



14
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

COMPARACION ANATOMICA DE DOS ESPECIES
DE Amaranthus: Amaranthus hypochondriacus L. Y
A. cruentus L. (AMARANTHACEAE)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARIA DE LA LUZ SILVIA BARDALES ESTRADA

MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

I N D I C E

1.- RESUMEN	1
2.- INTRODUCCION	2
a) TAXONOMIA	4
b) ANTECEDENTES HISTORICOS DEL GENERO <u>Amaranthus</u> , USOS Y ATRIBUTOS	9
c) IMPORTANCIA NUTRITIVA DEL AMARANTO	14
d) DOMESTICACION DE LA PLANTA DE AMARANTO	17
e) DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS ESPECIES TRABAJADAS .	21
f) MAPA DE DISTRIBUCION DE LAS DOS ESPECIES EN LA REPUBLICA MEXICANA	22
g) IMPORTANCIA DE LA ANATOMIA VEGETAL	23
h) ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO ANATOMICO DEL GENERO <u>Amaranthus</u>	27
3.- OBJETIVOS	29
4.- MATERIALES Y METODOS	30
5.- RESULTADOS	39
6.- DISCUSION	99
7.- CONCLUSIONES	117
8.- ANEXOS	120
9.- BIBLIOGRAFIA	122

RESUMEN

Amaranthus es un género muy diverso en México, comprende alrededor de 800 especies. Es catalogado como un género de sumo valor histórico, alimenticio y taxonómico; sin embargo, poco se sabe tanto del género como de sus especies para poder realizar un trabajo integrativo que nos permita conocerlo más ampliamente. Los estudios anatómicos pueden aportar datos y elementos importantes de las características estructurales internas de los vegetales, los cuales apoyados en otras disciplinas posiblemente proporcionen elementos de validez taxonómica para los mismos.

En el presente trabajo se realizó un estudio anatómico comparativo de dos de las especies más conocidas del género Amaranthus: A. hypochondriacus L. tipo "Azteca" y A. cruentus L. tipo "Mexicano".

Se planteó el estudio de cada uno de los órganos vegetativos de las especies: hoja (lámina y peciolo), tallo (principal y lateral) y raíz.

Se ajustaron técnicas histológicas en cuanto a tiempos y concentraciones de alcoholes, colorantes y parafina, que permitieran llevar a cabo un buen estudio de estas dos especies.

Se describió el arreglo y distribución de cada uno de los tejidos que conforman los órganos estudiados y se realizaron conteos y mediciones celulares de éstos, para tener información más precisa y detallada de los caracteres de cada especie.

Los resultados se presentan en esquemas, fotomicrografías y tablas. Después de un análisis descriptivo y apoyándose en los conteos y mediciones realizadas, se detectaron algunos caracteres de posible valor taxonómico entre las especies estudiadas.

I N T R O D U C C I O N

En México y en muchos otros países del mundo, las bases de la alimentación son los cereales feculentos, arroz y maíz principalmente, pero algunos de ellos carecen de ciertas proteínas y otros elementos nutritivos esenciales. Esto es un motivo por el cual los esfuerzos combinados de la moderna ciencia de la alimentación y la tecnología, se enfocan a la búsqueda de otras alternativas que contribuyan a complementar una dieta nutritiva completa, que cubra las necesidades básicas de la creciente población mundial.

Los elementos nutricionales básicos, pueden ser satisfechos mediante una selección y explotación adecuada de alimentos ricos en las principales vitaminas y proteínas indispensables para el bienestar del hombre.

El amaranto se ha redescubierto como un recurso potencial vegetal de gran importancia en nuestro país, ha sido propuesto como un alimento indispensable en la dieta del ser humano, entre otros motivos, por contener un aminoácido esencial llamado Lisina.

Se ha comprobado que los cereales carecen de la lisina suficiente para la salud humana óptima y son considerados por ello "incompletos". La proteína del amaranto contiene casi el doble de la lisina que contiene el trigo, el triple de la del maíz y aún más de la que existe en la leche, (Sánchez, 1980).

Recientemente el amaranto ha sido el centro de grandes investigaciones multidisciplinarias que tratan de establecer datos concretos para la explotación de éste recurso y de aprovecharlo en grado máximo, para lo cual se buscan métodos de mejoramiento apropiados que proporcionen altos rendimientos de la planta a nivel de producción de semillas y hojas principalmente.

