de mayor tamaño que las del córtex; largo de 61.3 a 100.7 μm y ancho de 40.1 a 75.7 μm (Cuadro 19).

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato de calcio en forma de arenas en algunas células parenquimáticas del córtex y médula, en la mayoría de las células colenquimáticas externas al floema y algunas del parénquima floemático. En los cultivares Azteca y Mixteco en algunas células parenquimáticas del xilema (Cuadro 18).

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- Formado por haces vasculares independientes de tipo colateral localizados por debajo del córtex; con xilema endarca y floema exarca. Distribuidos en forma de anillo en los cuatro cultivares. El número de haces varía entre los cultivares por el anastomosamiento durante su trayectoria desde la base hasta el ápice de la lámina; en el cultivar Azteca hay de ocho a 10, de los cuales uno es medular de tipo concéntrico con arreglo anfigasal, resultado de la fusión de dos haces (Cuadro 18); en el cultivar Mercado de 10 a 13, de los cuales cuatro son medulares, (Cuadro 18); en el cultivar Mixteco de cuatro a seis y en el cultivar Nepal de nueve a 11, de los cuales tres son medulares, uno de los medulares es de tipo concéntrico con arreglo anfigasal (Cuadro 18).

Floema.- Una paquete por haz vascular; en forma de domo; con dos regiones, una externa formada por tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

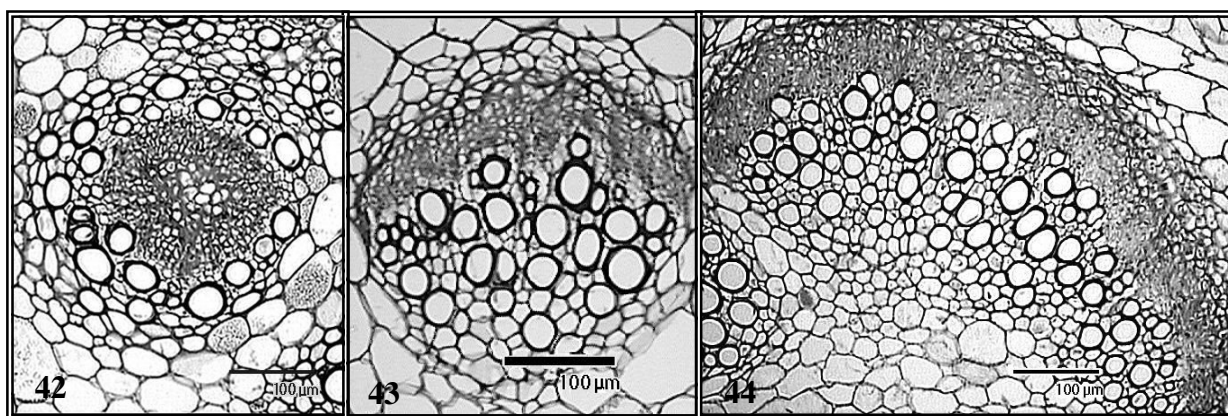
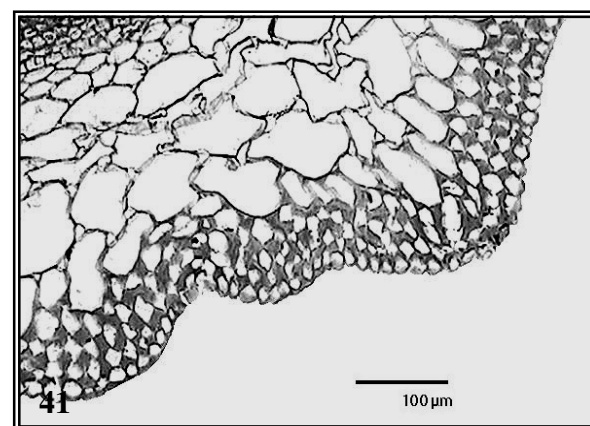
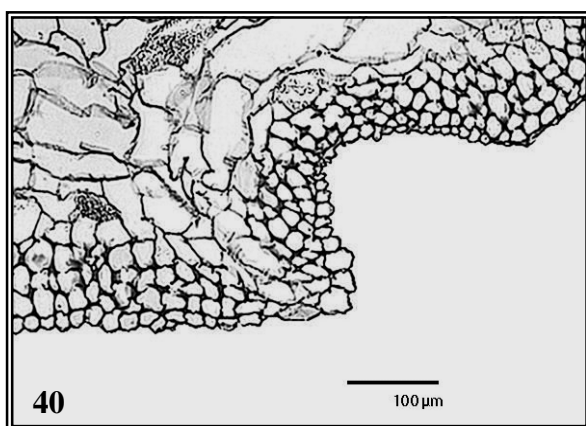
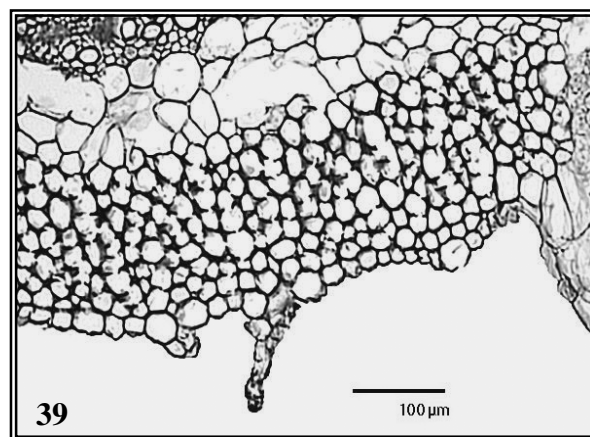
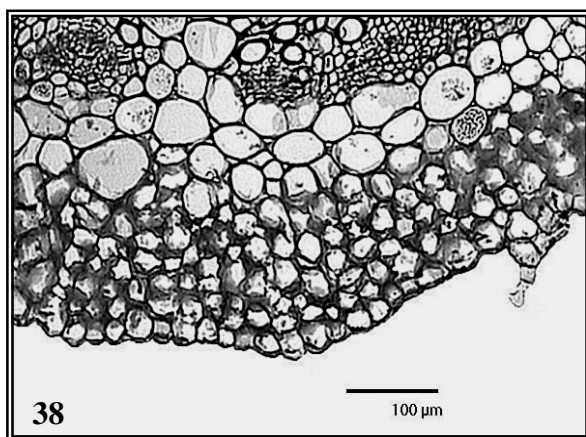
Xilema.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción y células de parénquima de paredes poco engrosadas. El número de vasos por haz es de 30 a 90 (Cuadro 19); vasos con diámetro tangencial de 40.5 a 50.9 μm (Cuadro 19) y grosor de pared de seis μm en los cuatro cultivares. Las ornamentaciones de las paredes secundarias de los elementos de vaso son: con engrosamientos de tipo helicoidal, largo de 144.7 a 211.2 μm (Cuadro 19). Con punteadura de tipo pseudoescalariforme, son de dos tamaños: los pequeños con largo de 103.2 a 144.6 μm y los grandes con largo de 145.4 a 191.7 μm (Cuadro 19). En los extremos de cada elemento de vaso se observó una placa terminal con perforación simple, con un ángulo de inclinación de 45° frecuentes en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco, escasos en el cultivar Nepal; menor 45° abundantes en los cultivares Azteca, Mercado y Nepal, frecuentes en el cultivar Mixteco; y de 90° escasos en los cultivares Azteca y Mercado, frecuentes en los cultivares Mixteco y Nepal (Cuadro 18).

Cuadro 18. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Vena media** de *A. hypochondriacus*.

Carácter	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Forma de células epidérmicas adaxiales (V. S.)	Poligonales, Poligonal alargada y rectangular	Poligonales	Poligonales y rectangulares	Poligonales y rectangulares
Células epidérmicas adaxiales con núcleos visibles (V. S.)	Evidentes	No evidentes	Evidentes	Evidentes
Forma de células epidérmicas abaxiales (V. S.)	Rectangular y rectangular alargada	Rectangular, rectangular alargada y poligonal	Rectangular y rectangular alargada	Rectangular y poligonal
Células epidérmicas abaxiales con núcleos visibles (V. S.)	En algunas evidentes	En algunas evidentes	En la mayoría evidentes	No evidentes
Estomas en epidérmis abaxial (V. S.)	Inconspicuos	Conspicuos de tipo anomocítico	Conspicuos de tipo anomocítico	Inconspicuos
Forma de células colénquima adaxial (S. T.)	La mayoría isodiamétricas y algunas obloides	Algunas isodiamétricas y la mayoría obloides	Algunas isodiamétricas y la mayoría obloides	Algunas isodiamétricas y la mayoría obloides
Orientación de células de colénquima adaxial (S. T.)	Algunas tangenciales y la mayoría radiales,	Radiales	Tangencial	Tangencial
Distribución de Colénquima Abaxial (S. T.)	Continuo	Discontinuo	Continuo	Continuo
Forma de colénquima adaxial (S. T.)	Obloide e isodiamétricas	Obloides	Obloides	Obloide e isodiamétricas
Orientación de células obloides de colénquima abaxial (S. T.)	Tangenciales	Radiales	Radiales	Radiales
Orientación de células del córtex (S. T.)	Estrato externo radial, el resto tangencial	Interrupciones de colénquima estrato externo radial, el resto tangencial	Estrato externo radial, el resto tangencial	Estrato externo radial, el resto tangencial
Células parenquimáticas de xilema con cristales en forma arena en (S. T.)	Evidentes	Ausentes	Evidentes	Ausentes
Haces vasculares de tipo concéntrico (S. T.)	Un medular con arreglo anfisal	Ausentes	Ausentes	Un medular con arreglo anfisal
Ángulo de inclinación de placas en elementos de vaso (S. T.)	45° frecuentes <45° abundantes y 90° escasos	45° frecuentes 45° abundantes y 90° escasos	45° frecuentes <45° frecuentes y 90° frecuentes	45° escasos <45° abundantes y 90° frecuentes

Cuadro 19. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en la **Vena media** de *A. hypochondriacus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.).

CARÁCTER	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Número de células del pie en tricomas adaxiales(V. S.)	1 - 4	1 - 4	1 - 3	1 - 3
Grosor de cutícula adaxial (S.T.)	6.6 \pm 1.4 (5-10)	2.8 \pm .8 (2.5-5)	5.3 \pm 1.8 (2.5-10)	5.5 \pm 1.3 (2.5-7.5)
Largo de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	23.2 \pm 5.9 (15-37.5)	17.2 \pm 3.4 (12.5-25)	18.5 \pm 6.7 (10-35)	19 \pm 3.5 (15-27.5)
Ancho de células epidérmicas adaxiales(S.T.)	30.6 \pm 6.5 (17.5-45)	22.1 \pm 6.7 (15-45)	22.6 \pm 7 (15-35)	25.2 \pm 4.5 (15-35)
Número de células del pie en tricomas abaxiales(V. S.)	1 - 4	1 - 4	1 - 3	1 - 4
Grosor de cutícula abaxial (S.T.)	5.4 \pm .9 (5-7.5)	4.3 \pm 1.2 (2.5-5)	4.6 \pm 1.4 (2.5-7.5)	4.6 \pm 1.4 (2.5-7.5)
Largo de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	23.2 \pm 4.5 (15-32.5)	18.1 \pm 2.7 (15-25)	19.1 \pm 3.5 (12.5-25)	22.4 \pm 5 (15-35)
Ancho de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	28 \pm 6.5 (17.5-45.5)	23.3 \pm 3 (17.5-27.5)	24.8 \pm 4.5 (17.5-37.5)	27 \pm 4.2 (17.5-35)
Número de estratos de colénquima adaxial (S.T.)	4 \pm .6 (3-5)	7.7 \pm 1 (5-9)	4.4 \pm 0.5 (4-5)	3.3 \pm 0.5 (3-4)
Grosor total de colénquima adaxial (S.T.)	151 \pm 53.3 (95-300)	371 \pm 50.8 (295-430)	174 \pm 28.9 (125-225)	175 \pm 22 (135-215)
Largo de células de colénquima adaxial (S.T.)	41.5 \pm 7.5 (30-62.5)	33.3 \pm 7.4 (22.5-50)	31.3 \pm 6.3 (22.5-45)	34.8 \pm 7.1 (25-55)
Ancho de células de colénquima adaxial (S.T.)	27.6 \pm 5.6 (17.5-37.5)	18.7 \pm 3.7 (12.5-27.5)	20.1 \pm 4.9 (12.5-32.5)	22.3 \pm 4.7 (15-30)
Número de estratos de colénquima abaxial (S.T.)	3.9 \pm 1.1 (2-6)	3 \pm 0.7 (2-4)	2.6 \pm 0.9 (1-4)	2.6 \pm 0.6 (2-4)
Grosor de colénquima abaxial (S.T.)	116.5 \pm 13 (100-152.5)	85 \pm 12.6 (55-115)	76 \pm 12.8 (55-102.5)	82.4 \pm 15.9 (42.5-112.5)
Largo de células de colénquima abaxial (S.T.)	32 \pm 3.2 (27.5-37.5)	26.6 \pm 2.4 (22.5-30)	25.4 \pm 3.7 (17.5-32.5)	25.7 \pm 3.8 (20-32.5)
Ancho de células de colénquima abaxial (S.T.)	24.7 \pm 2.8 (20-30)	20.9 \pm 3.1 (15-27.5)	18.9 \pm 2.6 (15-25)	17 \pm 2.9 (12.5-22.5)
Largo de células parenquimáticas del córtex (S.T.)	100.7 \pm 16 (75-135)	76.7 \pm 21.8 (35-120)	86.4 \pm 21.2 (47.5-130)	101.1 \pm 19.1 (72.5-138)
Ancho de células parenquimáticas del córtex (S.T.)	77.8 \pm 16.8 (47.5-112.5)	48.4 \pm 11.8 (25-75)	55.4 \pm 10.2 (35-80)	69.9 \pm 14.1 (47.5-95)
Largo de células parenquimáticas medulares (S.T.)	100.7 \pm 23.3 (52.5-160)	89.5 \pm 23.5 (55-125)	61.3 \pm 11.8 (42.5-92.5)	70.1 \pm 12.8 (52.5-108)
Ancho de células parenquimáticas medulares (S.T.)	75.7 \pm 121.3 (52.5-100)	59.3 \pm 12.5 (32-87.5)	40.1 \pm 7 (27.5-60)	54.4 \pm 7.6 (37.5-72.5)
Número de vasos por haz vascular (S.T.)	51.2 \pm 5.6 (39-59)	38.7 \pm 8.4 (26-62)	89.8 \pm 4.6 (78-98)	30.4 \pm 4.3 (26-39)
Diámetro tangencial de vasos (S.T.)	50.9 \pm 2.7 (47.5-57.5)	47 \pm 3.1 (42.5-52.5)	43.6 \pm 2.5 (40-50)	40.5 \pm 4 (32.5-47.5)
Largo de elementos de vaso con engrosamientos helicoidales (S.T.)	144.7 \pm 28.1 (100-200)	189.5 \pm 43.6 (97.5-250)	211.2 \pm 28.6 (121.5-270)	112.4 \pm 14.2 (85-140)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura pseudoescalariforme (S.T.)	106.7 \pm 17.33 (55-127.5)	141.4 \pm 12.4 (115-162.5)	144.6 \pm 15.4 (105-167.5)	103.2 \pm 12.7 (82.5-130)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura pseudoescalariforme (S.T.)	153.2 \pm 20 (127.5-210)	191.7 \pm 21.1 (192.5-22.5)	190.8 \pm 16.9 (167.5-222.5)	145.4 \pm 13.2 (130-185.5)



Figuras 38-44, Vena media sección transversal. 38. Colénquima adaxial con menor grosor y número de estratos en *A. hypochondriacus* Mercado. 39. Colénquima adaxial con mayor grosor y número de estratos en *A. hypochondriacus* Azteca. 40. Colénquima abaxial discontinuo en *A. hypochondriacus* Mercado. 41. Colénquima abaxial continuo en *A. hypochondriacus* Mixteco. 42. Haz vascular concéntrico de tipo anfvasal en *A. hypochondriacus* Azteca. 43. Haz vascular colateral pequeño con un menor número de vasos en *A. hypochondriacus* Nepal. 44. Haz vascular colateral grande con un mayor número de vasos en *A. hypochondriacus* Mixteco.

PECÍOLO

TEJIDO DÉRMICO

Epidermis adaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas polimorfas, en los cultivares Azteca, Mercado y Nepal de forma poligonal, en el cultivar Azteca algunas poligonales alargadas y en los cultivares Azteca Mixteco y Nepal algunas rectangulares (Cuadro 20); de paredes anticlinales lineales y engrosadas. En los cultivares Azteca y Nepal los núcleos celulares son inconspicuos, en el cultivar Mercado en algunas células son visibles y en el cultivar Mixteco en la mayoría de las células son evidentes (Cuadro 20). Los cuatro cultivares carecen de estomas.

Tricomas.- Multicelulares, uniseriados y glandulares, más abundantes que en lámina; formados por una a cinco células del pie, de cuatro a ocho en su cuerpo principal y una glandular en posición terminal. Las células del pie son en forma de domo y se organizan a manera de roseta. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada o rectangular la mayoría con paredes engrosadas, contenido celular translucido de color ámbar y la célula glandular isodiamétrica. El cultivar Azteca con dos a cinco células del pie, los cultivares Mercado y Mixteco de una a cinco y el cultivar Nepal de una a cuatro (Cuadro 20).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de cinco a seis μm en la especie (Cuadro 21). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide con su eje longitudinal tangencialmente orientado y algunas cuadradas; de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 14.8 a 24.9 μm y ancho de 19.4 a 33 μm (Cuadro 21).

Epidermis abaxial

Vista superficial.- Células epidérmicas polimorfas, en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de forma rectangular, en los cultivares Azteca y Mercado de forma rectangular alargada y en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de forma poligonal (Cuadro 20); de paredes anticlinales lineales y engrosadas. En los cultivares Azteca y Mercado en algunas células los núcleos son evidentes, en el cultivar Mixteco en la mayoría de las células son evidentes y en el cultivar Nepal no son visibles (Cuadro 20). En los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco los estomas son inconspicuos y en el cultivar Nepal son conspicuos de tipo anomocítico (Cuadro 20).

Tricomas.- Similares a los observados en la epidermis adaxial. Formados por cinco a diez células en su cuerpo principal. El cultivar Azteca con dos a seis células del pie, los cultivares Mercado y Mixteco de una a cuatro, y el cultivar Nepal de una a tres (Cuadro 20).

Sección transversal.- Cutícula lisa, con un grosor de cinco a 10 μm , en los cuatro cultivares. Epidermis monoestratificada; células de forma obloide con su eje longitudinal tangencialmente orientado y algunas cuadradas sobre el tejido que interrumpe el colénquima, de paredes periclinales engrosadas; largo celular de 13.2 a 22.8 μm y ancho de 17 a 28.9 μm (Cuadro 21).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex:

Colénquima adaxial.- De tipo angular y continuo en los cuatro cultivares; formado por cuatro a cinco estratos celulares (Cuadro 21); grosor total de 115.8 a 201 μm (Cuadro 21). En el cultivar Azteca células de forma obloide, orientadas radial o tangencialmente y de forma isodiamétrica; en el cultivar Mercado células de forma obloide, con orientación radial, algunas tangencialmente y algunas de forma isodiamétrica y en los cultivares Mixteco y Nepal células de forma obloide con orientación tangencial, algunas radialmente y de forma isodiamétrica (Cuadro 20); largo celular de 31.7 a 36.1 μm y ancho de 22.2 a 27.5 μm (Cuadro 21).

Colénquima abaxial.- De tipo angular y discontinuo en los cuatro cultivares, las interrupciones son más frecuentes en los cultivares Azteca y Nepal que en los cultivares Mercado y Mixteco (Cuadro 21); esta formado por cuatro estratos celulares (Cuadro 21); grosor total de 191 a 253 μm (Cuadro 21). En el cultivar Azteca células de forma obloide, con orientación radial o tangencialmente y de forma isodiamétrica; en el cultivar Mercado células de forma obloide, la mayoría con orientación radial, algunas tangenciales y de forma isodiamétrica y en los cultivares Mixteco y Nepal células de forma obloide, orientadas tangencialmente, algunas radiales y de forma isodiamétrica (Cuadro 20); largo celular de 28.1 a 33 μm y ancho de 21 a 25.4 μm (Cuadro 21).

El córtex restante está formado por células parenquimáticas. En los cultivares Azteca y Nepal son de forma elíptica y algunas de contorno irregular sin forma definida, en los cultivares Mercado y Mixteco de forma irregular sin forma definida (Cuadro 20). En general células con orientación tangencial, primer estrato celular e interrupciones de colénquima orientadas radialmente. Células de paredes delgadas; largo de 93.6 a 138.8 μm y ancho de 63.7 a 111.4 μm (Cuadro 21).

Parénquima interfascicular

Por abajo del córtex se observan segmentos de tejido interfascicular formados por células parenquimáticas orientadas radialmente, de forma elíptica o elíptica alargada, de paredes delgadas y de mayor tamaño que las células parenquimáticas del córtex.

Médula.- Formada por células parenquimáticas. En los cultivares Azteca y Nepal son de forma elíptica y en los cultivares Mercado y Mixteco de forma irregular sin forma definida (Cuadro 20); con orientación aleatoria. Células de paredes delgadas y de mayor tamaño que las del córtex; largo de 93.6 a 146.8 μm y ancho de 58.1 a 115.6 μm (Cuadro 21).

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato de calcio en forma de arenas en algunas células del córtex y médula. En general en la mayoría de las células colenquimáticas externas al floema y algunas del parénquima floemático; en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal en algunas células parenquimáticas del xilema. En los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco algunos cristales en forma de arena, agrupados dando la apariencia de formar cristales de mayor tamaño (Cuadro 20).

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- Organizados en haces vasculares independientes, localizados por debajo del córtex; de tipo colateral, con xilema endarca y floema exarca. En los cultivares Azteca y Nepal distribuidos en forma de arco y en los cultivares Mercado y Mixteco formando casi un anillo (Cuadro 20). El número de haces es variable entre los cultivares, por el anastomosamiento en su trayectoria, hasta la vena media. En los cultivares Azteca y Mercado hay de 11 a 14, en el cultivar Mixteco 12 o 13 y en el cultivar Nepal de 14 a 16. En el extremo adaxial de cada anillo o arco, se observan dos haces vasculares con una vaina parenquimática incompleta y de uno a dos estratos incompletos de células de parenquima en empalizada, las células de la vaina con abundantes cloroplastos en posición centripeta y las células en empalizada con abundantes cloroplastos distribuidos de manera uniforme y más pequeños que en las células de la vaina.

Floema.- Una sección por haz vascular; en forma de domo; formado por dos regiones, una externa, con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción y células de parénquima de paredes poco engrosadas. El número de vasos por haz es de 23 a 35 (Cuadro 21); vasos con diámetro tangencial de 48.8 a 55.4 μm (Cuadro 21) y grosor de pared de cinco a seis μm en los cuatro cultivares (Cuadro 21). Las ornamentaciones de las paredes secundarias de los elementos de vaso son: con engrosamientos de tipo helicoidal, escasos en el cultivar Azteca, abundantes en las otras tres cultivares; con largo de 234.6 a 295.3 μm (Cuadro 20 y 21). Los elementos con punteadura de tipo pseudoescalariforme abundantes en los cuatro cultivares; con elementos de dos

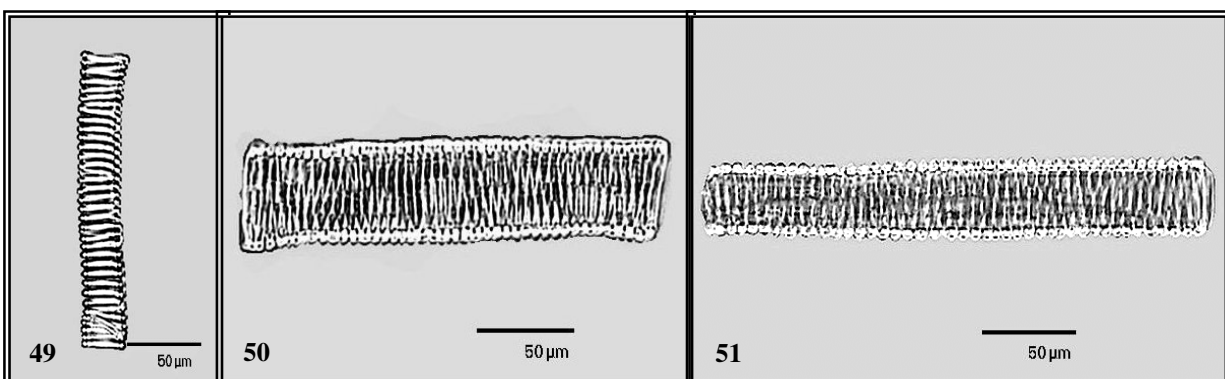
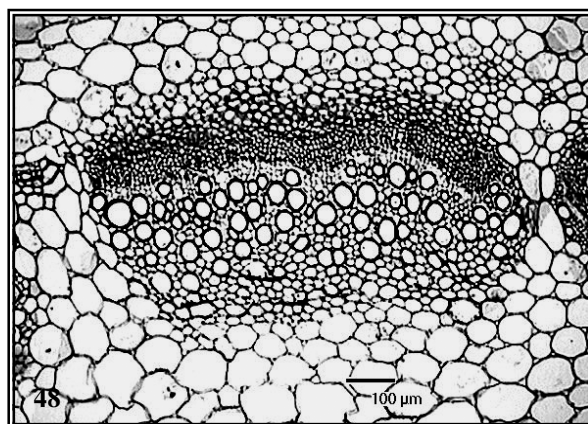
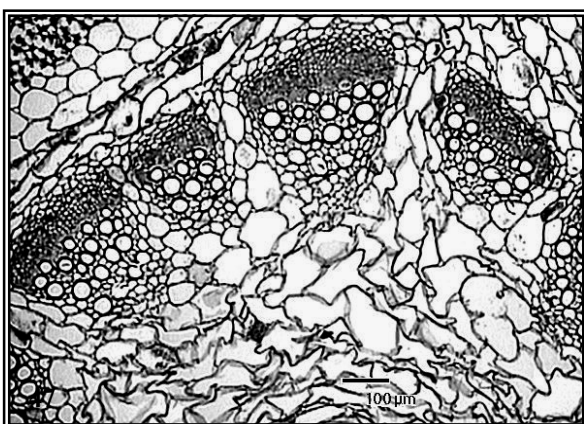
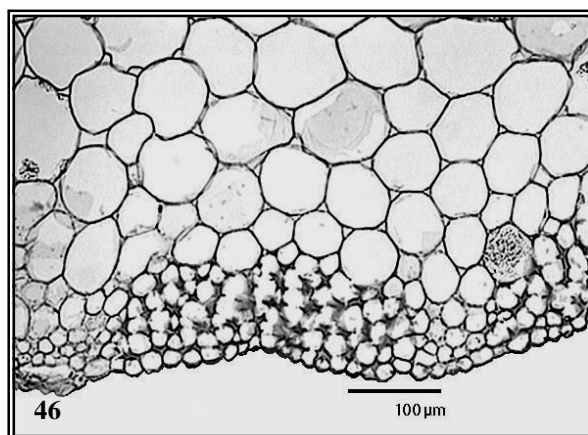
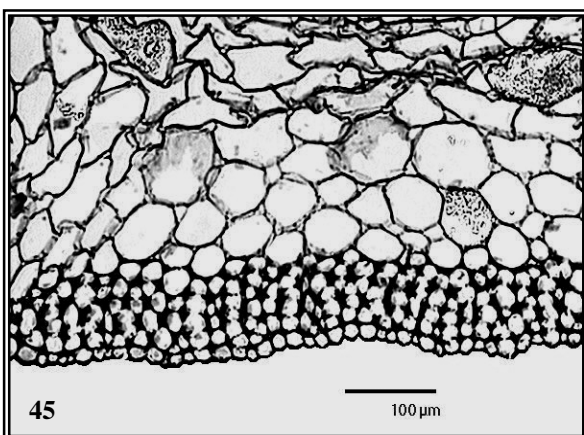
tamaños: los pequeños con largo de 144.6 a 172.4 μm y los grandes con largo de 202.1 a 231.4 μm (Cuadro 20 y 21). Y los elementos de punteadura bordeada de tipo alterna, ausentes en los cultivares Azteca y Mercado, frecuentes en el cultivar Mixteco con largo de 102.5 a 270 μm y abundantes en el cultivar Nepal son de dos tamaños, los pequeños con largo de 70 a 157.5 μm y los grandes con largo de 157.5 a 320.5 μm (Cuadro 20). En los extremos de cada elemento de vaso se observó una placa terminal con perforación simple y con ángulo de inclinación de 45° frecuentes en el cultivar Azteca y escasos en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal; menor 45° frecuentes en los cultivares Mercado y Mixteco, abundantes en los cultivares Azteca y Nepal; y de 90° frecuentes en los cultivares Mercado y Mixteco, escasos en los cultivares Azteca y Nepal (Cuadro 20).

Cuadro 20. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Peciolo** de *A. hypochondriacus*.

Carácter	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Forma de células epidérmicas adaxiales (V. S.)	Poligonal, poligonal alargada y rectangular	Poligonal	Rectangular	Poligonal y rectangular
Núcleos en células epidérmicas adaxiales (V. S.)	Inconspicuos	En algunas conspicuos	En la mayoría conspicuos	Inconspicuos
Forma de células epidérmicas adaxiales (V. S.)	Rectangular y rectangular alargada	Rectangular, rectangular alargada y poligonal	Rectangular y poligonal	Rectangular y poligonal
Núcleos en células epidérmicas adaxiales (V. S.)	En algunas evidentes	En algunas evidentes	En la mayoría evidentes	No evidentes
Estomas en epidermis abaxial (V. S.)	Inconspicuos	Inconspicuos	Inconspicuos	Conspicuos de tipo anomocítico
Interrupciones de colénquima adaxial	Frecuentes	Escasas	Escasas	Frecuentes
Forma de células de colénquima adaxial (S. T.)	Obloides e isodiamétricas	Obloides y algunas isodiamétricas	Obloides e isodiamétricas	Obloides e isodiamétricas
Orientación de células obloides de colénquima adaxial (S. T.)	Radiales y Tangenciales	Radiales y algunas tangenciales	Tangenciales y algunas radiales	Tangenciales y algunas radiales
Orientación de células obloides de colénquima abaxial (S. T.)	Radiales y Tangenciales	Radiales y algunas tangenciales	Tangenciales y algunas radiales	Tangenciales y algunas radiales
Forma de células del córtex (S. T.)	Elípticas e irregulares	Irregulares	Irregulares	Elípticas e irregulares
Forma de células de la medula (S. T.)	Elípticas	Irregulares	Irregulares	Elípticas
Células parenquimáticas del xilema con cristales de oxalato de calcio en forma arena en (S. T.)	Abundantes	Escasas	Abundantes	Abundantes
Cristales en forma de arena agrupados (S. T.)	Evidentes	Ausentes	Evidentes	Evidentes
Distribución de haces vasculares (S. T.)	Arco	Casi un anillo	Arco	Arco
Ornamentación de la pared de los elementos de vaso (S. T.)	Escasos con engrosamiento helicoidal, frecuentes de punteadura pseudoescalariforme y ausentes de punteadura bordeada alterna	Abundantes con engrosamiento helicoidal, frecuentes de punteadura pseudoescalariforme y ausentes de punteadura bordeada alterna	Abundantes con engrosamiento helicoidal, frecuentes de punteadura pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna	Abundantes con engrosamiento helicoidal, frecuentes de punteadura pseudoescalariforme y abundantes de punteadura bordeada alterna
Ángulo de inclinación en elementos De vaso (S. T.)	45° frecuentes <45° abundantes y 90° escasos	45° escasos <45° frecuentes y 90° frecuentes	45° escasos <45° frecuentes y 90° frecuentes	45° escasos <45° abundantes y 90° escasos

Cuadro 21. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en el **Peciolo** de *A hypochondriacus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.).

CARÁCTER	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V. S.)	2 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 4
Grosor de cutícula adaxial (S.T.)	4.7 \pm 1.3 (2.5-7.5)	5.4 \pm 1.3 (2.5-7.5)	5.2 \pm 1.3 (2.5-7.5)	6.3 \pm 1.5 (5-10)
Largo de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	14.8 \pm 2.7 (10-20)	20 \pm 4.3 (12.5-27.5)	15.9 \pm 2.8 (12.5-22.5)	24.9 \pm 5.1 (17.5-32.5)
Ancho de células epidérmicas adaxiales (S.T.)	21.5 \pm 4.6 (15-32.5)	24.5 \pm 6.4 (15-37.5)	19.4 \pm 2.9 (15-27.5)	33 \pm 7.4 (20-55)
Número de células del pie en tricomas abaxiales (V. S.)	2 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 3
Largo de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	17.9 \pm 3.4 (12.5-25)	14.2 \pm 3.3 (10-22.5)	13.2 \pm 2.8 (10-20)	22.8 \pm 3.6 (17.5-30)
Ancho de células epidérmicas abaxiales (S.T.)	26.7 \pm 4.5 (17.5-35)	19.7 \pm 4.5 (12.5-30)	17 \pm 4 (12.5-25)	28.9 \pm 4.7 (17.5-37.5)
Número de estratos de colénquima adaxial (S.T.)	4.2 \pm 0.7 (3-5)	4.7 \pm 0.8 (3-6)	4.8 \pm 0.6 (4-6)	4 \pm 0.6 (3-5)
Grosor de colénquima adaxial (S.T.)	199.6 \pm 28.9 (145-255)	139.4 \pm 22.4 (100-175)	201 \pm 34 (125-265)	115.8 \pm 16.4 (87.5-140)
Largo de células de colénquima adaxial (S.T.)	31.7 \pm 5.7 (22.5-45)	33.5 \pm 7 (22.5-50)	34.6 \pm 6.5 (25-50)	36.1 \pm 4.8 (25-45)
Ancho de células de colénquima adaxial (S.T.)	22.2 \pm 3.5 (17.5-32.5)	24.8 \pm 4.5 (15-32.5)	25 \pm 4 (17.5-35)	27.5 \pm 3.8 (20-37.5)
Número de estratos de colénquima abaxial (S.T.)	4.4 \pm 0.7 (3-6)	4.2 \pm 0.6 (3-5)	3.9 \pm 0.5 (3-5)	3.8 \pm 0.7 (3-5)
Grosor de colénquima abaxial (S.T.)	253 \pm 34 (185-310)	191 \pm 24.3 (140-225)	213 \pm 17 (170-240)	232 \pm 32 (175-295)
Largo de células de colénquima abaxial (S.T.)	32.1 \pm 3.5 (27.5-37.5)	28.1 \pm 4.3 (20-40)	33 \pm 5.6 (25-47.5)	30.5 \pm 5.3 (25-40)
Ancho de células de colénquima abaxial (S.T.)	23.4 \pm 3.1 (17.5-27.5)	21 \pm 3.9 (15-27.5)	25.4 \pm 6.2 (12.5-37.5)	23.8 \pm 3.8 (17.5-30)
Largo de células parenquimáticas del córtex (S.T.)	106.8 \pm 22.4 (72.5-172.5)	138.8 \pm 37.6 (82.5-205)	93.6 \pm 19.3 (52.5-130)	113.9 \pm 28.4 (75-165)
Ancho de células parenquimáticas del córtex (S.T.)	63.7 \pm 13.3 (40-100)	111.4 \pm 30.9 (70-167.5)	68.6 \pm 15.2 (45-100)	80 \pm 18.1 (55-120)
Largo de células parenquimáticas medulares (S.T.)	93.6 \pm 18.4 (55-150)	146.8 \pm 39 (65-245)	96 \pm 26.2 (52.5-142.5)	117.8 \pm 34.1 (65-210)
Ancho de células parenquimáticas medulares (S.T.)	58.1 \pm 14.5 (35-95)	115.6 \pm 31.1 (52.5-187.5)	59.7 \pm 13.5 (37.5-97.5)	88.1 \pm 20.9 (55-135)
Número de vasos por haz vascular (S.T.)	34.8 \pm 5.8 (27-46)	30.4 \pm 6.9 (21-44)	22.6 \pm 3.6 (15-30)	24.2 \pm 4.9 (18-34)
Diámetro tangencial de vasos (S.T.)	55.4 \pm 3.7 (50-62.5)	48.8 \pm 2.1 (45-52.5)	51.7 \pm 3.4 (45-60)	48.8 \pm 3.2 (42.5-57.5)
Grosor de pared de los vasos (S.T.)	6.4 \pm 1.6 (5-10)	4.7 \pm 1.3 (2.5-7.5)	6 \pm 1.8 (2.5-10)	5.8 \pm 1.2 (5-7.5)
Largo de elementos de vaso con engrosamientos helicoidales (S.T.)	249.8 \pm 58.9 (162.5-335)	234.6 \pm 53.6 (135-325)	295.3 \pm 80.5 (195-490)	253.4 \pm 68.5 (137.5-375)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura pseudoescalariforme (S.T.)	172.4 \pm 18.8 (130-197.5)	144.6 \pm 24.3 (87.5-172.5)	159.9 \pm 17.5 (110-180)	161.9 \pm 24.2 (105-185)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura pseudoescalariforme (S.T.)	231.4 \pm 15.4 (200-256)	202.1 \pm 22 (175-250)	230.1 \pm 41.8 (180-315)	230.1 \pm 23.4 (187.5-300)



Figuras 45-48, Peciolo sección transversal. 45. Colénquima abaxial más engrosado en *A. hypochondriacus* Nepal. 46. Colénquima abaxial menos engrosado en *A. hypochondriacus* Mixteco. 47. Haces vasculares pequeños con un menor número de vasos en *A. hypochondriacus* Mixteco. 48. Haz vascular grande con un mayor número de vasos en *A. hypochondriacus* Azteca. Figuras 49-51, Elementos de vaso en disociados. 49. Elemento de vaso con punteadura helicoidal en *A. hypochondriacus* Mercado. 50. Elementos de vaso con punteadura pseudoescalariforme en *A. hypochondriacus* Nepal. 51. Elemento de vaso con punteaduras pseudoescalariformes en *A. hypochondriacus* Mixteco.

TALLO

TEJIDO DÉRMICO

Vista superficial.- Células epidérmicas en general de forma rectangular, en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal algunas poligonales y en el cultivar Mercado algunas cuadradas; de paredes anticlinales lineales y engrosadas (Cuadro 22). En los cuatro cultivares en algunas células los núcleos son evidentes. Los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco los estomas son inconspicuos y en el cultivar Nepal son conspicuos de tipo anomocítico (Cuadro 22).

Tricomas.- Multicelulares, uniseriados y glandulares, de distribución aleatoria y muy escasos; formados por una a tres células del pie; de cinco a ocho en su cuerpo principal y una glandular en posición terminal. Las células del pie son en forma de domo y se organizan a manera de roseta. Las células del cuerpo principal son de forma cuadrada y obloide, la mayoría con paredes engrosadas, de contenido celular translucido de color ámbar y la célula terminal isodiamétrica. En los cultivares Azteca y Mercado con una a tres células del pie y en los cultivares Mixteco y Nepal de una a dos (Cuadro 22).

Sección transversal.- Contorno irregular. Cutícula lisa, con un grosor de cuatro a cinco μm en los cuatro cultivares (Cuadro 23). Epidermis monoestratificada; células de forma obloide con su eje longitudinal tangencialmente orientado y algunas cuadradas sobre las interrupciones colenquimáticas subyacentes. En el cultivar Nepal se observan fracciones de peridérmis, originadas a partir de la epidermis, con cuatro a ocho estratos de células; de forma rectangular; con paredes delgadas; ligeramente suberizadas y felema poco desarrollado, felógeno y felodérmis inconspicuos; en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco la peridérmis esta ausente (Cuadro 22). Células de paredes periclinales engrosadas, en los cultivares Azteca Mercado y Nepal las paredes periclinales tangenciales externas son más engrosadas que las tangenciales internas (Cuadro 22); largo celular de 15.3 a 25.3 μm y ancho de 20.8 a 29.4 μm (Cuadro 23).

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex:

Colénquima.- De tipo angular y discontinuo en los cuatro cultivares; formado por siete a ocho estratos celulares (Cuadro 23); grosor total de 152.5 a 196.5 μm (Cuadro 23). Células de forma obloide, con orientación tangencial, algunas radiales y de forma isodiamétrica; largo celular de 21.9 a 29.1 μm y ancho de 22.5 a 36.4 μm (Cuadro 23).

El resto del córtex esta formado por células parenquimáticas; en general de forma elíptica orientadas de manera tangencial y de forma isodiamétrica en el tejido que interrumpe el

colénquima; de paredes delgadas, largo celular de 94.5 a 106.4 μm y ancho de 60 a 71.3 μm (Cuadro 23).

Tejido conjuntivo

Periférico.- Formado por segmentos de tejido interfascicular de tipo parenquimático con células de paredes secundarias con diferentes grados de lignificación; grosor total de 132.1 a 359.6 μm (Cuadro 23); formado por 14 a 19 estratos celulares en los cuatro cultivares (Cuadro 23). Células de paredes parcialmente lignificadas de forma cuadrada u obloide orientadas radialmente; con diámetro radial de 23 a 26.9 μm (Cuadro 23) y diámetro tangencial de 16 a 19.3 μm (Cuadro 23).

Interno.- Formado por segmentos de tejido interfascicular y bandas de tejido tangencial entre los anillos, poco definidas; ambos formados por células parenquimáticas. Células orientadas aleatoriamente; de forma elíptica y elíptica alargada; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las células parenquimáticas del córtex.

Médula.- Formada por células de forma obloide y algunas elípticas; orientadas aleatoriamente; de paredes delgadas y de mayor tamaño que las del córtex; largo celular de 155.8 a 199 μm y ancho de 130.1 a 157.5 μm (Cuadro 23).

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato calcio en forma de arenas en algunas células del córtex y médula, en algunas células parenquimáticas del xilema de algunos haces de los anillos vasculares internos. También en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco en algunas células del colénquima externo a floema (Cuadro 22).

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- El sistema de conducción se desarrolla a partir de un crecimiento secundario con variante cambial del tipo "Cambium sucesivo", el cual esta construido por anillos concéntricos alternantes de haces vasculares.

Anillo vascular periférico

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo poco desarrollado, formado por dos regiones, una externa con colenquimático de tipo lagunar un poco colapsado de paredes primarias poco engrosadas y una interna formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema secundario.- Formado por vasos y traqueidas como elementos de conducción y fibras. El número de vasos por haz es de ocho a once (Cuadro 23); vasos con diámetro tangencial de 51.5 a 57.8 μm (Cuadro 23) y grosor de pared de cuatro a cinco μm en la especie (Cuadro 23). Los

patrones de ornamentación intervascular de las paredes secundarias de los elementos de vaso son: con engrosamientos de tipo helicoidal; escasos en los cultivares Azteca y Mixteco y frecuentes en los cultivares Mercado y Nepal (Cuadro 22); largo de 245.1 a 421.6 μm (Cuadro 23). Los de punteadura de tipo pseudoescalariforme; ausentes en el cultivar Nepal, escasos en el cultivar Azteca elementos con largo de 155 a 360 μm ; frecuentes en los cultivares Mercado, elementos con largo de 160 a 270 μm y abundantes en el cultivar Mixteco, son de dos tamaños, los pequeños con largo de 125 a 270 μm y los grandes con largo de 270 a 425 μm (Cuadro 22). Y los de punteadura bordeada de tipo alterna; frecuentes en los cuatro cultivares; son de dos tamaños, los pequeños con largo de 202.3 a 226 μm (Cuadro 22) y los grandes con largo de 258.8 a 314 μm (Cuadro 23). Los patrones de ornamentación de las paredes secundarias de los elementos de vaso a parénquima son en general con punteaduras de tipo simple y más grandes que las intervasculares. En los extremos de cada elemento de vaso se observó una placa terminal con perforación simple, con un ángulo de inclinación de 45° y menor de 45° frecuentes en los cuatro cultivares y de 90° frecuentes en el cultivar Mercado y escasos en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal (Cuadro 22). Fibras de tipo libriforme, de longitud variable, nucleadas, algunas septadas, de paredes muy lignificadas con punteaduras simples y los extremos ahusados, con diámetro radial de 20.5 a 22.6 μm (Cuadro 23) y diámetro tangencial de 13 a 14.4 μm (Cuadro 23); grosor de pared de fibras de dos a siete μm en la especie (Cuadro 23); largo de 785.1 a 1054.6 μm (Cuadro 23).

Anillos vasculares internos

Formados por haces de tipo colateral con floema exarca y xilema endarca; distribuidos en cinco o seis anillos poco definidos; cada anillo separado uno del otro por tejido conjuntivo tangencial.