Se ha encontrado además que las ventajas ecológicas que colocan el amaranto como un buen cultivo, se apoyan en parte en su gran plasticidad genética, hibridización natural y su proceso de fotosíntesis vía C_4 , que corresponde a plantas de rápido crecimiento con particular eficiencia para fijación de carbono a temperaturas elevadas, en lugares soleados, ambientes secos y escasa humedad, (Hauptli, 1977; Carlsson, 1979; Grubben, 1979; Trinidad, 1980).

Sin embargo, a pesar de ser el amaranto una fuente importante de alimento nutritivo, no ha sido sometido hasta la fecha a estudios profundos y más completos que ubiquen la posición taxonómica de las especies, sólo algunas de ellas cuentan con una delimitación taxonómica clara como es el caso de Amaranthus hypochondriacus L., mientras que la gran mayoría presenta problemas de sinonimia, (Casillas, 1977).

En algunos trabajos sólo se han realizado estudios sobre aspectos aislados de algún área específica, por ejemplo, particularidades de la hoja en cuanto a aspectos fotosintéticos, estomáticos, etc. Interés en algunas características del tallo a nivel de contenidos de cristales entre otros aspectos y no se han manejado trabajos en una forma integral en base al estudio anatómico completo de la planta.

Es por ésto que se han planteado una serie de investigaciones que ayuden a aclarar la taxonomía del género, sus especies y variedades. Una de ellas involucra el uso de la Anatomía Vegetal, disciplina que aporta caracteres diagnóstico de gran utilidad para resolver o aclarar problemas de carácter taxonómico.

TAXONOMIA

La familia Amaranthaceae se encuentra incluida dentro de la clase Dicotiledonea, orden Centrospermae. Según Sánchez et al. (1979), la familia comprende 70 géneros y alrededor de 700 especies; actualmente se estima que está integrada por alrededor de 800 especies, (Mapes, 1986).

Las plantas incluidas dentro de esta familia son catalogadas como arbustos o hierbas anuales o perennes, principalmente de origen americano, observándose una distribución cosmopolita en el mismo. Se ha observado que tienen una plasticidad muy amplia, ya que se han encontrado tanto en climas fríos, tropicales y templados, adaptándose mejor a éstos últimos (Martínez, 1928). En general se caracterizan por presentar flores pequeñas rodeadas por brácteas; las hay actinomorfas, hermafroditas o unisexuales, dispuestas en espiga, cabezuelas o glomérulos axilares o terminales. Los frutos son secos, membranosos y los hay dehiscentes o indehiscentes.

El género Amaranthus incluye a plantas domesticadas principalmente productoras de granos y hojas que han sido utilizadas para la extracción de colorantes y para ornato; dentro de ellas también se incluyen grandes malezas comunmente asociadas a otros cultivos como el maíz y el frijol.

El género en lo particular se distingue por las características que a continuación se mencionan: son plantas monoicas, las cimas se encuentran más arriba de las hojas formando largas inflorescencias compuestas, presentan tépalos y cinco estambres por lo general, aunque este número puede llegar a variar de tres a cinco en la misma planta. También presenta un utrículo circunsésil. Los caracteres antes mencionados son los más constantes en el género y se ha visto que estas características se encuentran más relacionadas a las plantas

productoras de grano (Pal y Khoshoo, 1968).

Así, el ser monoicas y el utrículo dehiscente permiten un fácil desgranado. Las brácteas son relativamente cortas y débiles, quizá debido a la selección realizada por el hombre principalmente para favorecer que las inflorescencias sean menos espinosas cuando se frotan con las manos, que ha sido el método más utilizado para extraer las semillas. Las grandes inflorescencias compuestas producen una enorme cantidad de semillas muy pequeñas, las cuales no han podido ser incrementadas en cuanto a tamaño (Feine et al. 1979).

Por otra parte se ha visto que las especies de Amaranthus son difíciles de distinguir y por ello, desde un punto de vista taxonómico se le considera un género con problemas de delimitación.

Algunos taxónomos han intentado diferenciar a las especies con base en la pigmentación de la planta, pero se ha visto que este caracter es segregado entre poblaciones; algunos otros han basado sus estudios en la forma de crecimiento que es un caracter muy plástico, el cual varía conforme a la duración del día y a algunas características ambientales, por lo que estos criterios no pueden tener valor taxonómico (Mapes, 1989).

El género Amaranthus se divide en dos subgéneros: Amaranthus (plantas monoicas) y Acnida (plantas dioicas). El subgénero Amaranthus se compone de dos secciones: Amaranthus (Secc. Amaranthotypos Sumont) con inflorescencias largas terminales y frutos dehiscentes, circunsésiles; y Blitopsis (grupo "Crassipes" de pequeño) con agregados florales axilares y principalmente frutos no dehiscentes (Feine et al. 1979).