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo, formado por dos regiones, una externa poco desarrollada con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

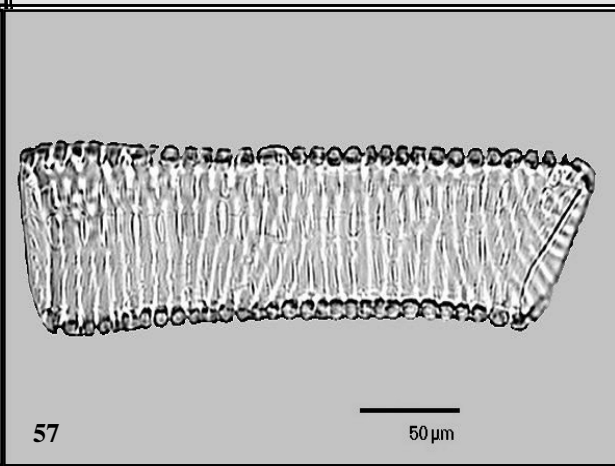
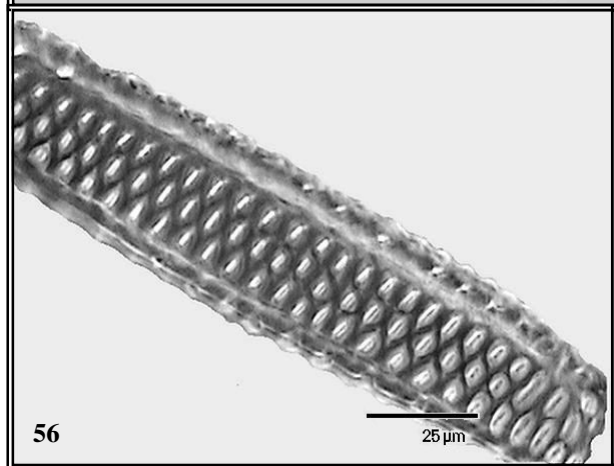
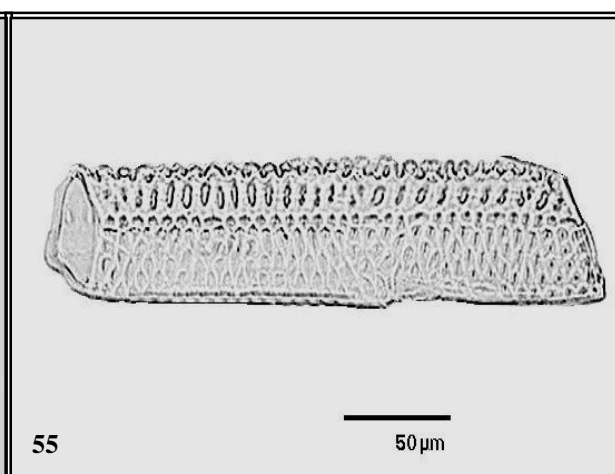
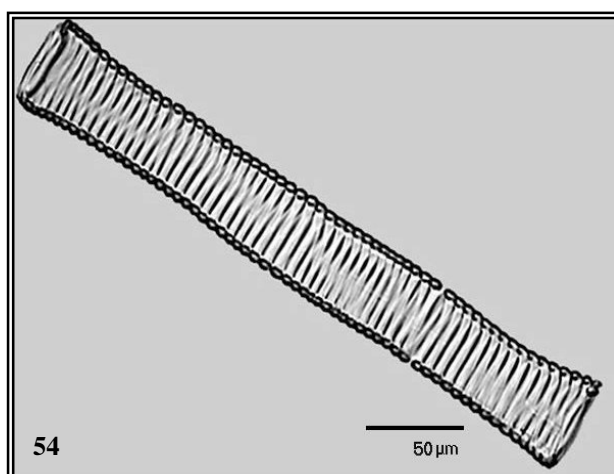
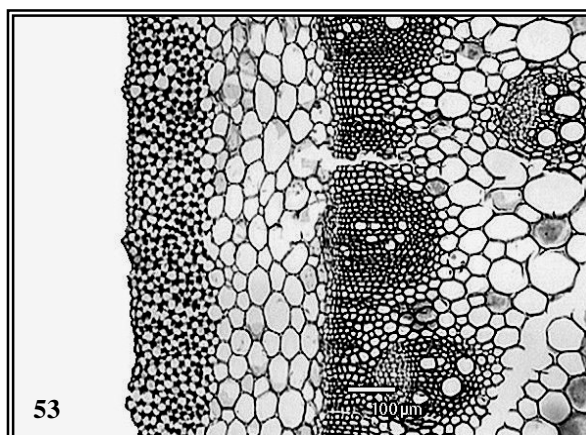
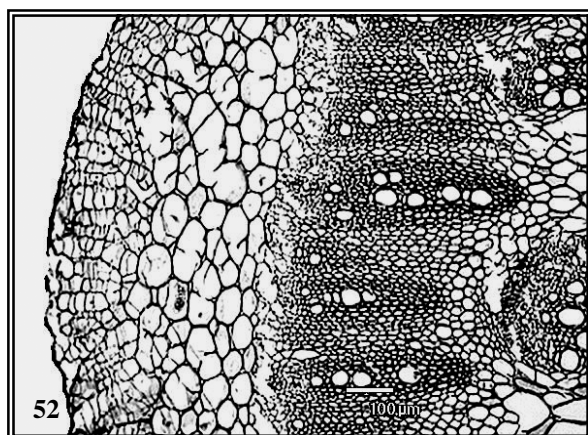
Xilema secundario.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción, fibras y parénquima axial. El número de vasos por haz es de 19 a 33 (Cuadro 23); vasos con diámetro tangencial de 61.5 a 77.6 μm en elementos intermedios (Cuadro 23) y de 69.8 a 73 μm en elementos centrales (Cuadro 23); grosor de pared de seis a ocho μm de en los cuatro cultivares (Cuadro 23). Fibras de paredes engrosadas y lignificadas; de lumen conspicuo y parenquima axial de tipo paratraqueal vasocéntrico y entre los vasos con células de paredes ligeramente engrosadas.

Cuadro 22. Caracteres cualitativos encontrados en vista superficial (V. S.) y sección transversal (S. T.) en **Tallo** de *A. hypochondriacus*.

Carácter	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Forma de célula epidérmicas (V. S.)	Rectangular y algunas poligonales	Rectangular y algunas cuadradas	Rectangular y algunas poligonales	Rectangular y algunas poligonales
Estomas (V. S.)	Inconspicuos	Inconspicuos	Inconspicuos	Conspicuos de tipo anomocítico
Peridérmis, origen (S. T.)	Ausente	Ausente	Ausente	Evidente, de origen epidérmico
Grosor de las paredes periclinales de las células epidérmicas (S. T.)	Tangenciales externas más engrosadas que tangenciales internas	Tangenciales externas más engrosadas que tangenciales internas	Tangenciales externas e internas similares	Tangenciales externas más engrosadas que tangenciales internas
Cristales en forma de arena en colénquima externo al floema (S. T.)	Evidentes	Evidentes	Evidentes	Ausente
Ornamentación de las paredes de los elementos de vaso (S. T.)	Escasos con engrosamiento helicoidal, escasos de punteadura pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna	Frecuentes con engrosamiento helicoidal, frecuentes de punteadura pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna	Escasos con engrosamiento helicoidal, abundantes de punteadura pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna	Frecuentes con engrosamiento helicoidal, ausentes de punteadura pseudoescalariforme y frecuentes de punteadura bordeada alterna
Ángulo de inclinación de placa terminal en elementos de vaso (S. T.)	45° frecuentes <45° frecuentes y 90° escasos	45° frecuentes <45° frecuentes 90° frecuentes	45° frecuentes <45° frecuentes 90° escasos	45° frecuentes <45° frecuentes 90° escasos

Cuadro 23. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en el **Tallo** de *A hypochondriacus*. Vista superficial (V. S.) Sección transversal (S. T.).

CARÁCTER	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Número de células del pie en tricomas adaxiales (V. S.)	1 - 3	1 - 3	1 - 2	1 - 2
Grosor de cutícula (S.T.)	4 \pm 1.3 (2.5-5)	5.1 \pm 1.1 (2.5-7.5)	5 \pm 7 (2.5-7.5)	4.4 \pm 1.7 (2.5-7.5)
Largo de células epidérmicas (S.T.)	16.4 \pm 3.7 (10-22.5)	15.3 \pm 2.4 (12.5-22.5)	15.3 \pm 2.5 (10-22.5)	25.3 \pm 5.6 (15-32.5)
Ancho de células epidérmicas (S.T.)	22.3 \pm 4.5 (12.5-30)	21.6 \pm 3.4 (17.5-27.5)	20.8 \pm 5.7 (12.5-37.5)	29.4 \pm 5.3 (20-37.5)
Número de estratos de colénquima (S.T.)	7.4 \pm 1 (5-10)	8.1 \pm 1.3 (4-10)	6.9 \pm 1.3 (5-9)	7 \pm 1 (6-9)
Grosor de colénquima (S.T.)	187.7 \pm 26.2 (145-245)	196.5 \pm 38.9 (60-250)	152.5 \pm 31.6 (87.5-197.5)	174.6 \pm 23 (130-212.5)
Largo de células de colénquima (S.T.)	25.7 \pm 4.9 (17.5-40)	29.1 \pm 7.5 (17.5-45)	21.9 \pm 3.3 (17.5-27.5)	25.4 \pm 5.3 (154-35)
Ancho de células de colénquima (S.T.)	34.9 \pm 7 (27.5-52.5)	22.5 \pm 6.5 (15-32.5)	30.4 \pm 6.7 (20-42.5)	36.4 \pm 10.9 (20-67.5)
Largo de células parenquimáticas del córtex (S.T.)	94.5 \pm 29.8 (50-183)	104.6 \pm 20.1 (70-140)	97.6 \pm 21 (55-152.5)	106.4 \pm 22.2 (67.5-155)
Ancho de células parenquimáticas del córtex (S.T.)	60 \pm 12.8 (37.5-82.5)	66.5 \pm 14.1 (37.5-92.5)	71.3 \pm 13.7 (47.5-103)	70.3 \pm 10.7 (52.5-92.5)
Grosor de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico (S.T.)	132.1 \pm 11.2 (120-172.5)	359.6 \pm 49.7 (305-455)	346.2 \pm 39.7 (275-425)	347 \pm 57.7 (245-500)
Número de estratos celulares de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico (S.T.)	19 \pm 3.6 (11-24)	15.5 \pm 1.9 (13-21)	17.7 \pm 2.6 (12-19)	14.4 \pm 2.8 (11-21)
Diámetro radial de células de parénquima parcialmente lignificadas (S.T.)	26.9 \pm 5.3 (17.5-42.5)	25.3 \pm 3.9 (20-35)	23.6 \pm 3.8 (17.5-35)	23 \pm 3.8 (15-30)
Diámetro tangencial de células de parénquima parcialmente lignificadas (S.T.)	17.7 \pm 3.1 (12.5-25)	19.3 \pm 2.9 (15-27.5)	17.7 \pm 2.6 (15-22.5)	16 \pm 3 (12.5-22.5)
Largo de células parenquimáticas medulares (S.T.)	155.8 \pm 35 (87.5-215)	199 \pm 34.1 (132.5-250)	194.4 \pm 48.1 (97.5-300)	165.8 \pm 42.2 (92.5-227.5)
Ancho de células parenquimáticas medulares (S.T.)	130.1 \pm 26.5 (75-175)	157.5 \pm 26.2 (107.5-217.5)	139.6 \pm 35.6 (90-227.5)	153.7 \pm 39.4 (67.5-235)
Número de vasos por haz vascular de anillo periférico (S.T.)	11 \pm 4 (6-17)	11 \pm 2 (7-14)	8 \pm 2 (4-12)	10 \pm 3 (6-18)
Diámetro tangencial de vasos de anillo vascular periférico (S.T.)	57.5 \pm 5.4 (50-70)	52.2 \pm 5.5 (42.5-67.9)	57.8 \pm 5.2 (50-70)	51.5 \pm 7.4 (35-67.5)
Grosor de la pared de los vasos de anillo vascular periférico (S.T.)	4.3 \pm 1 (3-7)	4.5 \pm 1.1 (3-6)	4.6 \pm 8 (4-6)	4.4 \pm 6 (3-7)
Largo de elementos de vaso con engrosamientos helicoidales (S.T.)	421.6 \pm 53.9 (360-460)	245.1 \pm 95.1 (137.5-430)	395 \pm 67.6 (255-480)	399.8 \pm 105.5 (250-640)
Largo de elementos de vaso pequeños con punteadura bordeada de tipo alterna (S.T.)	226 \pm 24.7 (187.5-255)	205.7 \pm 16.2 (177.5-230)	223.4 \pm 27.5 (152.5-260)	202.3 \pm 26.8 (155-232.5)
Largo de elementos de vaso grandes con punteadura bordeada de tipo alterna (S.T.)	314 \pm 53 (255-430)	258.8 \pm 25.9 (230-305)	309.2 \pm 44.2 (260-430)	280.8 \pm 44.2 (232.5-395)
Diámetro radial de fibras (S.T.)	21 \pm 2.4 (17-26)	21.6 \pm 3.6 (16-27)	22.6 \pm 2.7 (17-27)	20.5 \pm 3.1 (16-26)
Diámetro tangencial de fibras (S.T.)	14.4 \pm 1.4 (11-17)	13.3 \pm 1.6 (10-16)	14.4 \pm 1.8 (9-17)	13 \pm 1.6 (11-16)
Grosor de pared de las fibras (S.T.)	2 - 5	2 - 5	3 - 7	3 - 7
Largo de las fibras (S.T.)	1054.6 \pm 185.4 (725-1397.5)	785.1 \pm 97.9 (642.5-997.5)	898.7 \pm 129.4 (792.5-1320)	851.8 \pm 93.2 (617.5-1005)
Número de vasos por haz vascular de anillos vasculares internos (S.T.)	33.3 \pm 13.7 (12-58)	24.3 \pm 10 (9-43)	19.2-9 (6-33)	20.9 \pm 9.8 (9-47)
Diámetro tangencial de vasos intermedios en anillos vasculares internos (S.T.)	77.6 \pm 11.6 (60-112.5)	68.9 \pm 10.3 (52.5-85)	61.5 \pm 8.3 (47.5-82.5)	68.5 \pm 9.8 (57.5-92.5)
Diámetro tangencial de vasos centrales en anillos vasculares internos (S.T.)	71.4 \pm 9.5 (55-90)	69.8 \pm 10.2 (50-85)	73 \pm 12.1 (55-100)	72.6 \pm 10.2 (57.2-97.5)
Grosor de la pared de los vasos en anillos vasculares internos (S.T.)	6.1 \pm 1.6 (5-10)	6.1 \pm 1.3 (5-7.5)	7.6 \pm 1.5 (5-10)	7.2 \pm 2.3 (5-12.5)



Figuras 52,53, Tallo sección transversal. 52. Peridermis producida a nivel de la epidérmis y anillo periférico con mayor grosor y menor número de estratos en *A. hypochondriacus* Nepal. 53. Peridermis ausente y anillo vascular periférico con el menor grosor y mayor número de estratos en *A. hypochondriacus* Azteca. Figuras 54-57, Elementos de vaso en disociados. 54. Elemento con punteaduras helicoidales intervasculares en *A. hypochondriacus* Azteca. 55. Elemento de vaso con punteaduras bordeadas alternas intervasculares y punteaduras simples vaso-parénquima en *A. hypochondriacus* Azteca. 56. Elemento de vaso con punteaduras bordeadas alternas intervasculares mayor aumento en *A. hypochondriacus* Azteca. 57. Elemento de vaso con punteaduras pseudoescalariformes intervasculares en *A. hypochondriacus* Azteca.

RAÍZ

TEJIDO DÉRMICO

Sección transversal.- Contorno irregular. Rizodérmis formada por tres a cinco estratos celulares, con los estratos externos más colapsados, en los cuatro cultivares. Células de forma rectangular muy alargada; orientadas de manera tangencial; algunas con los extremos redondeados; de paredes delgadas, ligeramente suberizadas; felema poco desarrollado, felógeno y felodérmis inconspicuos.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Sección transversal

Córtex.- Diferenciado en dos regiones de tejido parenquimático. La región externa, formada por seis a 10 estratos celulares (Cuadro 25); grosor total de 154 a 355.6 μm (Cuadro 25); células de forma rectangular o elípticas muy alargadas, orientadas tangencialmente; de paredes delgadas; largo celular de 135.5 a 180.5 μm y ancho de 30.8 a 50.3 μm (Cuadro 25). En la región interna el grosor es de 78.5 a 159.3 μm (Cuadro 25); células distribuidas sin un patrón definido, de forma isodiamétrica u obloide; de paredes delgadas y de menor tamaño que las de la región externa.

Tejido conjuntivo

Periférico.- Formado por segmentos de tejido interfascicular de tipo parenquimático con células de paredes secundarias con diferentes grados de lignificación; grosor total de 347 a 805.2 μm ; las células forman de 14 a 22 estratos en los cuatro cultivares (Cuadro 25). Células de paredes parcialmente lignificadas de forma obloide; orientadas radialmente; diámetro radial de 26.7 a 39.5 μm (Cuadro 25) y diámetro tangencial de 18.4 a 26.6 μm (Cuadro 25).

Interno.- Formado por segmentos de tejido interfascicular y tejido tangencial bien definidos, con células de paredes con diferentes grados de lignificación o de paredes delgadas. En los cultivares Azteca y Mixteco, en el segundo anillo interno siguiente periférico y en el cultivar Mercado en el segundo y tercer anillo siguientes al periférico, la mayoría de los segmentos interfasciculares y tejido tangencial están formados por células de paredes parcialmente lignificadas; en el cultivar Nepal solo el anillo periférico tiene células con características similares (Cuadro 25). En los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco algunas regiones entre algunos segmentos interfasciculares y algunas del tejido tangencial, del segundo anillo vascular siguiente al periférico y en el cultivar Nepal en abundantes regiones del anillo periférico están formadas por células de paredes delgadas (Cuadro 24). Las células en contacto con la región más estrecha del xilema de los haces vasculares de anillos internos, se orientan de manera radial con respecto a cada haz en los cuatro cultivares; en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco las que están en contacto con cada haz vascular de la

diarca se orientan radialmente y en el cultivar Nepal tangencialmente, el resto con orientación aleatoria, algunas tangenciales (Cuadro 24); células de contorno irregular y de paredes delgadas.

Contenidos celulares.- Se encontraron cristales de oxalato calcio en forma de arenas, en algunas células parenquimáticas del córtex y tejido conjuntivo interno, en algunas células colenquimáticas externas al floema de los haces en anillos vasculares internos y en algunas células del parénquima floemático de los haces vasculares primarios. En los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco se observaron gránulos de almidón, en la mayoría de las células del parénquima del córtex externo e interno, en el cultivar Mercado no son evidentes (Cuadro 24).

TEJIDO VASCULAR

Sección transversal.- El sistema de conducción se desarrolla a partir de un crecimiento secundario con variante cambial de tipo "Cambium sucesivo", el cual está construido por anillos concéntricos alternantes de haces vasculares independientes.

Anillo vascular periférico

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo poco desarrollado, formado por dos regiones, una externa colapsada, con tejido colenquimático de tipo lagunar poco desarrollado y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema secundario.- Formado por los vasos y traqueidas como elementos de conducción y fibras. El número de vasos por haz es de seis a 12 (Cuadro 25); vasos con diámetro tangencial de 39.2 a 48.7 μm (Cuadro 25); grosor de pared cuatro μm en los cuatro cultivares (Cuadro 25). Fibras con paredes secundarias muy lignificadas; de forma obloide; con orientación radial; lumen conspicuo; diámetro radial de 19.2 a 26.3 μm (Cuadro 25), diámetro tangencial de 12.4 a 13.6 μm (Cuadro 25); grosor de pared de dos a cuatro μm en la especie.

Anillos vasculares internos

Formados por haces de tipo colateral, con floema exarca y xilema endarca; distribuidos en tres a cinco anillos bien definidos; cada anillo separado uno del otro por tejido conjuntivo tangencial.

Floema.- Un paquete por haz vascular, en forma de domo, formado por dos regiones, una externa colapsada con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

Xilema secundario.- Formado por traqueidas y vasos como elementos de conducción, fibras y parénquima axial. El número de vasos por haz es de 23 a 32 (Cuadro 25); vasos con diámetro tangencial de 58.6 a 79.2 μm en vasos intermedios (Cuadro 25) y de 66.9 a 85 μm en vasos centrales (Cuadro 25); grosor de pared de seis a siete μm en los cuatro cultivares (Cuadro 25). Fibras de paredes engrosadas lignificadas y lumen conspicuo; parenquima axial de tipo paratraqueal vasicentrico y entre los vasos con células de paredes delgadas.

Diarca

El tejido vascular central esta organizados en dos arcos con floema exarca y xilema endarca. Estos haces de tejido vascular primario, se fusionan entre sí a nivel del protoxilema.

Floema.- Un paquete por haz vascular; en forma de domo, formado por dos regiones, una externa un poco colapsada, con tejido colenquimático de tipo lagunar de paredes primarias poco engrosadas y una interna, formada por células cribosas, células acompañantes nucleadas y células parenquimáticas de mayor tamaño.

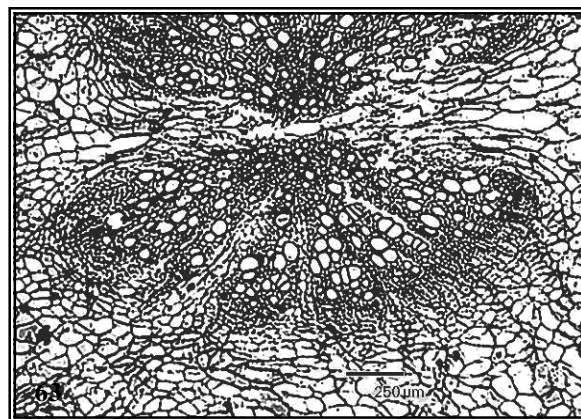
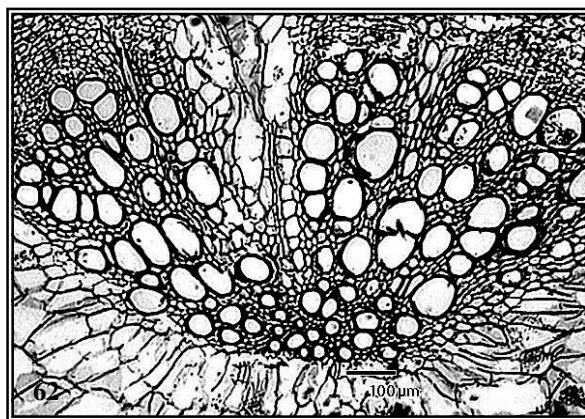
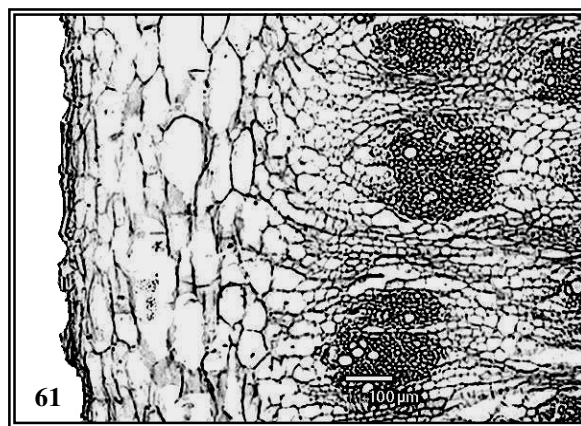
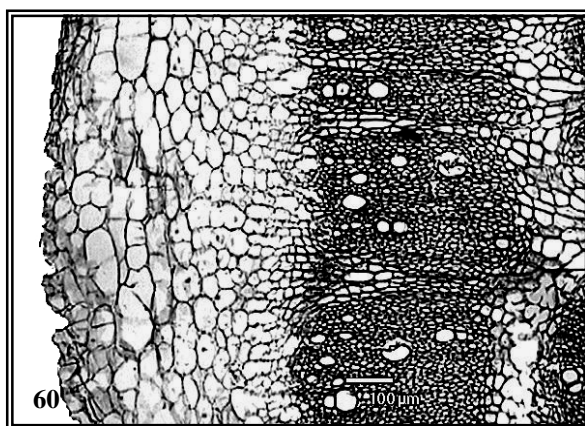
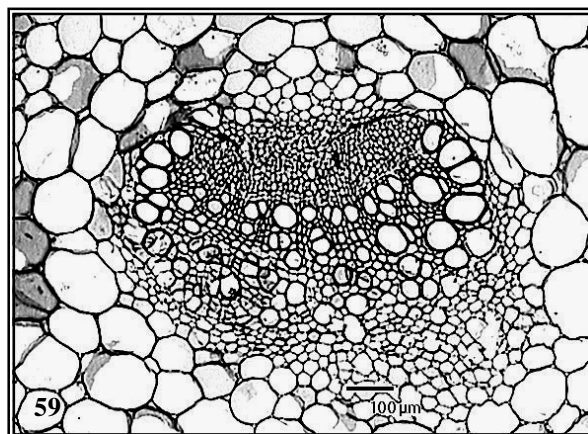
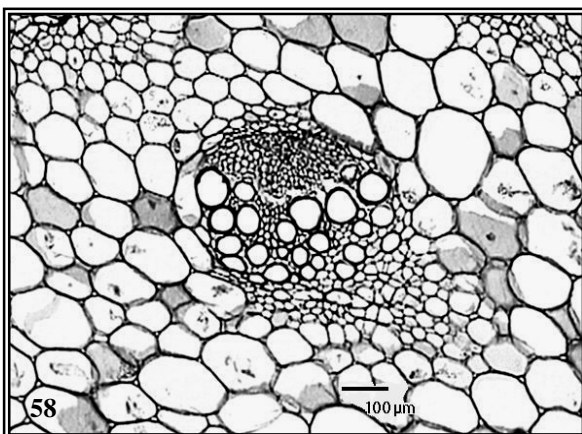
Xilema primario.- Formado por vasos y traqueidas como elementos de conducción, fibras y parénquima axial. El número de vasos por haz es de 35 a 75 (Cuadro 25); vasos con diámetro tangencial de 67.3 a 90.2 μm (Cuadro 25); grosor de pared de cinco a ocho μm de en los cuatro cultivares. Fibras de paredes engrosadas lignificadas y lumen conspicuo; parenquima axial de tipo paratraqueal vasicentrico y entre los vasos con células de paredes delgadas.

Cuadro 24. Caracteres cualitativos encontrados en sección transversal en **Raíz** de *A. hypochondriacus*.

Carácter	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Regiones interfasciculares y tangenciales con células de parénquima de paredes delgadas	Escasas	Escasas	Escasas	Abundantes
Orientación de células de parénquima alrededor de haces vasculares en estructura diarca	Radiales	Radiales	Radiales	Tangenciales
Gránulos de almidón en córtex externo e interno	Evidentes	Ausentes	Evidentes	Evidentes

Cuadro 25. Valores promedio (μm) \pm una desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) de los caracteres anatómicos cuantitativos encontrados en la **Raíz** de *A hypochondriacus*.

CARÁCTER	AZTECA	MERCADO	MIXTECO	NEPAL
Número de estratos de cortex externo	5.7 \pm 0.7 (4-7)	9 \pm 1.2 (7-12)	6.2 \pm 0.6 (5-7)	10.2 \pm 1.6 (7-13)
Grosor del córtex externo	201.7 \pm 22.6 (155-242.5)	154 \pm 33.4 (102.5-222.5)	160.5 \pm 16 (137.5-205)	355.6 \pm 38.4 (250-420)
Largo de las células parenquimáticas del córtex externo	156.2 \pm 37.8 (102.5-245)	158.3 \pm 40.1 (100-270)	1325.5 \pm 27.4 (82.5-180)	180.5 \pm 35 (125-255)
Ancho de células parenquimáticas del córtex externo	46.8 \pm 13 (27.5-85)	38.4 \pm 7.3 (22.5-50)	30.8 \pm 5.1 (22.5-42.5)	50.3 \pm 11.1 (27.5-80)
Grosor del córtex interno	127 \pm 28.2 (95-195)	108.9 \pm 16.4 (77.5-137.5)	78.5 \pm 16.3 (57.5-120)	159.3 \pm 39.9 (100-230)
Grosor de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico	805.2 \pm 111.5 (580-1000)	390 \pm 134.1 (200-630)	511.4 \pm 54.8 (410-610)	347 \pm 72 (225-500)
Número de estratos celulares de tejido conjuntivo interfascicular de anillo vascular periférico	21.5 \pm 3.8 (15-32)	21.1 \pm 4.9 (12-29)	20.4 \pm 4.5 (13-31)	14.2 \pm 2.1 (11-20)
Diámetro radial de células de parénquima con diferentes grados de lignificación	39.5 \pm 10.4 (22.5-62.5)	26.7 \pm 4.5 (17.5-35)	29.3 \pm 7 (20-47.5)	30.4 \pm 7.4 (20-52.5)
Diámetro tangencial de células de parénquima con diferentes grados de lignificación	26.6 \pm 6.5 (17.5-37.5)	20.6 \pm 3.3 (15-25)	18.4 \pm 2.7 (12.5-22.5)	21.5 \pm 3.5 (15-30)
Número de anillos con células parcialmente lignificadas en segmentos interfasciculares	2	3	2	1
Número de vasos por haz vascular en anillo vascular periférico	5.8 \pm 2.7 (2-12)	7 \pm 2.8 (2-13)	12 \pm 4.5 (4-23)	7 \pm 3 (3-14)
Diámetro tangencial de los vasos en anillo vascular periférico	48.7 \pm 4.9 (40-55)	40.5 \pm 4.3 (32.5-47.5)	44.8 \pm 7.5 (25-52.5)	39.2 \pm 5.6 (32.5-52.5)
Grosor de la pared de los vasos en anillo vascular periférico	4.2 \pm 1.8 (2.5-7.5)	3.8 \pm 1.3 (2.5-5)	3.4 \pm 1.3 (2.5-5)	3.9 \pm 1.2 (2.5-5)
Diámetro radial de las fibras	23 \pm 2.7 (18-26)	26.3 \pm 3.2 (20-31)	21.7 \pm 1.8 (19-26)	19.2 \pm 2.5 (14-24)
Diámetro tangencial de las fibras	13.6 \pm 1.3 (12-17)	13.6 \pm 1.3 (12-17)	13.2 \pm 1.5 (10-17)	12.4 \pm 1.2 (10-15)
Número de vasos por haz vascular en anillos vasculares internos	24.3 \pm 9.5 (8-49)	24.3 \pm 10 (10-48)	22.5 \pm 8.4 (12-42)	31.8 \pm 8.6 (13-49)
Diámetro tangencial de vasos intermedios en anillos vasculares internos	79.2 \pm 11.7 (55-100)	58.6 \pm 6.7 (47.5-72.5)	70.6 \pm 10.5 (55-97.5)	61.4 \pm 8.1 (50-77.5)
Diámetro tangencial de vasos centrales en anillos vasculares internos	80.1 \pm 11.7 (50-105)	66.9 \pm 7.1 (55-80)	85 \pm 11 (60-110)	73.6 \pm 8.3 (60-92.5)
Grosor de la pared de los vasos en anillos vasculares internos	7.2 \pm 5-10 (5-10)	6.2 \pm 1.5 (2.5-7.5)	5.9 \pm 1.2 (5-7.5)	6.6 \pm 1.6 (5-10)
Número de vasos por haz vascular en diarca	34.7 \pm 9 (24-60)	75.3 \pm 25.3 (37-135)	64 \pm 18.6 (38-106)	45.8 \pm 15.6 (13-80)
Diámetro tangencial de vasos en "Diarca"	75.33 \pm 8.6 (65-90)	67.3 \pm 6.1 (60-80)	90.2 \pm 9.1 (75-102.5)	71.7 \pm 8.6 (60-87.5)



Figuras 58,59, Sección transversal de tallo. 58. Haz vascular pequeño con un menor número de vasos en *A. hypochondriacus* Azteca. 59. Haz vascular grande con un mayor número de vasos en *A. hypochondriacus* Mixteco. Figuras 60-63, Raíz sección transversal. 60. Anillo vascular periférico con mayor grosor en *A. hypochondriacus* Azteca. 61. Anillo vascular periférico con menor grosor en *A. hypochondriacus* Nepal. 62. Células parenquimáticas alrededor de diarca en dirección radial en *A. hypochondriacus* Azteca. 63. Células parenquimáticas alrededor de diarca en dirección tangencial en *A. hypochondriacus* Nepal.

VI. DISCUSIÓN

Con los resultados generados en este trabajo, obtenidos a partir de las descripciones anatómicas de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* la discusión, se llevo a cabo en el siguiente orden: entre los cultivares de cada especie, entre las dos especies y entre otras especies del género *Amaranthus* así como otros géneros relacionados.

Para llevar a cabo este análisis fueron considerados la mayoría de los caracteres anatómicos cualitativos, excluyendo aquellos en los cuales se observó una amplia variabilidad dentro de los órganos y entre los cultivares. De acuerdo con Costea & Waines (2001) muchas especies del género son enormemente afectadas por factores ambientales como la disponibilidad de agua, de nutrientes y condiciones de iluminación etc., provocando que desarrollen una gran variabilidad morfológica, y por ende también algunas de tipo anatómico. Debido, a que sólo se utilizó un ejemplar para cada cultivar, no fue posible realizar estadística inferencial; por lo que la selección de caracteres cuantitativos a discutir se llevo a cabo siguiendo dos criterios: el primero fue trabajar con aquellos caracteres que de acuerdo con los cálculos de la media aritmética fueron distintivos para señalar las principales diferencias entre los cultivares estudiadas, tanto para *A. cruentus* como para *A. hypochondriacus*, así como las principales diferencias entre estas dos especies y el segundo fue discriminar aquellos caracteres cuyos valores de desviación estándar e intervalo (mínimo y máximo) fueron muy amplios.

6.1. Comparación anatómica de los cultivares de *A. cruentus* y de los cultivares de *A. hypochondriacus*.

En la lámina, respecto a los tricomas adaxiales del cultivar Mercado de *A. hypochondriacus*, el número de células del pie es mayor con respecto a los de los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal. En *A. cruentus* en la superficie abaxial de la vena media y la superficie adaxial del pecíolo los tricomas del cultivar Mexicano alcanzan un número mayor de células del pie, con respecto a los de los cultivares Africano y Guatemalteco. Entre tanto los tricomas abaxiales del pecíolo de los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* tienen un número mayor de células del pie en comparación con los del cultivar Africano de *A. cruentus* y los de los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. Por su parte en la epidermis del tallo de *A. cruentus* el número de células del pie en los tricomas de los cultivares Guatemalteco y Mexicano alcanzan un número mayor, con respecto a los observados para el cultivar Africano. Aunado, a las evaluaciones anteriores cabe destacar que fue observado una amplia variabilidad en el número de células que forman el cuerpo

principal de los tricomas, tanto para cada una de los cultivares de cada especie como en cada una de las estructuras (vena media, pecíolo y tallo), además, algunos otros parámetros de los tricomas no fueron evaluados, tales como, su longitud, tamaño de su célula terminal, el tipo de contenido presentes en estas células terminales, así como el tamaño de las células que forman el pie de cada tricoma, entre otros. Por lo anterior no se puede establecer una correlación entre cada uno de los caracteres que forman los tricomas para poder inferir cual es la importancia que tiene el número de las células del pie en los tricomas. Sin embargo, Wolpert (citado por Johnson, 1975) reporta que una función de los tricomas esta relacionada con el intercambio termodinámico, es decir que disipa las altas temperaturas internas de una planta a través de la convección y la conducción calórica. Explica que una mayor proporción de tricomas, influye en el incremento de la conducción del calor hacia el exterior. Es probable, que en estas plantas los tricomas realicen una función similar, no obstante, el mecanismo por el cual disipan el calor interno es diferente; es decir que los cultivares que tienen los tricomas con un número mayor de células del pie confieren una mejor difusión del calor interno, ya que comprenden una mayor área superficial para la pérdida de calor (por disipación), que en los cultivares con tricomas formados por un menor número de células del pie.

En cuanto a los estomas se encontró que, en la vena media de *A. hypochondriacus* la epidérmis abaxial de los cultivares Mercado y Mixteco tienen estomas de tipo anomocítico y en los cultivares Azteca y Nepal no hay estomas. En la superficie adaxial del pecíolo de *A. cruentus* de los cultivares Africano y Guatemalteco se observan estomas de tipo anomocítico, mientras que el cultivar Mexicano carece de estomas adaxiales. Por otro lado, en la epidérmis abaxial del pecíolo del cultivar Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* hay estomas de tipo anomocítico, en tanto que en los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* son inconspicuos. En la epidérmis del tallo de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* hay estomas de tipo anomocítico, sin embargo en el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Azteca Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* son inconspicuos. Barthlott (1990) escribió, que la presencia o la mayor frecuencia de estomas en la superficie, es importante para facilitar intercambio gaseoso e incrementan la evapotranspiración. De esta manera suponemos que en vena media de los cultivares Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus*, en el pecíolo del cultivar Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* se lleva a cabo un intercambio gaseoso y evapotranspiración por la epidérmis abaxial, mientras en el pecíolo de los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* lo realiza por la epidérmis adaxial. Como no es posible asegurar que en ambas epidérmis de la vena media de los cultivares Azteca y Nepal y

ambas epidermis del pecíolo en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* y la epidermis del tallo del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* no tienen estomas al no poder extraer la región epidérmica que los contiene, no se puede afirmar si la epidermis de los órganos de los cultivares antes mencionadas llevan a cabo un intercambio gaseoso y evapotranspiración.

En sección transversal de la lámina de *A. hypochondriacus* la cutícula abaxial del cultivar Azteca es más engrosada comparada con la de los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal. En la superficie abaxial de la vena media de los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y la cutícula de las superficies adaxial y abaxial del cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* es más engrosada con respecto a la cutícula de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Mercado Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. En el pecíolo del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* la cutícula de la epidermis adaxial es más gruesa comparada con la de los cultivares Africano y Mexicano y la de los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco. La cutícula del tallo de *A. cruentus* del cultivar Africano es más engrosada en comparación a la de los cultivares Guatemalteco y Mexicano. Barthlott (1990) reporta que una cutícula gruesa reduce la pérdida de agua por evapotranspiración en el órgano que la presenta. Por lo que, una cutícula más gruesa en la lámina abaxial, en ambas superficies de la vena media del cultivar Azteca y la superficie adaxial del cultivar Nepal, en *A. hypochondriacus* así como en la epidermis abaxial de la vena media de los cultivares Guatemalteco y Mexicano, la epidermis adaxial del pecíolo del cultivar Guatemalteco y el tallo del cultivar Africano de *A. cruentus* podría significar una reducción con respecto a la pérdida de agua por esta vía como podría suceder con la cutícula de los órganos de los cultivares que la tienen delgada.

En sección transversal las células epidérmicas adaxiales de la lámina del cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* son grandes y en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco son pequeñas. En el extremo abaxial las células epidérmicas del cultivar Azteca son más grandes que las de los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal. En el pecíolo las células epidérmicas adaxiales de forma cuadrada de los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* son de mayor tamaño que las que tienen forma obloide a diferencia de las células epidérmicas en el cultivar Mexicano. En tanto que las células epidérmicas abaxiales del cultivar Guatemalteco son más grandes comparadas con las de los cultivares Africano y Mexicano. Aunque Espitia (1992) y Mapes (1997) han reportado que los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* tienen hojas grandes y que el cultivar Africano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* sus hojas son pequeñas, no obstante se podría inferir que el tamaño de las células epidérmicas observadas está más bien relacionado con la región celular

donde se realizaron las secciones, pudiendo coincidir en un sitio cercano al contorno celular o en un área citoplásmica central, que estar relacionado con el tamaño que alcanzan las hojas de los ejemplares de cada una de los cultivares estudiadas.

En sección transversal de la vena media, las células parenquimáticas del córtex del cultivar Guatemalteco y Africano son de forma elíptica o elíptica alargada; mientras, en el cultivar Mexicano la mayoría son de contorno irregular sin forma definida. En el pecíolo de *A. cruentus*, las células del córtex y médula del cultivar Guatemalteco son de forma obloide (Fig. 14) en el cultivar Africano la mayoría son de forma obloide con algunas de forma irregular y en el cultivar Mexicano la mayoría son de forma irregular (Fig. 15), en *A. hypochondriacus* en este órgano se observa que en los cultivares Azteca y Nepal hay algunas células del córtex de forma irregular, pero en el córtex y medula de los cultivares Mercado y Mixteco la mayoría de sus células son de contorno irregular. Johansen (1940) plantea que durante el procedimiento de fijación, puede haber distorsión y endurecimiento tanto de las paredes como del protoplasma de las células, principalmente de las que tienen paredes celulares delgadas, estos efectos se pueden atribuir a dos condiciones, una es debido a una elevada concentración del fijador y la otra a un exceso de tiempo en el fijador. Las modificaciones observadas en la mayoría de las células parenquimáticas de la vena media y pecíolo en el cultivar Mexicano de *A. cruentus*, el pecíolo de los cultivares Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* y algunas células del córtex del cultivar Africano de *A. cruentus* y de los cultivares Azteca y Nepal de *A. hypochondriacus*, posiblemente fueron provocadas al inicio del proceso histológico durante el procedimiento de fijación.

En sección transversal a nivel de la vena media de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus*, las células de parénquima xilemático que contienen cristales de oxalato de calcio en forma de arena son frecuentes, mientras que en el cultivar Guatemalteco las células con este tipo de cristales son escasas. Sin embargo, en este cultivar algunos de estos cristales se agrupan y forman cuerpos más grandes en las células de parénquima medular a diferencia de las otras cultivares. En la vena media de los cultivares Azteca y Mixteco de *A. hypochondriacus* y el pecíolo de los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* algunos células del parénquima xilemático tienen cristales de oxalato de calcio en forma de arena, no obstante en la vena media en los cultivares Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* y el pecíolo del cultivar Mexicano de *A. cruentus* las células del parénquima xilemático no tienen este tipo de contenidos; también en la vena media del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 11) y el pecíolo de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* algunos de estos cristales se agrupan y forman cuerpos más grandes en las células parenquimáticas medulares a diferencia de los cultivares Africano y Mexicano en la vena media de *A. cruentus* (Fig. 10) y el cultivar Guatemalteco del pecíolo de *A.*

cruentus; por su parte en el pecíolo de los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* las células del parénquima xilemático que contienen cristales de oxalato de calcio en forma de arenas son abundantes, en tanto que en el cultivar Mercado las células con estos contenidos son escasas. Por otro lado en el tallo de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* se observan cristales de oxalato de calcio en forma de arena, en algunas células del parénquima floématico y el colénquima externo al floema (Fig. 23), mientras que en el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 22); en *A. hypochondriacus* los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco sólo algunas células parenquimáticas del floema almacenan este tipo de contenidos, en tanto que el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* no almacenan este tipo de contenidos. De acuerdo con Zindler (1976) y Metcalfe & Chalk (1989), algunas plantas evitan la contaminación de sus tejidos causada por altas concentraciones de sales en el suelo al precipitarlos como sales de calcio para así acumularlos en forma de cristales dentro de sus tejidos. Así mismo, señalan que estas acumulaciones pueden ser de utilidad como defensa contra la herbivoría. Como se menciona en los cultivares estudiadas es evidente la acumulación de este tipo de contenidos en forma de cristales aún en concentraciones que no pudieran ser óptimas para su desarrollo, pero que pudieran significar una forma de control del exceso de sales en sus tejidos o como un mecanismo de defensa, estando la acumulación de cristales acentuado en diferentes órganos entre los cultivares.

En sección transversal de la vena media del cultivar Africano de *A. cruentus* los haces vasculares se distribuyen formando un arco; mientras que en los cultivares Guatemalteco y Mexicano se distribuyen formando un anillo. En el pecíolo de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 19) y el cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* el tejido vascular tiene un arreglo formando casi un anillo y en el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 18) y los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* formando un arco. Según Fisher & Evert (1982) en *A. retroflexus* el arreglo de los haces de la vena media y el pecíolo es diferente a lo largo de su trayectoria, desde un arreglo en forma de anillo en la región basal de la hoja, hasta un arreglo en forma de arco y cada vez más abierto hacia el ápice de la misma. Si esto es así, tal vez el arreglo observado para cada una de los cultivares, está más bien relacionado con el nivel al que se tomaron las muestras que con el tamaño de las hojas.

Por otro lado los haces vasculares en los cuatro cultivares de *A. hypochondriacus* son principalmente de tipo colateral (Fig. 43, 44); sin embargo en los cultivares Azteca y Nepal algunos haces tienen un arreglo concéntrico de tipo anfibasal (Fig. 42). Asimismo Fisher & Evert (1982) mencionan que durante el curso del tejido vascular, de la vena media y pecíolo hay innumerables fusiones, generalmente entre los haces más cercanos a la región adaxial. De acuerdo con estos autores en los cultivares Azteca y Nepal la formación de haces de tipo concéntrico

(anfivasal) podría relacionarse con la fusión que sufre el tejido vascular a lo largo de su trayectoria mas que con el tamaño de sus hojas.

En sección transversal de la vena media el cultivar Africano de *A. cruentus* y el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* hay un número mayor de vasos por haz vascular que en los cultivares Guatemalteco y Mexicano. Por otro lado en el pecíolo del cultivar Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* el número de vasos por haz es mayor a diferencia de los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* y de los cultivares Mercado Mixteco y Nepal *A. hypochondriacus*. Fisher & Evert (1982), también reportan que durante la trayectoria del tejido vascular en *Amaranthus retroflexus*, algunos haces se fusionan y de esta manera llegan a estar formados por un número mayor de vasos. De manera similar en los cultivares estudiadas, se observa una fusión del tejido vascular de la vena media y pecíolo, esto propicia que en la vena media del cultivar Africano de *A. cruentus* (Fig. 12) y el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* (Fig. 44) algunos haces estén formados por un número mayor de vasos comparados con los de los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 13) y los cultivares Azteca, Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* (Fig. 43), en tanto que en el pecíolo del cultivar Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 17) y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* (Fig. 48) algunos haces están constituidos por un número mayor de vasos a diferencia de los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 16) y de los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal *A. hypochondriacus* (Fig. 47), asumiendo entonces un efecto de fusión similar en sus haces vasculares.