Las especies dioicas presentan flores estaminadas pentámeras junto con inflorescencias complejas terminales llamadas frecuentemente "espigas de grano" y se sabe que

solamente se distribuyen en Norteamérica (Grant, 1959).

Con respecto a las especies que han sido seleccionadas como plantas de cultivo, se encuentra entre otras A. hypochondriacus, por proporcionar semillas blancas principalmente y por ser éstas las que más se consumen; el color blanco no se había dado ni en amarantos silvestres ni en malezas y se cree que surgió como resultado de una mutación que favoreció este carácter y que se aprovechó inmediatamente, seleccionando y multiplicando la semilla para que predominara esta especie.

Por un tiempo se trabajó bastante con estas plantas para que hubiera una mayor producción de semillas blancas y una selección definitiva de color (Sauer, 1974).

En relación a las plantas no cultivadas, se ha visto que son de menor tamaño que las plantas productoras de grano. Presentan flores y frutos más pequeños y semillas de color oscuro y se incluyen dentro de las plantas silvestres o malezas. Algunas de estas plantas son utilizadas como quelites en diferentes lugares. Dentro de las especies más consumidas se encuentran A. hybridus; A. retroflexus; A. dubius; A. fimbriatus; A. powellii y A. spinosus pertenecientes a la sección Amaranthus. A. blitoides de la sección Blitopsis y A. palmeri, A. watsonii y A. acantochiton del subgénero Acnida (Mapes, 1989).

Los grupos indígenas que las consumen con más frecuencia son los Tarahumaras, Tepehuanes, Mohaves y Hopi (Pennington, 1963).

CLASIFICACION TAXONOMICA DE LAS ESPECIES TRABAJADAS

REINO: Vegetal
DIVISION: Embriophyta Sifonógama
SUBDIVISION: Angiospermae
CLASE: Dicotiledonae
SUBCLASE: Archicliomidae
ORDEN: Centrospermae
FAMILIA: Amaranthaceae
GENERO: Amaranthus
ESPECIE 1: A. hypochondriacus L.
ESPECIE 2: A. cruentus L.

(Casillas, 1977).

De estas dos especies se han manejado una variedad de sinónimos y nombres comunes como los siguientes:

Amaranthus hypochondriacus L.

SINONIMOS: Amaranthus frumentaceus; A. leucocarpus; A. flavus;
A. leucosperma; A. silvestris y A. caudatus.

(Granados y López, 1986).

NOMBRES COMUNES: "Huautli", "Alegría"

Amaranthus cruentus L.

SINONIMOS: Amaranthus paniculatus; A. sanguineus

NOMBRE COMUN: "BLEDO".

Amaranthus hypochondriacus es originaria de México y fue muy explotada por los indígenas de la época precortesiana, principalmente en la época del Imperio Azteca. Es herbácea, anual, de aproximadamente 1.50 a 2.00 metros de altura, con el tallo rojizo - verdoso, ramificado desde cerca de la base y marcado con estrías longitudinales. Las hojas son largamente pecioladas; limbo ovoidado, de 18 cm. de largo por 10 cm. de ancho. Las flores se producen en panículas terminales o axilares, hasta de 50 cm. de largo que presentan numerosas flores rojas o moradas, de aproximadamente 4 a 5 mm. de tamaño, masculinas y femeninas. El fruto es una cápsula pequeña que se abre transversalmente y contiene una sola semilla, la cual es de color blanco, lisa y brillante, ligeramente aplanada, de tamaño sumamente pequeño (Sánchez, 1980).

Amaranthus cruentus es una especie originaria del Sureste de México y América Central (Guatemala principalmente). La planta es herbácea, robusta, mide de 1.00 a 1.50 metros de altura; presenta tallos erectos, estriados, de colores rojizos o blanco - verdosos. Hojas alternas, largamente pecioladas, con el limbo ovoidado, de unos 8 a 9 cm. de ancho. Produce inflorescencias de diversos colores como el pardo claro, rojo y verde (Martínez, 1928; Sauer, 1967).