Respecto a la frecuencia de elementos de vaso con determinados tipos de ornamentación se encontraron diferencias entre los cultivares. En *A. hypochondriacus* en el pecíolo de los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal los elementos con engrosamientos helicoidales (Fig. 49) son abundantes mientras en el cultivar Azteca estos elementos son escasos. Así mismo, los de punteadura pseudoescalariforme son frecuentes en los cuatro cultivares (Fig. 50, 51). En el tallo de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca y Mercado de *A. hypochondriacus* los elementos de vaso de tipo pseudoescalariforme (Fig. 57) son frecuentes, en el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* estos elementos son abundantes, en el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* estos elementos son escasos y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* no tiene este tipo de elementos. También en este órgano en los cultivares Mercado y Nepal los elementos de tipo helicoidal (Fig. 54) son frecuentes y en los cultivares Azteca y Mixteco estos elementos son escasos, por último los elementos con punteadura bordeada alterna son frecuentes en los tres cultivares de *A. cruentus* y en los cuatro cultivares de *A. hypochondriacus* (Fig. 55, 56). Carlquist (2001) reporta que las punteaduras de las paredes

secundarias de los elementos de vaso, son una fuente de reducción en el soporte mecánico al interrumpir la continuidad de la pared de cada elemento y el grado de disminución del soporte depende del tipo de ornamentación que estos tengan. Este mismo autor sugiere que la mayoría de las punteaduras descritas se originaron de una de tipo helicoidal. Partiendo del supuesto que a una mayor proporción de engrosamientos en la pared secundaria de los elementos estos proporcionen un mayor soporte mecánico. La tendencia fue entonces hacia la obtención de un mayor soporte mecánico sin sacrificar la conducción en sentido horizontal. Ahora bien asumiendo que los elementos de vaso con punteaduras helicoidales tienen una baja proporción de engrosamientos secundarios que los que tienen punteaduras pseudoescalariforme y estos últimos respecto a los que tienen punteaduras bordeadas; entonces en el pecíolo de los cultivares Mercado Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*, y en el tallo de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* el soporte mecánico en el tejido vascular podría ser menor por lo tanto una disminuida capacidad de proporcionar soporte mecánico en comparación con el pecíolo del cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* el tallo del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Azteca y Mixteco de *A. hypochondriacus*. Así podría sugerirse que los cultivares Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Azteca y Mixteco de *A. hypochondriacus*, en donde los elementos de vaso con punteaduras helicoidales y pseudoescalariforme son escasos, podría estar relacionado con el gran tamaño que alcanzan sus ejemplares ya que demandan mayor soporte mecánico, en tanto que en los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* caracterizadas por un menor tamaño en sus plantas la demanda del soporte mecánico es menor. Sin embargo la frecuencia de elementos pseudoescalariformes en el cultivar Mexicano de *A. cruentus* y Mercado de *A. hypochondriacus* y en ésta última, dada la frecuencia de elementos helicoidales la relación de la altura de sus plantas es inversa, lo cual podría estar compensado por un mayor grosor del anillo esclerótico periférico en su tallo.

También en la longitud de los elementos de vaso, hay diferencias entre los cultivares. En la vena media los elementos de vaso de tipo pseudoescalariforme del cultivar Africano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca y Nepal de *A. hypochondriacus* son más cortos, que en los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus*. En los cultivares Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* los elementos de vaso de tipo helicoidal en la vena media son más largos que los de los cultivares Azteca y Nepal también de esta especie. En el tallo los elementos de vaso de tipo helicoidal de los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal son más largos mientras en el cultivar Mercado estos elementos son más cortos. Si bien Espitia (1992) y Mapes (1997) han reportado que el cultivar Guatemalteco y

Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* tienen hojas grandes y que el cultivar Africano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* tienen hojas pequeñas. Así mismo mencionan que para *A. cruentus* el cultivar Mexicano tiene el tallo de mayor diámetro y altura, seguido por el cultivar Guatemalteco y por último por el cultivar Africano; en tanto que para *A. hypochondriacus* los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco tienen el tallo de mayor altura y el cultivar Nepal tiene el más pequeño. Mauseth (1988) y Carlquist (2001), señalan que entre más corto es un elemento de vaso, este confiere mayor soporte mecánico al órgano que lo posee. Así podría suponerse que en la vena media del cultivar Africano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca y Nepal de *A. hypochondriacus* los elementos de vaso de punteadura pseudoescalariformes y en el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* los elementos de punteaduras helicoidales confieren mayor soporte mecánico a la vena media a diferencia de las otras cultivares, en el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* esto podría estar relacionado con el mayor tamaño que alcanzan sus hojas, sin embargo en el cultivar Africano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* la relación de elementos de vaso cortos con el tamaño de sus hojas es inverso. Entre tanto en el tallo de *A. hypochondriacus*, en el cultivar Mercado los elementos de punteaduras helicoidales proporcionan mayor soporte que en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal; así el cultivar Mercado resuelve parte del soporte mecánico por esta vía, no obstante los cultivares Azteca y Mixteco lo adquieren por otros medios, mientras que en el cultivar Nepal la frecuencia de elementos de vaso cortos es proporcional al tamaño de su tallo.

Asimismo en los elementos de vaso hay diferencias notables en el ángulo de inclinación de sus placas terminales entre los cultivares. En la vena media en los elemento de vaso la placa terminal de perforación con un ángulo de inclinación de 45° son frecuentes en el cultivar Mexicano de *A. cruentus* y en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* y escasos en los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* y en el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus*; los elementos de vaso que tienen una placa terminal con un ángulo menor 45° son abundantes en los cultivares Azteca, Mercado y Nepal y frecuentes en el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* y los elementos de vaso con una placa horizontal son escasos en los cultivares Azteca y Mercado, y frecuentes en los cultivares Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. En el pecíolo los elemento de vaso que tienen una placa terminal con un ángulo de 45° son frecuentes en el cultivar Azteca y escasos en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*; los elementos de vaso que tienen placas con un ángulo menor 45° son frecuentes en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco, y abundantes en el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* y los elementos de vaso que tienen una placa horizontal son frecuentes en los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* y en los cultivares Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* y

escasos en el cultivar Mexicano de *A. cruentus* y en los cultivares Azteca y Nepal de *A. hypochondriacus*. En tanto que en el tallo los elementos de vaso que tienen placas horizontales son frecuentes en el cultivar Mercado y escasos en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. Mauseth (1988) explica que una placa terminal horizontal en los elementos de vaso puede disminuir el flujo hídrico a diferencia de los elementos que tienen una placa terminal inclinada, ya que el diámetro por donde fluye el agua es mayor. Por esta razón se podría sugerir que en la vena media del cultivar Mexicano de *A. cruentus* y las hojas del cultivar Azteca y el tallo del cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* el flujo de agua y solutos es mejor que en el resto de los cultivares de *A. cruentus* y las otras cultivares de *A. hypochondriacus* respectivamente, lo cual podría estar relacionado con el gran tamaño que alcanzan las hojas del cultivar Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* así como el tallo del cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* ya que la demanda hídrica y solutos a sus órganos podría ser mayor.

LÁMINA

El índice estomático estimado en la epidermis adaxial de *A. hypochondriacus* de los cultivares Azteca, Mercado y Nepal es mayor que en el cultivar Mixteco. Entre tanto el índice estomático abaxial en la misma especie en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal es mayor con respecto al del cultivar Azteca. Barthlott (1990) escribió que la presencia o la mayor frecuencia de estomas en la superficie, es importante para facilitar intercambio gaseoso e incrementan la evapotranspiración. Así pudiera esperarse que en la superficie adaxial de los cultivares Azteca, Mercado y Nepal el intercambio gaseoso y evapotranspiración tiene niveles más altos que el cultivar Mixteco. Sin embargo, en el extremo abaxial el intercambio gaseoso y evapotranspiración podría ser mayor en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal a diferencia del cultivar Azteca. De este modo las hojas de los cultivares Azteca y Mixteco podrían tener un mejor control del intercambio gaseoso y evapotranspiración a diferencia de las hojas de los cultivares Mercado y Nepal.

En la superficie adaxial de las tres cultivares de *A. cruentus* (Fig. 1) y en las cuatro de *A. hypochondriacus* (Fig. 32), las células intercostales son de forma poligonal y cuadrada con paredes anticlinales lineales. Sin embargo, en los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 2) y el cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* (Fig. 33), además hay células intercostales pero de contorno irregular sin forma definida con paredes anticlinales sinuosas. De acuerdo con Barthlott (1990) las células epidérmicas sinuosas incrementan el soporte mecánico de la superficie de la hoja. Espitia (1992) y Mapes (1997) reportan que las hojas del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* tiene las hojas más grandes, seguida en tamaño por el cultivar Mexicano y finalmente por

el cultivar Africano la cual tiene las hojas más pequeñas, mientras tanto que los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* tienen las hojas más grandes a diferencia del cultivar Nepal. La presencia de células epidérmicas intercostales sinuosas en los cultivares Guatemalteco pudiera deberse al mayor tamaño de sus hojas que demandan un mayor soporte mecánico. Sin embargo, en los cultivares Mexicano de *A. cruentus* y el cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* aún y cuando sus hojas alcancen grandes dimensiones, podrían otras regiones de sus hoja también estar relacionadas para compensar la disminución de soporte mecánico.

En la superficie adaxial, la pared anticlinal de las células intercostales de los cultivares Azteca, Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* y la pared anticlinal de las células intercostales y costales en el cultivar Africano son más anchas respecto a las observadas en el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* y en los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* respectivamente. En tanto que en *A. hypochondriacus* en el extremo abaxial las paredes anticlinales de las células intercostales de los cultivares Azteca Mixteco y Nepal son más engrosadas que en el cultivar Mercado. Dickison (2000), menciona que las paredes engrosadas en las hojas de plantas que crecen en zonas abiertas sirven para resistir la acción mecánica del viento y evitar que sus hojas se doblen. Entonces, las hojas del cultivar Africano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*, adquieren soporte mecánico a través de este medio, mientras que los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* lo adquieren a través de la sinuosidad de las paredes de sus células epidérmicas. Mientras que el cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* lo obtiene tanto por la sinuosidad de las paredes anticlinales de sus células epidérmicas como por el grosor de las mismas.

Por otro lado el tamaño de las células costales adaxiales en los cultivares Guatemalteco y Africano de *A. cruentus* y las células costales abaxiales del cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* son más grandes comparadas con las del cultivar Mexicano de *A. cruentus* y las de los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus*. Aún y cuando, se reporta que los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* tienen hojas más grandes en comparación con el cultivar Africano y cultivar Nepal (Espitia, 1992 y Mapes, 1997), sólo en el cultivar Guatemalteco se observa una relación positiva entre el tamaño de las hojas y el tamaño de las células epidérmicas. Sin embargo, en los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* así como los cuatro cultivares de *A. hypochondriacus* la relación del tamaño de las células epidérmicas con el tamaño de sus hojas es inversa.

En los tres cultivares de *A. cruentus* y en las cuatro de *A. hypochondriacus* se observa la presencia de pliegues epidérmicos en ambos extremos de las células oclusivas, en la superficie

abaxial del cultivar Africano de *A. cruentus* (Fig. 3) y ambas epidermis del cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* (Fig. 35), estos pliegues son más evidentes, grandes y abundantes a diferencia de los observados en los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 4) y los cultivares Azteca, Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* (Fig.34). Aún y cuando la presencia de estos pliegues en los extremos de las células oclusivas ya fue reportada por varios autores (Fisher & Evert, 1982; Bardales, 1992; Padmini & Raja, 1995), no obstante, estos autores no discuten la o las ventajas adaptativas que estos pliegues pudieran tener para la especie, por lo que a la fecha no es posible dar una explicación de la presencia de estos pliegues en los cultivares y/o especies, ni explicar las diferencias de los mismos observadas en los cultivares Africano de *A. cruentus* y Mixteco de *A. hypochondriacus*, tan sólo se puede constatar su presencia.

En general en los tres cultivares de *A. cruentus* (Fig. 5,6) y las cuatro de *A. hypochondriacus* (Fig. 37), el mesofilo de la hoja lo forman el parénquima en empalizada hacia el extremo adaxial, el parénquima esponjoso en el área central y parénquima lobulado hacia el extremo abaxial. Sin embargo, en los tres cultivares de *A. cruentus* y las cuatro de *A. hypochondriacus* este arreglo difiere un poco, en el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 7) y en los cultivares Azteca y Nepal de *A. hypochondriacus* (Fig. 36) sólo en algunos haces el arreglo de las células del mesofilo es radial, están muy cercanas entre sí y con la vaina de los haces; a diferencia de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus* respectivamente. De acuerdo con algunos autores (Laetsch, 1968; Usuda *et al.*, 1971; Gallaher *et al.*, 1975; Ratham *et al.*, 1975) se menciona que para el caso del tejido fotosintético, entre más cercanas se encuentren las células del mesofilo entre sí y con la vaina de los haces vasculares, es más rápida la difusión de CO₂ entre estas células, dando como resultado una más eficiente fijación del carbono a nivel tanto de las células del mesofilo como de las células de la vaina. Anatómicamente el género *Amaranthus* se caracteriza por presentar una organización estructural típica de una planta con metabolismo fotosintético C₄ (Carolin *et al.* 1978; Ratham *et al.* 1975), el cual se caracteriza por la presencia de una vaina parenquimática con una abundante cantidad de cloroplastos de gran tamaño, además de un arreglo radial de células de mesofilo alrededor de esta vaina. Así se puede inferir que el arreglo radial de las células del mesofilo en algunos haces del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Azteca y Nepal de *A. hypochondriacus* podría favorecer en sus células del mesofilo una más eficiente difusión de CO₂.

En *A. hypochondriacus*, en el cultivar Nepal las células de la vaina son más grandes comparadas con las de los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco. Laetsch (1968) y Stephenson, *et al.* (1976), reportan que algunas especies con metabolismo C₄, las células de la vaina se encargan del almacenamiento de los carbohidratos y productos de la fotosíntesis por lo que hay una mayor

disponibilidad de fotosintátos para su translocación hacia el floema. Esto podría sugerir que en el cultivar Nepal por el mayor tamaño de sus células de la vaina, proveen abundante espacio para almacenamiento de carbohidratos y productos de la fotosíntesis, de este modo habría una mayor cantidad de productos fotosintéticos disponibles para su translocación hacia el floema.

Con respecto al número de vasos por haz vascular en la lámina, su estimación siempre fue realizada en las venas de último orden, así se encontró que el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y en el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* tiene un número mayor de vasos por haz, mientras que en los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* y en los cultivares Azteca, Mercado y Nepal de *A. hypochondriacus* se observó un número menor. Como se reporta para la longitud de los vasos (Espitia, 1992 y Mapes, 1997) en *A. cruentus* el cultivar Guatemalteco tienen las hojas más grandes, mientras en los cultivares Africano y Mexicano estas son pequeñas. En *A. hypochondriacus* los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco tienen las hojas más grandes y el cultivar Nepal sus hojas son pequeñas. Además Mauseth (1988) establece que dos de las principales funciones de los vasos como elementos xilemáticos son: en principio la conducción de agua y secundariamente la de solutos y parcialmente proporcionar soporte mecánico interno. Por otro lado, la capacidad de conducción de agua y/o solutos de una planta esta relacionada principalmente con dos factores, al número de vasos por unidad de área o el diámetro de los vasos (Mauseth 1988). La presencia de un mayor número de vasos por haz en el cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* y el cultivar Mixteco de *A. hypochondriacus* pudiera deberse a que en estas dos cultivares sus hojas alcanzan un gran tamaño dentro de las especies estudiadas, lo que significaría una mayor demanda de transporte de agua y solutos además de un mayor soporte mecánico. No obstante este soporte mecánico faltante en el cultivar Mexicano de *A. cruentus* lo obtiene a través de la sinuosidad de las paredes anticlinales de sus células epidérmicas, el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* por el grosor de la pared de estas células y el cultivar Mercado también de esta especie por el grosor y sinuosidad de la pared de sus células epidérmicas, en tanto que la mayor demanda en la conducción en estos tres cultivares es porque posiblemente el diámetro de sus vasos es mayor.

VENA MEDIA

En *A. cruentus* el número de estratos y grosor del colénquima adaxial y abaxial del cultivar Guatemalteco es mayor (Fig. 9), con respecto al de los cultivares Africano y Mexicano (Fig. 8). En *A. hypochondriacus*, en el cultivar Mercado el número de estratos y el grosor de colénquima adaxial es mayor que en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal. En tanto que, en el cultivar Azteca el número de estratos y el grosor del colénquima abaxial es mayor (Fig. 39) comparado con

el de los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal (Fig. 38). Sin embargo, en el cultivar Mercado el colénquima de esta región es discontinuo (Fig. 40) mientras en los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal es continuo (Fig. 41). Esau (1977), reporta que entre mayor tamaño alcanza un órgano vegetativo, este requiere de mayor soporte mecánico y flexibilidad. Por otro lado, Mauseth (1988) reporta que el colénquima es un tejido primario que confiere soporte mecánico y flexibilidad a los tejidos que lo contienen, por lo que a mayor número de estratos y grosor de colénquima, mayor soporte mecánico y flexibilidad. El cultivar Guatemalteco de *A. cruentus*, con hojas más grandes a pesar de tener células de colénquima también ligeramente más grandes, adquiere un mayor soporte mecánico a través de su mayor número de estratos celulares y grosor del colénquima. No obstante en *A. hypochondriacus* en el cultivar Azteca con hojas grandes el mayor grosor y número de estratos del colénquima abaxial del cultivar Azteca compensa el menor soporte mecánico de la región adaxial, mientras que en el cultivar Mercado también con hojas grandes el mayor grosor y número de estratos del colénquima adaxial compensan el soporte mecánico insuficiente por la discontinuidad del colénquima adaxial.

PECÍOLO

A nivel del colénquima se observaron diferencias en el número de estratos, grosor y distribución. En *A. cruentus* el colénquima adaxial de los cultivares Africano y Guatemalteco tiene un mayor grosor y número de estratos que el del cultivar Mexicano. Sin embargo, en la región abaxial el grosor del colénquima es mayor en los cultivares Guatemalteco y Mexicano que en el cultivar Africano y el número de estratos del colénquima en el cultivar Mexicano es mayor comparado con el de los cultivares Guatemalteco y Africano. En *A. hypochondriacus* el colénquima adaxial de los cultivares Azteca y Mixteco es más engrosado comparado con el de los cultivares Mercado y Nepal; y en la región abaxial de los cultivares Azteca, Mercado y Nepal el colénquima es más grueso (Fig. 45) con respecto al del cultivar, Mixteco (Fig. 46). Como ya se reportó para la vena media, el colénquima es un tejido primario que proporciona soporte mecánico y flexibilidad a un órgano (Esau, 1977; Mauseth, 1988). Por lo anterior, en *A. cruentus* el cultivar Guatemalteco con hojas grandes demanda mayor soporte mecánico y este es proporcionado parcialmente por el colénquima a diferencia de las otras dos cultivares de esta especie. En *A. hypochondriacus* el cultivar Azteca también con hojas grandes obtiene soporte mecánico parcial y flexibilidad a través del colénquima, mientras que los cultivares Mercado y Mixteco con tamaño similar en sus hojas a las del cultivar Azteca la demanda de soporte mecánico y flexibilidad la resuelven de manera diferente.

TALLO

En el cultivar Africano de *A. cruentus* hay una región de tejido peridérmico discontinuo desarrollado a partir de la región interna del córtex (Fig. 20), mientras en los cultivares Guatemalteco y Mexicano este tejido no es evidente (Fig. 21). En tanto que en el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* también hay fracciones de peridérmis discontinuas pero desarrollada a partir de la epidérmis (Fig. 52), sin embargo en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco no se observa este tejido (Fig. 53). Esau (1977) y Mauseth (1988), reportan que la peridérmis es un tejido secundario que sustituye a la epidermis del tallo y raíz, que protege a los tejidos internos contra daño mecánico y de parasitosis. Además señalan que en algunas dicotiledoneas herbáceas la peridérmis sustituye a la epidermis en las regiones vegetativamente maduras de estos dos órganos. En *A. cruentus* por la ubicación observada para el origen de la peridérmis a nivel de la región interna del córtex en el cultivar Africano pudiera ser que el desarrollo de este tejido en esta zona este más bien relacionado con un posible daño mecánico sufrido en el tallo que con un desarrollo de peridérmis en las regiones maduras de la epidermis ya que a lo largo del desarrollo del tallo de las tres cultivares de *A. cruentus* no son evidentes diferencias en cuanto a la maduración de la epidermis. Mientras que en el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* el origen de su peridérmis si es a nivel de la epidermis su desarrollo pudiera deberse a un menor tiempo para alcanzar la madurez vegetativa que en las otras tres cultivares de esta especie, esto confirma lo reportado por Mapes (1997) quién menciona que el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus* alcanza su madurez vegetativa en un periodo de 135 días y es menor que en las otras tres cultivares de esta misma especie.

En *A. cruentus* en los cultivares Africano y Guatemalteco, el tejido colenquimático es más engrosado que en el cultivar Mexicano. Espitia (1992) menciona que el tallo del cultivar Mexicano alcanza el mayor diámetro y altura, seguida por el cultivar Guatemalteco y por último por el cultivar Africano. Como se reportó anteriormente para la vena media y pecíolo, el colénquima confiere mayor soporte mecánico y flexibilidad a las estructuras que lo contienen (Esau, 1977; Mauseth, 1988). Por lo anterior los cultivares Africano y Guatemalteco adquieren por este medio soporte mecánico y flexibilidad el cual pudiera ser escaso en otros tejidos de soporte, a diferencia del cultivar Mexicano que lo adquiere por otra vía.

En los amarantos analizados en sección transversal del tallo, se encontró un anillo periférico formado por segmentos fasciculares compuestos por elementos xilemáticos y floema así como segmentos interfasciculares de tejido el cual es llamado por Joshi (1937) tejido conjuntivo compuesto por células de parénquima de paredes parcialmente lignificadas. En los cultivares Mexicano y Guatemalteco *A. cruentus* este anillo es más grueso (Fig. 21) a diferencia del cultivar

Africano (Fig. 20) y en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* este anillo es más grueso (Fig. 52) que en el cultivar Azteca (Fig. 53). Al igual que se reporta en el colénquima, para *A. cruentus* el cultivar Mexicano tiene el tallo de mayor diámetro y altura, seguido por el cultivar Guatemalteco y por último por el cultivar Africano. (Espitia, 1992); en tanto que para *A. hypochondriacus* los cultivares Azteca y Mixteco tienen el tallo de mayor altura y en los cultivares Mercado y Nepal el tallo es más pequeño (Espitia, 1992 y Mapes, 1997). Por su parte algunos autores (Esau, 1977; Mauseth, 1988; Dickison, 2000; Carlquist, 2001) señalan que una de las funciones del tejido xilemático, es proporcionar soporte mecánico interno a los órganos vegetativos en donde esta presente. Por lo anterior podría esperarse que el anillo periférico el cual incluye una gran proporción de tejido xilemático, confiera mayor soporte a los cultivares Guatemalteco y Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* a diferencia del cultivar Africano y el cultivar Azteca. Sin embargo en estas últimas dos cultivares, el número de estratos celulares que forman los segmentos interfasciculares es mayor con respecto al de los cultivares Mexicano y Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. No obstante, en los cultivares Mexicano y Guatemalteco el diámetro de las células que forman estos segmentos es mayor que el del cultivar Africano, así entre los cultivares de *A. cruentus* el número de estratos celulares es inverso con respecto al grosor del anillo periférico y al diámetro de las células interfasciculares, esto podría sugerir que el grosor del anillo periférico en los cultivares Mexicano y Guatemalteco esta dado por el mayor diámetro de las células que forman sus segmentos interfasciculares y no por el número de estratos de los mismos. Sin embargo, en *A. hypochondriacus* en los cultivares Azteca y Nepal el número de estratos es inverso al grosor del anillo periférico, en tanto que en los cultivares Mercado y Nepal el número de estratos del anillo periférico es proporcional al grosor del mismo, así se puede inferir que en los cultivares Mercado y Nepal el grosor del anillo periférico esta dado por el número de estratos del mismo, pero en los cultivares Azteca y Nepal su relación es inversa.

Por otro lado en los cultivares Guatemalteco y Mexicano las fibras que componen los segmentos fasciculares tienen paredes más engrosados a diferencia del cultivar Africano. Como ya se reporto en el carácter anterior algunos autores (Esau, 1977; Mauseth, 1988; Dickison, 2000; Carlquist, 2001) atribuyen parte del soporte mecánico interno, a las células del tejido xilemático en los órganos vegetativos en donde están presentes. Lo anterior podría suponer que en los cultivares Mexicano y Guatemalteco las fibras confieren mayor soporte mecánico al tallo a diferencia del cultivar Africano y esto esta directamente relacionado al mayor diámetro y tamaño del tallo de los cultivares Mexicano y Guatemalteco.

Por su parte en *A. hypochondriacus* el cultivar Azteca tiene las fibras más largas con respecto a lo observado en los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal. Arias & Terrazas (2001) reportan que entre menor longitud tenga una fibra, el soporte mecánico podría disminuir en planta donde están presentes. Esto podría favorecer que en el cultivar Azteca el soporte mecánico proporcionado por las fibras sea mayor con respecto a las otras tres cultivares y compensar así el soporte mecánico faltante no proporcionado por el anillo periférico.

Con respecto al número de vasos observados en los haces vasculares tanto del anillo periférico como de los anillos internos hay diferencias entre los cultivares. En el anillo periférico del cultivar Africano los haces están formados por un mayor número de vasos a diferencia de los cultivares Guatemalteco y Mexicano. En los anillos internos del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 25) y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* (Fig. 59) tiene más vasos en los haces vasculares internos a diferencia de los cultivares Africano y Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 24) y los cultivares Mercado Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* (Fig. 58). Por otro lado Varios autores (Mauseth, 1988; Dickison, 2000; Carlquist, 2001) reportan que un número mayor de vasos proporciona una mejor conducción hídrica y de solutos, además de un mayor soporte mecánico interno a un órgano. Asumiendo que en *A. cruentus* el cultivar Mexicano tiene los mayores valores en diámetro y altura en el tallo, en el cultivar Guatemalteco son intermedios y en el cultivar Africano los menores valores, en tanto que para *A. hypochondriacus* los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco tienen el tallo de mayor altura y el cultivar Nepal tiene el más pequeño (Espitia, 1992; Mapes, 1997), de esta manera se podría deducir que los cultivares Guatemalteco y Africano resuelven la conducción y parte del soporte mecánico distribuyendo el tejido vascular en regiones estratégicas para la planta, en tanto que el cultivar Mexicano la menor cantidad de vasos los cuales pudieran conferirle soporte mecánico, esta compensada por un mayor grosor de pared en sus fibras, en tanto que la conducción hídrica y de solutos podría resolverla por otros medios. Así mismo por el tamaño que alcanza el tallo en el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* el soporte mecánico que adquiere por este medio este órgano compensa el soporte mecánico reducido en su región periférica, además en este órgano la conducción hídrica y de solutos podría ser mayor.

En *A. hypochondriacus* la pared de los vasos de los cultivares Mixteco y Nepal es mas gruesa que en los cultivares Azteca y Mercado. Varios autores (Esau, 1977; Mauseth, 1988; Arias & Terrazas, 2001) señalan que las paredes engrosadas en los elementos xilemáticos (vasos, fibras o traqueidas) proporcionan mayor soporte a un órgano en donde estén presentes. Así pudiera esperarse que la pared más gruesa en los vasos de los cultivares Mixteco y Nepal compense la menor proporción de soporte mecánico por tener un menor número de vasos en los haces internos.

RAÍZ

En este órgano *A. hypochondriacus* en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco la mayoría de las células parenquimáticas del córtex externo e interno hay gránulos de almidón mientras que en el cultivar Mercado son inconspicuos. Esau (1977) Señala que el tejido parenquimático de la raíz tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de almidón. Esto hace posible deducir que en cultivares Azteca, Mercado y Nepal hay disponibilidad de carbohidratos, sin embargo como en el cultivar Mercado no es posible asegurar la presencia de almidón en el tejido parenquimático se podría inferir que la disponibilidad de carbohidratos en las células parenquimáticas de la raíz es en otro periodo a diferencia de las otras tres cultivares.

En este órgano en sección transversal se observan anillos con características estructurales similares a las observadas en el anillo periférico del tallo (segmentos fasciculares formados por elementos xilemáticos y floema, y segmentos interfasciculares de tejido conjuntivo formado por células de paredes parcialmente lignificadas), estos anillos además están separados uno del otro por tejido conjuntivo de tipo parenquimático. Con respecto al anillo periférico en los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 26) y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* (Fig. 60) es más engrosado que el del cultivar Mexicano de *A. cruentus* (Fig. 27) y los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus* (Fig. 61). Cabe mencionar que en los cultivares Africano y Guatemalteco el número de estratos y el diámetro radial de las células de paredes parcialmente lignificadas que forman los segmentos interfasciculares es mayor con respecto al del cultivar Mexicano. En tanto que en el cultivar Azteca el diámetro radial de las células con paredes parcialmente lignificadas que forman sus segmentos interfasciculares es mayor que las otras tres cultivares de *A. hypochondriacus*. Como ya se ha mencionado, el tallo del cultivar Mexicano de *A. cruentus* tienen el diámetro y altura mayores, seguido por el cultivar Guatemalteco y por último por el cultivar Africano; mientras en *A. hypochondriacus* las plantas de los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco alcanzan mayores alturas que las del cultivar Nepal (Espitia, 1992; Mapes, 1997). También se ha señalado que el tejido xilemático confiere soporte mecánico interno a los órganos que lo contienen (Mauseth, 1988; Dickison, 2000; Carlquist, 2001). Entonces el soporte mecánico en los cultivares Africano y Guatemalteco de *A. cruentus* y el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* es mayor que en el cultivar Mexicano de *A. cruentus* y los cultivares Mercado, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. Así se podría deducir que en *A. cruentus* los cultivares Africano y Guatemalteco el grosor del anillo periférico podría estar relacionado con un mayor número de estratos así como un mayor diámetro radial de las células de sus segmentos interfasciculares, a diferencia del cultivar Mexicano; de este modo en el cultivar Guatemalteco el

grosor del anillo periférico podría estar relacionado con la altura que alcanzan los ejemplares de esta cultivar, sin embargo en los cultivares Mexicano y Africano el grosor del anillo periférico tiene una relación inversa con la altura de sus ejemplares. Entre tanto en el cultivar Azteca el grosor del anillo periférico podría asociarse al mayor diámetro de las células de paredes parcialmente lignificadas en sus segmentos interfasciculares y aunque las plantas del cultivar Azteca son grandes, pudiera ser que a través del anillo periférico de este órgano adquieran el soporte mecánico para compensar la reducción del mismo en el anillo periférico del tallo.

En este órgano la mayoría de los cultivares de las dos especies estudiadas tienen uno ó más anillos de tejido vascular, semejantes al anillo periférico del tallo. En *A. cruentus* en los cultivares Africano y Mexicano los dos anillos externos además del periférico y en el cultivar Guatemalteco tres anillos además del periférico tienen segmentos fasciculares e interfasciculares semejantes al anillo periférico del tallo. En *A. hypochondriacus* los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco hay dos anillos externos similares al periférico, y en el cultivar Nepal únicamente el anillo periférico. Esto hace suponer que en *A. cruentus* en el cultivar Guatemalteco los anillos formados por células total o parcialmente lignificadas proporcionan mayor soporte mecánico a sus plantas ya que son las más altas de esta especie con respecto a las de los cultivares Africano y Mexicano. En *A. hypochondriacus* en los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco el número de anillos con células de paredes total o parcialmente lignificadas además de proporcionar mayor soporte mecánico a sus plantas pudiera estar relacionado con la mayor altura que alcanza el tallo en estas tres cultivares a diferencia del cultivar Nepal.

En *A. cruentus* las células de tejido conjuntivo del cultivar Africano en contacto con los haces vasculares de los anillos internos tienen una orientación radial, mientras que en los cultivares Guatemalteco y Mexicano su orientación es tangencial. No obstante en la "Diarca" de los cultivares Guatemalteco y Mexicano las células de parénquima que se encuentran alrededor de los haces se orientan de manera radial (Fig. 30), en tanto que en el cultivar Africano sólo las que están en contacto con la región estrecha del xilema tienen una orientación similar el resto de las células tienen una orientación tangencial (Fig. 31). Por su parte en *A. hypochondriacus* las células parenquimáticas alrededor de la diarca de los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco tienen orientación radial (Fig. 62), mientras que en el cultivar Nepal estas células se orientan de forma tangencial (Fig. 63). Carlquist (1988) reporta que las células parenquimáticas de paredes delgadas, que constituyen el sistema axial del xilema, característica observada en algunas plantas suculentas juegan un papel importante en el almacenamiento de agua y solutos. Aún y cuando en los cultivares estudiadas no se puede asegurar que el parénquima aledaño a los haces sean propiamente de tipo axial, en *A. cruentus* en los cultivares Mexicano y Guatemalteco las células

que están en disposición tangencial con los haces de la región de los anillos internos disponen de mas área para el transporte de agua y solutos a diferencia del cultivar Africano. Por su parte, en la diarca del cultivar Africano de *A. cruentus* y el cultivar Nepal de *A. hypochondriacus*, por el arreglo que tienen las células que están alrededor de sus haces proporcionan mayor área para el movimiento de agua y solutos a diferencia de los cultivares Mexicano y Guatemalteco de *A. cruentus* y los cultivares Azteca, Mercado y Mixteco de *A. hypochondriacus*.

En *A. cruentus* los cultivares Africano y Mexicano (Fig. 28) y en *A. hypochondriacus* el cultivar Mercado, los haces vasculares de los anillos internos tienen más vasos comparados con los del cultivar Guatemalteco de *A. cruentus* (Fig. 29) y los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal de *A. hypochondriacus*. Por otro lado en *A. hypochondriacus* la diarca del cultivar Mercado tiene más vasos por haz vascular a diferencia de los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal, sin embargo también en esta especie en la diarca del cultivar Mixteco el diámetro de vasos es mayor que el de los cultivares Azteca, Mercado y Nepal. Al igual que se reporta para el tallo, un número mayor de vasos, contribuyen a una mejor conducción hídrica y de solutos, además de proveer mayor soporte mecánico a un órgano (Esau, 1977; Mauseth, 1988; Dickison, 2000; Carlquist, 2001). Entonces en *A. cruentus* los cultivares Africano y Mexicano pudieran tener una mejor conducción hídrica y de solutos y mayor soporte mecánico. Sin embargo, en el cultivar Guatemalteco la pared de los vasos en estos anillos es más engrosada que en los cultivares Africano y Mexicano, así compensa la carencia del soporte mecánico en la raíz, proporcionada a través de un mayor número de vasos en los cultivares Africano y Mexicano. Por otro lado en *A. hypochondriacus* se podría deducir que en el cultivar Mercado la conducción y parte del soporte mecánico que adquieren por esta vía es mayor a diferencia de los cultivares Azteca, Mixteco y Nepal. No obstante en el cultivar Mixteco el mayor diámetro de vasos en la diarca podría reducir el soporte mecánico en esta región, pero aumentar la capacidad de la conducción hídrica y de solutos.

Cuadro 26 Caracteres cualitativos y cuantitativos distintivos discutidos entre los cultivares de *A. cruentus* y entre los cultivares de *A. hypochondriacus*

Característica	Amaranthus cruentus			A. hypochondriacus				Atributo
	Africano	Guatemalteco	Mexicano	Azteca	Mercado	Mixteco	Nepal	
Número de células del pie de los tricomas	Menor	Intermedio	Mayor	Mayor	Mayor	Menor	Menor	Mayor número de células Disipa mejor el calor interno al exterior
Presencia de estomas en vena media, peciolo o tallo	En peciolo	Ausentes	En peciolo y tallo	Ausentes	En vena media	En vena media	En tallo y peciolo	Podrían realizar mejor un intercambio gaseoso y evapotranspiración
Grosor de cutícula	Menor	Mayor	intermedio	Mayor	Menor	Menor	Menor	Podría reducir la pérdida de agua por evapotranspiración
Tamaño de células epidérmicas	Peciolo intermedias	Peciolo grandes	Peciolo pequeñas	Lámina grandes	Lámina pequeñas	Lámina pequeñas	Lámina grandes	En las grandes tal vez la sección se llevo a cabo en la parte media celular
Forma de células parenquimáticas de vena media y peciolo	Elípticas	Elípticas	Amorfas	Elípticas	Amorfas	Amorfas	Elípticas	La distorsión celular quizá se provocó al inicio del proceso histológico
Evidencia de cristales de oxalatos de calcio en arena o agrupados	Peciolo tallo	V. med, peciolo tallo	Tallo	V. med, peciolo tallo	Tallo	V. med, peciolo tallo	Peciolo tallo	Podrían servir como defensa contra la herbivoría o su acumulación es para evadir el envenenamiento de tejidos
Número de vasos en haces vasculares en la hoja	Menor	Mayor	Mayor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Confieren mayor soporte mecánico y tal vez mejor flujo hídrico
Frecuencia de elementos de vaso con pared Helicoidal	Presentes	Presentes	Presentes	Escasos	Abundantes	Frecuentes	Abundantes	Podrían reducir el soporte mecánico
Frecuencia de elementos de vaso con pared pseudoescalariforme	Frecuentes	Escasos	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes	Podrían reducir el soporte mecánico
Frecuencia de elementos de vaso con pared pseudoescalariforme	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Ausentes	Ausentes	Frecuentes	Abundantes	Confiere el mayor soporte mecánico
Longitud de elementos de vaso	cortos	intermedio	largos	Cortos	largos	largos	cortos	Cortos confieren más soporte
Angulo de inclinación de placas terminales de elementos de vaso	Ligeramente inclinada y horizontal	Ligeramente inclinada y horizontal	Ligeramente inclinada e inclinadas	Inclinada y Poco inclinada	Poco inclinada, horizontal	Poco inclinada, horizontal	horizontal	Entre más inclinada podría proveer un mejor flujo hídrico y de solutos
Índice estomático en superficie foliar	Intermedio	Menor	Intermedio	Mayor	Mayor	Menor	Mayor	Podrían realizar mejor un intercambio gaseoso y evapotranspiración
Forma de células epidérmicas	Poligonales cuadradas	Poligonales, cuadradas y amorfas de paredes sinuosas	Poligonales, cuadradas y amorfas de paredes sinuosas	Poligonal cuadradas	Poligonal, cuadrada y amorfas de paredes sinuosas	Poligonal cuadradas	Poligonal, cuadradas	Las hojas que tienen células amorfas de paredes sinuosas podrían proporcionar mayor soporte mecánico
Grosor de ala pared anticlinal de células epidérmicas adaxiales	Gruesas	Delgadas	Delgadas	Delgadas	Gruesas	Gruesas	Gruesas	Las células de paredes engrosadas podrían proveer más soporte mecánico
Tamaño y abundancia de pliegues en extremos de células oclusivas	Grandes y abundantes	Pequeños y reducidos	Pequeños y reducidos	Pequeños reducidos	Pequeños reducidos	Grandes y muchos	Pequeños reducidos	No es posible explicar la presencia que juegan estos pliegues

Arreglo radial del mesófilo alrededor de algunos haces vasc.	Ausente	ausente	Radial	Radial	Ausente	Ausente	Radial	Por la cercanía del mesofilo radial a la vaina el transporte de CO ₂ es + rápido
Tamaño de las células de la vaina de los haces	Pequeñas	Pequeñas	Pequeñas	Pequeñas	Pequeñas	Pequeñas	Grandes	En las células de la vaina grandes hay + espacio para almacenar fotosintátos
Grosor y número de estratos de colénquima en v. media y peciolo	Intermedio	Intermedio	Mayor	Mayor	Menor	Intermedio	Mayor	Un mayor grosor y estratos de colénquima confiere mayor soporte
Desarrollo de peridérmis del tallo	Evidente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Evidente	La formación de peridérmis sugiere una madurez en menos tiempo
Grosor de colénquima en tallo	Grueso	Grueso	Delgado	Delgado	Delgado	Delgado	Delgado	Un mayor grosor de colénquima confiere mayor soporte
Grosor de anillo vascular periférico del tallo	Delgado	Grueso	Grueso	Delgado	Delgado	Delgado	Delgado	Un mayor grosor de anillo vascular periférico confiere mayor soporte
Grosor de pared de fibras de segmentos interfasciculares	Delgadas	Gruesas	Gruesas	Delgadas	Delgadas	Delgadas	Delgadas	Fibras con paredes gruesas confieren mayor soporte mecánico
Longitud de fibras del tallo	Cortas	Cortas	Cortas	Largas	Cortas	Cortas	Cortas	Fibras largas confieren mayor soporte
Número de vasos por haz vascular en el tallo	Mayor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Menor	Menor	Un mayor número de vasos confieren mayor soporte y conducción de agua
Grosor de pared de los vasos en tallo	Delgadas	Delgadas	Delgadas	Delgadas	Delgadas	Gruesas	Gruesas	Un mayor grosor de pared en vasos confieren mayor soporte
Presencia de gránulos de almidón en parénquima córtex de la raíz	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Presentes	Ausentes	Presentes	Presentes	La presencia de almidón asegura la disponibilidad de carbohidratos.
Grosor del anillo vascular periférico de la raíz	Grueso	Grueso	Delgado	Grueso	Delgado	Delgado	Delgado	Un mayor grosor de anillo vascular periférico confiere mayor soporte
Número de anillos vasculares con segmentos interfasciculares con céls lignificadas de la raíz	Intermedio	Intermedio	Mayor	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Menor	Más anillos con células de pared lignificada confieren mayor soporte
Arreglo distribución de células de parénquima contiguo a los haces de anillos internos y diarca en raíz	Radial, parte angosta en diarca radial	Tangencial y radial	Tangencial y radial	Tangencial y radial	Tangencial y radial	Tangencial y radial	Tangencial, Tangencial	Las células de parénquima en posición tangencial, contribuyen con una mayor área para transporte de H ₂ O y solutos
Número de vasos por haz vascular en anillos internos en la raíz	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Menor	Un mayor número de vasos confieren mayor soporte y conducción de agua
Número de vasos por haz vascular en diarca de la raíz	Mayor	Mayor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Menor	Un mayor número de vasos confieren mayor soporte y conducción de agua

6.2. Comparación anatómica entre *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*

HOJA

En la lámina de *A. cruentus* las células intercostales adaxiales son más grandes con respecto a las de en *A. hypochondriacus*. Si bien Espitia (1992) y Mapes (1997) reportan que en *A. hypochondriacus* sus hojas son más grandes que en *A. cruentus*, la relación del tamaño de las células intercostales con respecto al tamaño de las hojas en las especies estudiadas es inversa.

En la superficie adaxial de la vena media de *A. hypochondriacus* hay estomas de tipo anomocítico mientras que para *A. cruentus* en este órgano los estomas no fueron evidentes. Barthlott (1990) reporta que una superficie con estomas permite que haya un intercambio gaseoso así como una evapotranspiración. Como no es posible constatar la presencia de estomas en la vena media de *A. cruentus* no se podría deducir que en este órgano se lleve a cabo un intercambio gaseoso y evapotranspiración como pudiera ser con la vena media de *A. hypochondriacus*.

En la vena media tanto en *A. cruentus* como en *A. hypochondriacus* el colénquima es continuo. Sin embargo, en el cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* es discontinuo. Según Espitia (1992) y Mapes (1997) las plantas de *A. hypochondriacus* son más grandes que las de *A. cruentus*. Esau (1977) reporta que el colénquima es un tejido que proporciona soporte mecánico y flexibilidad al órgano que lo contiene. No obstante la relación del tamaño de algunas plantas de *A. hypochondriacus* (cultivar Mercado) y la capacidad de soporte mecánico y flexibilidad de su colénquima es inverso, sin embargo estos ejemplares compensan el requerimiento de soporte por otros medios.

En general en la vena media los haces vasculares de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* tienen un arreglo colateral. Sin embargo, algunos haces vasculares de *A. hypochondriacus* tienen arreglo concéntrico de tipo anfigasal. Fisher & Evert (1982) reportan que durante el curso del tejido vascular de *A. retroflexus*, algunos haces del extremo adaxial se fusionan unos con otros para formar haces de mayor tamaño y con un mayor número de vasos. Si esto sucede en las especies estudiadas tal vez en *A. hypochondriacus* por el nivel al que se tomaron las muestras, la fusión de haces es más evidente que en *A. cruentus* y esto está más relacionado a la fusión de los haces que al tamaño de sus hojas.

En general en el pecíolo de *A. cruentus* y de *A. hypochondriacus* los elementos de vaso con un ángulo de inclinación en su placa terminal de 45° son escasos. Sin embargo, en el cultivar Azteca de *A. hypochondriacus* los elementos con un ángulo de inclinación de 45° son frecuentes. De acuerdo con Mauseth (1988) la conducción de agua y solutos es más eficiente en los elementos de vaso con placas inclinadas. Entonces se podría esperar que en *A. hypochondriacus*

principalmente para el cultivar Azteca el flujo del agua y solutos sea más eficiente que en *A. cruentus*.

En el pecíolo de *A. cruentus* el grosor de colénquima adaxial es mayor con respecto al de *A. hypochondriacus*. Mapes (1997) registro que en las hojas de *A. hypochondriacus* el pecíolo es más largo que el de las hojas de *A. cruentus*. Además como ya se ha reportado que el colénquima es un tejido que proporciona soporte mecánico y flexibilidad al órgano que lo contiene (Esau, 1977). Entonces en *A. hypochondriacus* con un pecíolo más largo en sus hojas, el requerimiento de soporte mecánico y flexibilidad podría ser mayor que el requerido para las hojas de *A. cruentus*.

TALLO

En *A. cruentus* el número de células del pie en los tricomas es mayor que en los tricomas de *A. hypochondriacus*. Como ya se menciona que por la falta de evaluaciones en algunos parámetros de los tricomas como su longitud, el tamaño de su célula terminal, el tipo de contenido presentes en estas células terminales, así como el tamaño de las células que forman el pie de cada tricoma, entre otros y debido a la variabilidad en el número de células en el cuerpo principal; no se puede establecer una correlación entre cada uno de los caracteres que forman los tricomas para determinar la importancia del número de las células del pie en los mismos. Sin embargo, Wolpert (1975, citado por Jonhson, 1975) reporta que una abundancia de tricomas confiere una mayor conducción de calor, para eliminar el exceso del mismo dentro de una planta. Es probable que los tricomas de este órgano en *A. cruentus* tengan una función similar; relacionada más con la difusión de altas temperaturas hacia el exterior.

Tanto en *A. cruentus* (cultivar Africano) como en *A. hypochondriacus* (cultivar Nepal) se desarrolla una peridérmis en el tallo. Esau (1977) y Mauseth (1988) establecieron que en el tallo y la raíz, de dicotiledoneas herbáceas la peridérmis puede reemplaza a la epidérmis cuando estos dos órganos alcanzan su madurez vegetativa o que la peridérmis se desarrolla en el momento que sucede un daño mecánico o invasión de patógenos en los tejidos externos. En las dos especies el origen la peridérmis se desarrolla en regiones diferentes, en *A. cruentus* al nivel córtex interno, mientras que en *A. hypochondriacus* a partir de la epidermis, en la primera especie la causa podría ser por un daño mecánico o de patógenos, sin embargo en *A. hypochondriacus* es posiblemente por la madures vegetativa alcanzada en menor tiempo por esta especie.

En cuanto al grosor del anillo periférico en *A. cruentus* es mayor a diferencia de *A. hypochondriacus*. Algunos señalan que una de las funciones del tejido xilemático, es proporcionar soporte mecánico interno a los órganos vegetativos en donde esta presente (Esau, 1977; Mauseth, 1988; Dickison, 2000; Carlquist, 2001). Por lo tanto en el tallo de *A. cruentus* el soporte mecánico

es mayor con respecto al de *A. hypochondriacus*, no obstante la relación del tamaño de los ejemplares de las especies con el grosor del anillo periférico es inverso.

Con respecto a la frecuencia de elementos de vaso con ciertos tipos de ornamentación, en *A. hypochondriacus* hay elementos de tipo helicoidal, en tanto que *A. cruentus* no tiene elementos de vaso con este tipo de ornamentación. De acuerdo con Carlquist (2000) reporta que las punteaduras de las paredes secundarias de los elementos de vaso, son una fuente de reducción en el soporte mecánico al interrumpir la continuidad de la pared de cada elemento y el grado de disminución del soporte depende del tipo de ornamentación que estos tengan. Así se podría esperar que en *A. hypochondriacus* la reducción del soporte mecánico es mayor que en *A. cruentus*, sin embargo *A. hypochondriacus* resuelve la demanda de soporte mecánico por otros medios.

En *A. hypochondriacus* los elementos de vaso con un ángulo de inclinación de 45° en sus placas terminales son frecuentes, en tanto que en *A. cruentus* los elementos de vaso con el mismo ángulo en sus placas terminales son escasos. Como ya se ha reportado, que en los elementos con placas terminales inclinadas el agua y solutos pueden fluir con mayor facilidad, que en los elementos de vaso que tienen sus placas terminales horizontales (Mauseth, 1988). Asumiendo que en *A. hypochondriacus* sus plantas son más altas que en *A. cruentus* entonces la demanda hídrica y de solutos en las mismas deberían ser mayores y el que sus elementos de vaso estén formados por una mayor proporción de placa horizontales podría proveer una mejor conducción hídrica y de solutos.

RAÍZ

En este órgano el grosor del anillo periférico de *A. hypochondriacus* es mayor con respecto al de *A. cruentus*. Algunos autores refieren que una de las funciones de las células xilemáticas es el soporte mecánico (Esau, 1977; Mauseth, 1988, Dickison, 2001). De tal forma que la raíz de *A. hypochondriacus* confiere mayor soporte a sus plantas que la de *A. cruentus* y esto hace que en *A. hypochondriacus* se compense la disminución del soporte mecánico por parte del anillo periférico del tallo y la presencia de elementos de vaso con punteaduras helicoidales.

En *A. hypochondriacus* a diferencia de *A. cruentus* las células parenquimáticas del córtex almacenan gránulos de almidón. Esau (1977) Mauseth (1988) mencionan que la raíz es un órgano que tiene la capacidad de almacenar una gran cantidad de carbohidratos y productos fotosintéticos a nivel celular. Sin embargo, en el cultivar Mercado de *A. hypochondriacus* no se observan gránulos de almidón a este nivel por lo que no es posible asegurar si la raíz de este cultivar acumula este tipo de contenidos. Pero en general en *A. hypochondriacus* la disponibilidad de carbohidratos podría ser mayor que en *A. cruentus*.

El número de vasos por haz vascular de anillos internos en *A. cruentus* es mayor a diferencia de los haces de los anillos internos de *A. hypochondriacus*. Sin embargo en la diarca de *A. hypochondriacus* el número de vasos por haz vascular es mayor a diferencia de los haces de esta estructura de *A. cruentus*. Como ya se ha mencionado, varios autores escriben que un número mayor de vasos en los haces confiere mayor eficiencia en la conducción de agua y solutos, además de proveer mayor soporte mecánico (Esau, 1977; Mauseth, 1988; Carlquist, 2001). Por lo anterior tanto *A. cruentus* como *A. hypochondriacus* resuelven la conducción hídrica y parte del soporte mecánico distribuyendo el tejido de conducción en regiones estratégicas para sus plantas.

6.3. Comparación de los caracteres anatómicos de *A. cruentus* y de *A. hypochondriacus* con otras especies y géneros relacionados

Fisher & Evert (1982), reportan que en *Amaranthus retroflexus* tiene una epidermis que consiste principalmente de células epidérmicas irregulares con paredes anticlinales sinuosas. En esta especie, las células de la epidermis adaxial tienen un área superficial ligeramente más pequeña que las de la epidermis abaxial, las adaxiales con las paredes anticlinales menos sinuosas. Por su parte Bardales (1992) menciona que en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* las células epidérmicas adaxiales son de forma rectangular o algunas de forma irregular, mientras que en la epidermis abaxial de ambas especies son de forma irregular y paredes completamente sinuosas, también señala que en *A. cruentus* las células de la superficie adaxial son de mayor tamaño que las de la abaxial, mientras que en *A. hypochondriacus* esto ocurre de manera inversa. Sin embargo, en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* estudiadas a diferencia de *A. retroflexus*, la mayoría de las células epidérmicas adaxiales son de forma poligonal o cuadrada y algunas de contorno irregular, en general sus paredes anticlinales son lineales y las de forma irregular sus paredes anticlinales son ligeramente sinuosas; mientras que en la epidermis abaxial al igual que en *A. retroflexus* sus células son de forma irregular con paredes anticlinales sinuosas. En estas dos especies así como en *A. retroflexus* y en *A. cruentus* de acuerdo a Bardales (1992), las células epidérmicas adaxiales tienen una área superficial menor con respecto a las abaxiales.

Con respecto a los estomas Fisher & Evert (1982) y Bardales (1992), mencionan que en *A. retroflexus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* respectivamente, los estomas sólo son de tipo anomocítico, con células oclusivas en forma de riñón y carecen de células subsidiarias. Sin embargo, Padmini & Raja (1995) encontraron que en algunas especies de la subtribu Euamarantheae en donde incluye algunas especies del género *Amaranthus*, las células oclusivas son de forma elíptica o raramente subsféricas y los estomas son tanto de tipo anomocítico como de tipo anisocítico, ambos tipos codominantes para las dos superficies epidérmicas (adaxial y abaxial). En el presente estudio de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* a diferencia de *A. retroflexus* así como lo reportado por Bardales (1992) y similar a Padmini & Raja (1995) se observan estomas de tipo anomocítico y anisocítico con células oclusivas en forma de riñón en ambas superficies epidérmicas, los de tipo anomocítico son más abundantes.

Por otro lado Fisher & Evert (1982), escribieron que las paredes anticlinales de células epidérmicas contiguas a paredes longitudinales de células oclusivas se invaginan y forman pliegues. Por su parte Bardales (1992) los refiere como engrosamientos de las paredes internas del ostiolo. Y Padmini & Raja (1995) señala que son anomalías localizadas entre los estomas y las células epidérmicas y los definen como engrosamientos polares de las células oclusivas, en

particular para *Pupalia lappacea lappacea*, de la subtribu *Achyrantheae*. Así como lo reportan los autores antes mencionados, en las especies estudiadas se observan estos pliegues de las paredes anticlinales de las células epidérmicas contiguas a las paredes longitudinales de células oclusivas.

En general para un gran número de especies de género *Amaranthus* (Padmini & Raja, 1995; Fisher & Evert, 1982; Bardales, 1992), el índice estomático calculado es de 16.8 a 20.3 en la epidérmis adaxial y de 15.8 a 28.6 en la epidérmis abaxial. En *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, los valores de índice estomático, son alrededor de 16.9 a 20.9 en la epidérmis adaxial y de 23.0 a 27.7 en la epidérmis abaxial, valores muy cercanos a los reportados por los autores antes mencionados. También Fisher & Evert (1982) así como Padmini & Raja (1995), observaron que tanto para *A. retroflexus* como para otras especies del género, el índice estomático en la epidérmis abaxial es mayor que la adaxial con valores muy cercanos entre las especies, excepto para *A. spinosus* (Padmini & Raja 1995) y *A. hypochondriacus* (Bardales 1992), en donde el índice de la epidérmis adaxial es mayor que en la abaxial. Por su parte Das (1977), reporta que las plantas C₄ donde se incluyen varias especies del género *Amaranthus*, la frecuencia estomática de la epidérmis adaxial es mayor con respecto a la abaxial, sin embargo señala que para *A. viridis* los valores de frecuencia en la epidérmis abaxial son mayores que en adaxial aún y cuando la manera de obtener y reportar sus valores es diferente.

La hoja de *A. retroflexus* es ligeramente pubescente, los tricomas de la epidérmis adaxial se encuentran a lo largo de las regiones intercostales, son uniseriados y no ramificados, mientras que los tricomas abaxiales, se localizan sobre las regiones costales, son tanto uniseriados como multiseriados, del mismo tipo no ramificados que los adaxiales (Fisher & Evert, 1982). También las hojas de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* estudiadas son ligeramente pubescentes. En estas dos especies a diferencia de *A. retroflexus*, los tricomas de ambas epidérmis sólo se localizan sobre las regiones costales, son uniseriados, multicelulares y no ramificados.

Laetsch (1968) observó que en *A. edulis*, las células en empalizada, forman un estrato radial alrededor de la vaina de los haces vasculares, así mismo Carolin *et al.* (1978) mencionan que en el género *Amaranthus* el mesófilo se organiza de manera radial, sólo que el abaxial es más laxo y menos distintivo que el adaxial. También Fisher & Evert (1982) reportan que en *A. retroflexus* el mesófilo se distribuye de manera radial alrededor de la vaina de los haces. Sin embargo, Ratham *et al.* (1975) describen que en *A. viridis* el mesófilo tiene arreglo dorsi-ventral, diferenciado en parenquima en empalizada y parenquima esponjoso respectivamente. Bardales (1992) encontró que en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, el parenquima en empalizada se distribuye hacia el extremo adaxial y el parenquima esponjoso hacia el extremo abaxial, excepto en los lugares en donde el contacto con la epidérmis abaxial, es ocupado por células de forma

irregular de paredes lobuladas. Incluso Wang *et al.* (1992) señalan que las hojas de *A. hypochondriacus* en etapas tempranas de crecimiento ya desarrollan uno o más estratos de células del mesófilo alrededor de cada estrato de células de la vaina. En el presente estudio se encontró que *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* las células del mesófilo de tipo en empalizada, se organizan de manera perpendicular con respecto a la superficie de la hoja y se localizan hacia el extremo adaxial; la parte central está formada por células de parenquima esponjoso de forma tabular u obloide y en el extremo abaxial se observan células parenquimáticas de paredes lobuladas distribuidas en un sólo estrato. Sin embargo, así como en *A. edulis* y *A. retroflexus* algunas células en empalizada se organizan radialmente alrededor de los haces vasculares.

Byott (1976) encontró que respecto a los espacios aéreos entre las células del mesófilo el porcentaje del volumen aéreo es mayor en dicotiledoneas C_3 que en dicotiledoneas C_4 y en particular estableció que para *A. melancolicus* el porcentaje de espacios aéreos es del 29.9%, en otras especies de *Amaranthus* es del 26.6% y para *A. tricolor splendens* es del 17.5 %. Por su parte Carolin *et al.* (1978) mencionan que en el mesófilo adaxial los espacios aéreos son muy estrechos, mientras que en el mesófilo abaxial son más abundantes. También Fisher & Evert (1982) indican que en *A. retroflexus* los espacios intercelulares ocupan el 14.1% del volumen total de la hoja, particularmente más abundantes en las células del mesófilo que carecen de contacto con la vaina de los haces, que las que están en contacto con ella. Así mismo en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* en el presente estudio, los espacios intercelulares entre las células de mesófilo en empalizada son inconspicuos ya que están muy compactadas entre sí y a diferencia de las células del parenquima esponjoso y parenquima lobulado, los espacios intercelulares son más abundantes y conspicuos.

Laroche (1971) menciona la presencia de cristales de oxalatos de calcio en forma de drusas para la familia Amaranthaceae. Zindler (1976) explican que algunas familias de dicotiledoneas, principalmente en las especies con metabolismo C_4 entre las que incluye algunas especies de las familias Amaranthaceae y Chenopodiaceae, tienden a acumular grandes cantidades de oxalatos de calcio en forma de cristales. También Fisher & Evert (1982) observaron en *A. retroflexus* cristales de oxalatos de calcio en forma de drusas dentro de areolas foliares y de tipo angular en algunas células del tejido parenquimático de la vena media y pecíolo. Por su parte Bardales (1992) reporta que en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, los cristales de oxalato de calcio son en forma de drusas, se distribuyen de manera irregular entre los haces vasculares de la lámina (en vista superficial y transversal) y también hay en forma de arenas en algunas células parenquimáticas de la lámina de *A. cruentus* y algunas células parenquimáticas de la vena media y pecíolo de ambas especies en sección transversal. De la misma forma, en las especies estudiadas se encontraron cristales de

oxalatos de calcio en forma de drusas dentro de areolas foliares y en forma de arena (angulares para Fisher & Evert, 1982) en una gran cantidad de células principalmente parenquimáticas aunque también en algunas que forman el tejido vascular en la lámina, vena media, pecíolo y tallo.

Un carácter frecuentemente reportado es la presencia de una vaina parenquimática alrededor de los haces vasculares con abundantes cloroplastos en posición centrípeta de mayor tamaño que en células del mesófilo. Laetsch (1968) fue uno de los primeros autores en mencionarla para *A. edulis*, seguido por Clanton *et al.*, (1971), Usuda *et al.*, (1971), Gallager *et al.*, (1975) y Fisher & Evert (1982) para *A. retroflexus*, Ratham *et al.*, (1975) y Banerjee (1980) para *A. viridis*, Carolin *et al.*, (1978) para género *Amaranthus* y Bardales (1992) para *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*. Por su parte Wang *et al.*, (1992) señalan que las hojas de *A. hypochondriacus* en etapas tempranas de crecimiento ya desarrollan un estrato de células de la vaina alrededor de los haces. Al igual que lo reportan los autores antes citados, en las especies de este estudio se observa un estrato de células parenquimáticas de la vaina alrededor de los haces, con abundantes cloroplastos en posición centrípeta y más grandes que los de las células del mesófilo. En particular Banerjee (1980) señala que en *A. viridis* la vaina de los haces se encuentra alrededor de venas mayores y menores. Sin embargo, en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* estudiados la vaina de los haces se observa generalmente en los haces de orden menor, mientras, en los haces de orden mayor la vaina principalmente en las venas secundarias es parcial o incompleta.

Laroche (1971) y Banerjee (1980), describen que el patrón de venación para ciertos miembros de la familia Amaranthaceae es de tipo broquidódromo festonado en particular para *A. viridis*. Mientras que Fisher & Evert (1982) reportan que para *A. retroflexus* es de tipo pinnado eucamptódromo. Bardales (1992) sólo menciona que en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* es de tipo reticular. Sin embargo, en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* de este estudio al igual que en *A. retroflexus* el patrón de venación observada es de tipo Eucamptódromo.

Costea & DeMason (2001) mencionan que en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* la epidermis del tallo en vista superficial esta formada por dos regiones, una constituida por células más o menos isodiamétricas con estomas evidentes, de tipo anomocítico y la otra formada por células de forma heterogénea muy estrecha carente de estomas; lo cual es corroborado en la presente tesis. También estos autores reportan que en *A. cruentus* la superficie epidérmica del tallo es pubescente lanoso, con tricomas multicelulares uniseriados o multicelulares multiseriados, formados por tres a 15 células, mientras que en *A. hypochondriacus* la epidermis es pubescente o puberulenta, con tricomas multiseriados, formados por 3 a 10 células. En el presente estudio se encontró que la superficie epidérmica es escasamente pubescente y los tricomas para ambas

especies son multicelulares uniseriados, glandulares y están formados por cinco a 13 células en *A. cruentus* y por siete a 12 en *A. hypochondriacus*.

Respecto al crecimiento secundario del tallo de algunas Amaranthaceae estudiadas, el cambium es bidireccional, donde el xilema se produce del lado interno y floema del lado externo, además, continúan funcionando por toda la vida de la planta, además es reactivado durante la primavera sin ser reemplazado por un nuevo cambium. A diferencia de un cambium común, en algunas especies de esta familia el cambium es de tipo sucesivo, funciona por un tiempo limitado y es reemplazado por células totalmente nuevas que se diferencian a partir del parenquima ya existente externo al floema recién formado, esto es que después de la producción del tejido secundario de manera normal el cambium llega a ser inactivo, sus células se diferencian y cesa su actividad completamente para dejar de existir como un cambium. Por otro lado un cambium es organizado nuevamente en las regiones más externas del floema recién producido. Al igual que el cambium anterior este deja de funcionar normalmente, cesa su actividad y es reemplazado por un nuevo cambium que surge externamente al parenquima floemático que este produce (Mauseth, 1988). Por ello cualquier floema secundario que esté localizado al interior del xilema secundario se dice que es floema incluido. M. Zamski & Azenkot (1981; citado por Mauseth, 1988) encontraron que los elementos vasculares producto de un cambium sucesivo, pudieran tener extensivas conexiones radiales y tangenciales con aquellos producidos por previos cambium. El tiempo de vida funcional de cada grupo de elementos no es conocido, pero Horak (1981b; citado por Mauseth, 1988) reportó que el floema en el cuarto incremento más externo, pareció estar sano, mientras que el floema de las capas más profundas se observa colapsado; esto se ilustra en aquel grupo de haces floemáticos, capaces de fusionarse y anastomosarse unos con otros independientemente del sistema de vasos del xilema.

En la familia Amaranthaceae, el crecimiento secundario atípico juega un papel importante (Rajput & Rao, 1999). Principalmente incrementa la flexibilidad y fuerza del tallo, incrementa el tejido de almacenamiento, protege y mantiene funcionales al xilema y floema bajo elevadas condiciones de estrés hídrico (Dickison, 2000). Además Carlquist (1988) sugiere que el floema interxilemático puede ser un canal eficaz para la translocación de fotosintátos, ayudando a una rápida formación de flores y frutos. El parenquima rico en almidón y carbohidratos también puede ser importante en esta relación. Por ello la tridimensionalización de un sistema floemático, potencialmente ofrece un mecanismo ideal para la distribución de fotosintátos dentro de un tallo, transfiriéndolos a sitios de almacenamiento y permitiendo una rapidez y/o capacidad óptima para la recuperación de esos fotosintátos.

En general en los miembros de la familia Amaranthaceae, el tallo alcanza su engrosamiento a través de un crecimiento secundario atípico el cual ya ha sido observado en las primeras décadas del siglo XX en algunas especies de las familia Chenopodiaceae y Amaranthaceae por autores como Joshi (1937) y Metcalfe & Chalk (1950), quienes describen que en estas familias el crecimiento es de tipo bidireccional pero con una variante cambial de tipo "sucesivo". Otros autores también lo consideraron como un crecimiento anómalo pero de tipo unidireccional (Baldfour, 1965). Recientemente Esau (1977), Mauseth (1988), Carlquist (1989) y Dickison (2000) entre otros confirman y apoyan la idea de que el crecimiento secundario en innumerables miembros de la familia Amaranthaceae es bidireccional atípico con la variante cambial de tipo "sucesivo". En los trabajos realizados en *Atriplex halimus* Fahn & Zimmermann (1982), en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* Bardales (1992), en *Pupalia lappaea*, *Achyranthes aspera*, *Alternanthera polygamus*, *A. pugens*, *A. sessilis*, *A. triandra* Rajput & Rao (1999a, 2000) respectivamente y en *Celosia argentea* Rajput (2001), encontraron que el crecimiento secundario en estas especies es bidireccional y atípico como el antes mencionado. También Costea & DeMeason (2001) mencionan que en un gran número de especies del género *Amaranthus* el crecimiento secundario se forma por el mismo tipo de variante cambial sólo que con floema foraminado o interxilar. En *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* al igual que los autores antes mencionados, con excepción de Costea & DeMason (2001) y Baldfour (1965) se observa un crecimiento secundario atípico del tipo sucesivo.

Joshi (1937) define que en Amaranthaceae y Chenopodiaceae el tejido localizado alrededor y entre los haces vasculares del tallo y la raíz, lo describe como tejido conjuntivo o interfascicular, de tipo tangencial o radial de acuerdo a su posición. En varias especies del género *Amaranthus* este tejido tanto radial como tangencial tiende a ser de tipo parenquimático, mientras que en algunos otros géneros de la familia Amaranthaceae y Chenopodiaceae tiende a ser más fibroso, principalmente el de las regiones del tejido conjuntivo radial, marcando que entre más parenquimatoso sea este tejido conjuntivo se considera como un carácter primitivo por el contrario si es más fibroso es un carácter derivado más evolucionado. En los estudios realizados en *Atriplex halimus* Chenopodiaceae (Fahn & Zimmermann, 1982); *Pupalia lappaea* (Rajput & Rao, 1999a); *Achyranthes aspera*, *Alternanthera polygamus*, *A. pugens*, *A. sessilis*, *A. triandra* (Rajput & Rao, 2000), y *Celosia argentea* (Rajput, 2001), confirmaron que el tejido conjuntivo principalmente el de distribución radial (entre los haces vasculares) es de tipo fibroso, mientras, el que se distribuye tangencialmente tiende a ser más parenquimático. En la presente tesis confirma lo reportado por Joshi (1937), en donde el tejido conjuntivo en las dos especies estudiadas es generalmente de tipo parenquimático; el tejido conjuntivo lignificado o parcialmente lignificado se concentra en el

anillo de tejido vascular periférico del tallo y en algunos segmentos interfasciculares de los anillos internos de la raíz.

Los rayos de xilema también han sido reportados en algunos géneros y son restringidos a unas cuantas dicotiledoneas (Gibson, 1978; Carlquist, 1988; Lev-Yadun & Aloni, 1995; Rajput & Rao, 1998 y 1999a citados por Rajput & Rao 2000). La ausencia de rayos de xilema por lo general ha sido reportado sólo en algunos miembros de la familia Amaranthaceae (Metcalf & Chalk, 1950 y Rajput & Rao 1999a; citados por Rajput, 2000). De acuerdo con Gibson (1978, citado por Rajput & Rao, 2000) la ausencia de radios en dicotiledoneas leñosas es más frecuente en especies con reducida actividad cambial y en células fusiformes iniciales cortas y altamente especializadas en el xilema secundario. También ha sido considerado que la ausencia de rayos de xilema tiende a ocurrir en grupos de plantas en las cuales la actividad normal cambial se pierde durante el curso de la evolución hacia un modo de estructura herbácea (Carlquist 1988; citado por Rajput & Rao, 2000). La ausencia de rayos puede ser total y no formarse durante el ciclo total de vida de la planta, pueden ser temporales, estar ausentes o estar restringidos sólo a estadios leñosos juveniles. En *Achyranthes aspera*, *Alternanthera polygamus*, *A. pugens*, *A. sessilis*, *A. triandra* (Rajput & Rao, 2000) y *Pupalia lappaea* (Rajput & Rao, 1999a) muestran la ausencia de rayos durante el crecimiento total de sus plantas, así mismo en *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* la ausencia de radios es evidente; además la ausencia de estos puede representar un incremento en la resistencia mecánica en tallos de vida corta, en los cuales el valor selectivo para el parenquima radialmente orientado es mínimo. Por otro lado las fibras con el protoplasma viviente reportadas en las especies antes mencionadas, también observadas en las especies estudiadas, son consideradas por ser una característica adaptativa, mostrando la forma de transición hacia las células de parenquima, prevalecientes en las plantas herbáceas (Fahn & Leshem, 1963, Rajput & Rao, 1999a; citados por Rajput & Rao, 2000). La presencia de fibras nucleadas puede estar asociada con la naturaleza de los radios de los tallos y pueden tener tanto funcionalidad mecánica como tejido de almacén (Rajput & Rao, 1999a y 2000). En las especies estudiadas la mayoría de las fibras son nucleadas y algunas de ellas presentan septos, en éstas la funcionalidad puede ser muy similar a la reportada por los autores antes citados.

VII. CONCLUSIONES

Con este estudio se realizó una caracterización anatómica de tres cultivares de *A. cruentus* y cuatro de *A. hypochondriacus* en la que se observaron un gran número de diferencias entre estos cultivares.

- ❖ Del total de caracteres cualitativos encontrados para los cultivares de *A. cruentus* el 76.9% corresponden a la hoja, 15.4% al tallo y el 7.7% a la raíz. Respecto a los caracteres cuantitativos analizados en los cultivares de la misma especie el 61.1% pertenecen a la hoja, el 25% al tallo y el 13.9% a la raíz. En *A. hypochondriacus* del total de caracteres cualitativos analizados el 78.3% corresponden a la hoja, el 15.2% corresponden al tallo y el 6.5 corresponden a la raíz. En cuanto a los caracteres cuantitativos analizados para esta especie el 68.4% corresponden a la hoja y el 15.8% al tallo y 15.8% a la raíz.
- ❖ Dentro de los caracteres cualitativos tanto para los cultivares de *A. cruentus* como para los cultivares de *A. hypochondriacus* se incluyen: En la hoja, forma de las paredes anticlinales y las células intercostales adaxiales, frecuencia de los pliegues de los extremos de las células oclusivas adaxiales, distribución de las células del mesófilo en algunos haces vasculares, presencia de estomas en la epidermis adaxial y abaxial y frecuencia de células parenquimáticas del xilema que contienen cristales de oxalatos de calcio en forma de arena, presencia de cristales de oxalatos de calcio agrupados, distribución de los haces vasculares y el ángulo de inclinación de la placa terminal de los elementos de vaso. En el tallo, presencia de estomas en la epidermis, desarrollo de peridérmis, distribución de los contenidos celulares en forma de cristales de oxalatos de calcio en arenas y el tipo de ornamentación de las paredes secundarias intervasculares de los elementos de vaso. Y en la raíz, presencia de regiones interfasciculares y orientación de células parenquimáticas en la diarca.
- ❖ Dentro de los caracteres cuantitativos también para ambas especies se proponen: en la hoja, el grosor de las paredes anticlinales de las células costales e intercostales adaxiales y abaxiales, tamaño de las células costales adaxiales, número de vasos por haz vascular, el número de células que forman el pie de los tricomas adaxiales y abaxiales, grosor y número de estratos del colénquima adaxial y abaxial, tamaño de los elementos de vaso con punteaduras helicoidales y punteaduras pseudoescalariformes. En el tallo número de células que forman el pie de los tricomas, grosor de la cutícula, engrosamiento colenquimático y grosor de pared y amplitud del lumen de fibras. Y en la raíz grosor y número de estratos del tejido conjuntivo del anillo periférico, número de vasos por haz vascular y grosor de la pared de anillos vasculares internos.

- ❖ Cabe destacar que en *A. cruentus* el cultivar Africano posee la mayor proporción de caracteres cualitativos distintivos, en la lámina foliar el 75% y en la raíz el 66.7% corresponden a este cultivar. Sin embargo el cultivar Mexicano tiene el mayor número de diferencias en la vena media y el peciolo de la hoja con un 54.4% y 53.2% respectivamente. En tanto que en el tallo el mayor número de caracteres cualitativos pertenecen al cultivar Guatemalteco con el 50%.
- ❖ En cuanto a los caracteres cuantitativos el cultivar Africano presenta la mayor proporción, en la lámina foliar este cultivar posee el 66.8%, en la vena media y peciolo de la hoja comprende el 50% por cada estructura y el tallo de este cultivar posee el 77.8%. Sin embargo la raíz los cultivares Africano y Mexicano comprenden el 40% de los caracteres por cada cultivar.
- ❖ En *A. hypochondriacus* la proporción de los caracteres cualitativos es como sigue: en la lámina foliar al cultivar Mixteco corresponden el 33.3%, en la vena media y peciolo de la hoja del cultivar Mercado pertenecen el 28.5% y el 37.5% respectivamente. El tallo con el 42.9% es tanto para el cultivar Mercado como para el cultivar Nepal. En tanto que en la raíz en el cultivar Nepal posee el mayor número de caracteres con un 66.7%.
- ❖ Respecto a los caracteres cuantitativos para *A. hypochondriacus* en la lámina y vena media de la hoja los cultivares Azteca y Mercado tienen una proporción similar del 27.3%, así mismo en la raíz es del 33.3% para estos mismos cultivares. Sin embargo en el peciolo y tallo la mayor cantidad de caracteres distintivos son exclusivos del cultivar Azteca con un 75% y 50% respectivamente.
- ❖ En la comparación por cultivares tanto para *A. cruentus* como para *A. hypochondriacus* la proporción de caracteres tanto cualitativos como cuantitativos antes mencionados, la hoja incluyendo a la vena media y peciolo contribuyen con un mayor número de diferencias para separar a los cultivares, seguido por el tallo y por último por la raíz.
- ❖ Entre las especies la hoja, así mismo contribuye con el mayor número de diferencias, seguido por el tallo y por último la raíz.
- ❖ De esta manera los caracteres anatómico-vegetativos antes mencionados podrían aportar a la información inconclusa para la separación de los cultivares y/o especies del presente estudio.

SUGERENCIAS:

Una recomendación importante durante la fijación del material con F.A.A. es no prolongar el periodo de fijación del material en este medio por más de 72 horas para prevenir el endurecimiento y distorsión de los tejidos que pudiesen interferir en la observación y descripción de los tejidos, como sucedió con algunos células en algunos órganos durante el presente estudio.

Además de los resultados obtenidos en este estudio a partir de los valores calculados de la media aritmética de los caracteres cuantitativos se recomienda realizar un análisis comparativo con los resultados obtenidos por Guzmán, ya que fueron obtenidos de las mismas cultivares sólo que cultivadas en el Rancho San Francisco. De esta manera se podría contemplar como un muestreo múltiple el cual no estuvo contemplado en el presente trabajo, para poder sugerir cuales son los caracteres anatómico-vegetativos variables y los caracteres más estables o de diagnóstico de cada cultivar y/o especies estudiadas.

VIII. LITERATURA CONSULTADA

- & Alejandre, I. G. & Gómez, F. 1986. “*El cultivo del amaranto en México*” Universidad Autónoma de Chapingo México. pp. 245.
- & Arias, S. & Terrazas T. 2001. Variación en la anatomía de la madera de *Pachycereus pecten-arboriginum* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología*. Serie Botánica. Universidad Nacional Autónoma de México 72:157-169.
- & Balfour, E. 1965. Anomalous secondary thickening in Chenopodiaceae, Nyctaginaceae and Amaranthaceae. *Phytomorphology* 15: 111-122.
- & Bardales, S. L. 1992. “Comparación anatómica de dos especies de amaranto *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* (Amaranthaceae)”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 126.
- & Barthlott, W. 1990. “*Scanning microscopy of the epidermal surface in plants*” En: Ed. D. “Claugher. Sytematics association special”. Vol. 41 Scanning electron mycroscopy in taxonomy and funtional morphology. Claredon Press Oxford pp. 69-94.
- & Banerjee, G. 1980. Mature venation pattern in certain members of Amaranthaceae *Flora* 169: 104-110.
- & Black, C. C. J. & Mollenhauer, H. H. 1971. Structure and distribution of cloroplasts and other organelles in leaves with various rates of fotosintesis. *Plant Physiology* 47: 15-23
- & Byott, G. S. 1976. Leaf air spaces systems in C₃ and C₄ species. *New Phytology* 76: 295-299.
- & Carlquist, S. 1988. “*Comparative wood anatomy; systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotiledoneus wood*”. Springer-Verlag. New York. pp. 384
- & Carlquist, S. 2001. “*Comparative wood anatomy; systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotiledoneus wood*”. Second edition. New York. pp. 384
- & Carolin, R. C. Jacobs, S. W. L. & Maret, V. 1978. Kranz cells and mesophyll in the Chenopodiales. *Australian Journal of Botany* 26: 683-698.
- & Casillas, G. J. F. 1990. “Importancia de la semilla de la alegría”. En: *El Amaranto Amaranthus spp. su cultivo y su aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados Montecillo. p. 289-299.
- & Clanton, C. B. & Hilton H. M. 1971. Structure and distribution of Cloroplast and other organelles in leaves with various rates of fotosintesis. *Plant Physiol.* 47: 15-23.
- & Costea, M. Sanders, A. & Waines, G. 2001. Preliminary results toward a revision of the *Amaranthus hybridus* species complex (Amaranthaceae). *Sida* 19: 931-974.

- & Costea, M. & DeMason, D. A. 2001. Stem morphology and anatomy in *Amaranthus* L. (Amaranthaceae)-Taxonomic significance. *Journal of the Torrey Botanical Society* 128: 254-281.
- & Curtis, P. J. 1986. “*Microtecnica vegetal*”, Trillas. D.F. pp.103.
- & Das, V. S. R. & Santakumari, M. 1977. Stomatal characteristics of some dicotyledonous plants in relation to the C₄ and C₃ pathway of photosynthesis. *Plant Cell Physiology* 18: 935-938.
- & Díaz, O. A. C. 1994. “Análisis de crecimiento comparativo en tres poblaciones de *A. hypochondriacus*, en el Municipio de Chalco, Edo. de México” Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 85.
- & Dickison, W. C. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: Vegetative anatomy. *Annals Missouri Botanical Garden* 62: 590-620
- & Dickison, W. C. 1989. Steps toward the natural system of the dicotyledons: Vegetative anatomy. *Aliso* 12: 555-566
- & Dickison, C. W. 2000. “*Integrative Plant Anatomy*”. Harcourt Academic Press. San Diego. pp. 533.
- & Esau, K. 1977. “*Anatomy of seed plants*”. 2da. edición. Santa Barbara pp. 550.
- & Espitia, R. E. 1991. “Variabilidad genética e interrelaciones del rendimiento del amaranto y sus componentes en alegría”. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Montecillo p. 95.
- & Espitia, R. E. 1992. Amaranth germplasm development and agronomic studies in Mexico. *Food Reviews International*. 8: 71-86.
- & Fahn, A. & Zimmermann, H. 1982. Development of the successive cambia in *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae) *Botanical Gazette* 143: 353-357.
- & Fisher, G. D. & Evert, R. F. 1982. Studies on the leaf of *A. retroflexus* (Amaranthaceae): morphology and anatomy. *American Journal of Botany* 69: 1133-1147.
- & Gallaher, R. N. Ashley, D. A. & Brown, R. H. 1975. ¹⁴C-Photosynthate translocation in C₃ and C₄ plants as related to leaf anatomy. *Crop Science* 15: 55-59.
- & García, C. M. A. 1997. “Estudio geográfico de la planta del amaranto (*Amaranthus* spp.), como ejemplo del pueblo de Santiago Tulyehualco, Xochimilco, D.F.” Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. p. 89.
- & García, H. E. R. 1992. “Caracterización de 5 tipos de amaranto en base a algunos aspectos fisiológicos de desarrollo”. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 67.

- & Guzmán, R. C. En proceso. ‘Descripción y comparación anatómica de cuatro cultivares de *A. hypochondriacus* L. y tres de *A. cruentus* L. cultivadas en el Rancho San Francisco, Chalco Edo. De México.’ Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- & Johansen, D. A. 1940. “*Plan microtechnique*”. McGraw Hill. pp. 491.
- & Johnson, B. H. 1975. Plant pubescence and ecological perspective. *The Botanical Review* 41: 233-258
- & Joshi, B. D. 1937. Some salient points in the evolution of the secondary cylinder of Amaranthaceae and Chenopodiaceae. *American Journal of Botany* 24: 3-9.
- & Knobloch, W. I. 1973. The value of plant anatomy. *Taiwania*. 17: 43-44.
- & Laetsch, W. M. 1968. Chloroplast specialization in dicotyledons possessing the C₄ dicarboxylic acid pathway of photosynthetic CO₂ fixation. *American Journal of Botany*. 55: 875-883.
- & Laroche, R. C. 1971. Catalog of leaf nervation of the Amaranthaceae and Anacardiaceae of the Americas. *Jardin Botanic Rio de Janeiro*. 19: 269-274.
- & López, V. y Juambelz, R. 1991. ‘Factores edafológicos extremos donde se desarrolla, *A. hybridus* L.’ Primer congreso internacional del Amarantho, Oaxtepec, Morelos. p. 48
- & Mapes, S. C. 1997. ‘Etnobotánica del “Quintonil” conocimiento uso y manejo de *Amaranthus* spp. En México’. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. pp 1-35.
- & Mauseth, D. J. 1988. “*Plant Anatomy*”. The Benjamin/Cummings, Publishing Company, Menlo Park. pp. 560.
- & Metcalfe, C. R. & Chalk L. 1950 “*Anatomy of the dicotyledons*” Vol. 2. Clarendon Press Oxford. p. 1200.
- & Metcalfe, C. R. & Chalk, L. 1989. “*Anatomy of the dicotyledons, Systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history*”. Vol. I. Y “*Structure and conclusion of the general introduction*” Vol. II. Second edition. Clarendon Press Oxford.
- & Padmini, S. & Raja, S. S. R. 1995. Structure, distribution and taxonomic importance of foliar stomata in some Indian Amaranthaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 118: 149-161.
- & Paredes, L. O. 1994. “*Amaranth Biology, Chemistry and Technology*”. Ed. CRC. Press New York. p. 240.
- & Pratt, D. B. & Clark, L. G. 2001. *Amaranthus rudis* and *A. tuberculatus*—one species or two?. *Journal of the Torrey Botanical Society* 128: 282-296.

- & Radford, E. A., Dickison. C. W. Massey, R. J. & Bell, R C. 1974. “*Vascular Plant Systematic*”. Harper & Row, Publisier. New York, E. U.
- & Rajput, K. S. 2001. Secondary growth of the stem of *Celosia argentea* L. & *Aerva sanguinolenta* (L:) Blume (Amaranthaceae). *Phyton* 41: 169-177
- & Rajput, S. K. & Rao. S. K. 1999a. Structural and developmental studies on cambial variant in *Pupalia lappacea* (Amaranthaceae) *Annals Botanical Fennici* 36: 137-141.
- & Rajput, S. K. & Rao. S. K. 2000. Secondary growth in the stem of some species of *Alternanthera* and *Achyranthes aspera* (Amaranthaceae) *AIWA Journal* 21: 417-424.
- & Rathnam, C. K. M. Raghavendra. A. S. & Rama. D. V. S. 1975. Diversity and the arrangements of mesophyll cells among leaves of certain dicotyledons in relation to C₄ physiology. *Z. Ppflanzenphysiol. Bd. 77*: 283-291.
- & Reyna, T. T. 1990. ‘Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.) en México’, En: *El Amaranto Amaranthus spp su cultivo y su aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados Montecillo. pp. 81-89.
- & Ruzin, E. S. 1999. “*Plant Microtechnique and Microscopy*”. Publisher Oxford University Press. pp. 322.
- & Santín, H. C. Lazcano, S. M. y Morales, L. J. 1986. “*Pasado presente y futuro del amaranto*”. Cuadernos de nutrición. N° 1 pp. 17-32.
- & Stephenson, R. A. Brown, R. H. & Ashley, D. A. 1976. Translocation of ¹⁴C-labeled assimilat and photosintesis in C₃ and C₄ species. *Crop Science* 16: 285-288
- & Stuessy T. F. 1990. “*Plant taxonomy the systematic evaluation of comparative data*”. Chapter 16 Anatomy. Columbia University Press. New York. p: 233-250.
- & Tenorio, V. M. 1995. ‘Calidad de proteína de diferentes tipos de amaranto *Amaranthus* spp.’. Tesis de Licenciatura ENEP. Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 54.
- & Teranishy, R. I. & Horstein, I. 1994. “*The status of grain amaranth for 1992, the 1990s*”. Ed. Board. Vol 8: 1. New York. U.S.A. p. 185.
- & Usuda, H. Kanat, R. & Takeuchi, M. 1971. Comparison o carbon dioxide fixation and the fine structure in various assimilatori tissues of *Amaranthus retroflexus* L. *Plant Cell Physiology* 12: 917-930.
- & Velasco, A. L. & Heyden, D. 1990. ‘El uso y la representación del amaranto en la época prehispánica según las fuentes históricas y pictóricas’. En: *El Amaranto Amaranthus spp. su cultivo y su aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados Montecillo. pp 8-22.

- & Wang, J. L. Klessing, D. F. & Berry, J. O. 1992. Regulation of C₄ gene expression in developing amaranth leaves. *The Plant Cell* 4: 173-184.
- & Willmer, C. M. 1986. “*Los estomas*”. Librería Agropecuaria. Buenos Aires. pp. 192.
- & Wilson, C. L. 1924. Medular bundle in relation to primary vascular system in Chenopodiaceae and Amaranthaceae *Botanical. Gazzette* 78: 175-199.
- & Zindler, F. E. 1976. Oxalate biosynthesis in relation to photosynthetic pathway and plant productivity — a Survey. *Z Pflanzenphysiol Bd.* 80: 1-13.

IX. APÉNDICE:

Preparación de F.A.A.

La solución de F.A.A. es una sustancia que ayuda a fijar los tejidos principalmente vegetales para que se conserven las características lo más parecido al estado en el que se encontraban en condiciones naturales.

Para preparar 100 ml. Se realizará la siguiente mezcla:

Alcohol etílico absoluto	50 ml
Acido glacial acético	5 ml
Formol comercial al 40%	10 ml
Agua destilada	35 ml

(Johansen, 1940 y Curtis, 1986)

Preparación de safranina “O”

Es un colorante básico que actúa selectivamente y tiñe estructuras nucleares, paredes celulares lignificadas y paredes cutinizadas.

Safranina “O”	0.1 gr.
Metilcelosolve	50 ml
Alcohol al 96%	25 ml
Acetato de sodio	0.1 gr.
Formaldehído	2 ml

La safranina se disuelve en el metilcelosolve, después se le agrega el agua y el alcohol y posteriormente el acetato y el formol (Bardales, 1992).

Preparación de verde rápido

Es un colorante ácido que tiñe estructuras citoplasmáticas y paredes celulósicas se prepara a base de la mezcla siguiente:

Solución A:

Solución saturada de verde rápido en alcohol absoluto	1 parte
Metilcelosolve en igual cantidad de alcohol	1 parte

Solución B:

Alcohol absoluto	25 partes
Aceite de clavo	75 partes

Se mezclan en partes iguales la solución A y la solución B (Bardales, 1992).

Gelatina Glicerizada:

Gelatina	5 gr.
Agua	30 ml
Glicerina	35 ml
Fenol al 10%	5 gr.

Se disuelve la gelatina en agua a 35°C se adicionan los otros ingredientes y se filtra caliente (Curtis, 1986 y Bardales, 1992).

Preparación de solución Jeffrey:

Ácido crómico	10%
Ácido nítrico	10%

Se mezclan ambas soluciones en partes iguales 1:1 (Curtis, 1986)

Preparación de Cloro al 20 %

Cloro comercial diluido al 20 % (se toman 10 ml de cloro y se aforan a 50 ml) (Bardales, 1992)