ANTECEDENTES HISTORICOS DEL GENERO Amaranthus, USOS Y ATRIBUTOS

La familia Amaranthaceae contine algunos géneros muy importantes, entre ellos el género Amaranthus, que encierra un gran interés para el hombre en muchos aspectos. La producción de grano es un aspecto muy importante por el cual el amaranto ha sido explotado. Según estudios realizados, (Grubben y Sloten, 1981, citado por Mapes, 1989), se sabe que la mayoría de las especies de Amaranthus productoras de grano, son originarias del Continente Americano, mientras que otras especies utilizadas como productoras de verduras son originarias de Asia.

Hay además otras especies que por su vistoso colorido son utilizadas como plantas de ornato y para extracción de colorantes.

Dentro de algunas plantas importantes de cultivo en México, se encuentran las siguientes: A. hypochondriacus L. y A. tricolor L. con cuyas semillas se elaboran dulces popularmente llamados en México "Alegrías"; se cultiva mucho por la zona de Xochimilco y Mixquic.

Entre las especies consideradas como malezas se tiene a A. hybridus el "bledo", "quelite", que crece a orillas de los caminos y solares abandonados. Se colecta en la Sierra de Guadalajara y el Pedregal de San Angel entre otros lugares.

Con respecto a las plantas de adorno más utilizadas se encuentra A. cruentus, que presenta inflorescencias largas y coloradas como penachos, que encierran un atractivo visual muy apreciado en algunas regiones de nuestro país.

El género Amaranthus ha sido utilizado desde la antigüedad como un cultivo de alto valor nutricional principalmente, pero también muchos grupos le dieron ciertos usos

y atributos religiosos y mágicos, que variaban dependiendo de las costumbres y tradiciones de cada pueblo.

Los aztecas también fueron otro de los grupos que apreciaron enormemente a la planta de amaranto al percatarse de la importancia alimenticia que representaba y lo consumían diariamente en formas variadas, pues hacían combinación de amaranto con diferentes granos como el maíz, frijol, etc. logrando así un alimento rico en nutrimentos.

Otros grupos indígenas por otra parte, comían la planta tierna a manera de verdura y hacían con los granos atole y una pasta llamada "Tzoali", o bien unos tamaillos que denominaban "Huauquil Tamali", comiendo éstos últimos especialmente durante la ceremonia que ofrecían al Dios del Fuego en el mes de Izcalli, que corresponde a enero.

El "Huautli", como era denominado el amaranto, se cultivaba ampliamente en los tiempos precortesianos y era objeto de muchas ceremonias religiosas, celebradas con mucho fervor y solemnidad, por un gran número de tribus de esa época (Hunziker, 1952).

Para ese pueblo de caracter profundamente religioso, todas las actividades eran objeto de devoción; así, la siembra, la cosecha, etc. estaban precedidas por una deidad a quien le guardaban tributo y le dedicaban festividades en determinadas épocas, principalmente en aquellas que estaban relacionadas con la siembra o cosecha del amaranto.

En una fiesta que celebraban en el mes de Atemuxtli, correspondiente a diciembre, dedicada a Tlaloc, fabricaban unos ídolos pequeños de pasta de "Huautli", imitándole los ojos con granos de frijol y los dientes con pepita de calabaza. Una vez terminados los ídolos los colocaban en un adoratorio y les dedicaban incienso, flores, pulque y otras ofrendas. Después de

La acostumbrada plegaria acompañada por el sonido del teponaxtle, acababan por beberse el pulque y comerse las ofrendas; a los ídolos los reducían a fragmentos, que repartían a los concurrentes, quienes los comían con mucha humildad como simulando una comunión, o bien, con toda su profunda creencia, los llevaban a los lechos de los enfermos, para que ayudaran al alivio de sus enfermedades (Martínez, 1959).

Por otra parte en la región P'urépecha, los indígenas practicaban algunos rituales parecidos. Ellos tenían una diosa que era la madre de todos los dioses en los que creían y eran quienes los proveían de todos los granos y semillas que necesitaban para su alimentación. En sus fiestas rituales, los indígenas hacían pequeñas figuras de animales llamados "Tuycen" y para su elaboración preparaban un pan con harina de amaranto que obtenían de la trituración de los granos obtenidos de la planta, principalmente de aquella a la que denominaban "Bledo". Con estas figurillas adoraban a la diosa en sus ceremoniales.

El amaranto también llegó a ser importante como alimento nutricional del hombre de la Cuenca, pues éstos lo consideraban tan nutritivo como el maíz, el frijol y la chíá (semilla que contiene aceite), los cuales eran sus productos básicos a nivel nutricional y que al ser mezclados unos con otros, brindaban un alimento rico en nutrimentos digno de ser colocado al lado de otro tipo de ofrendas que se colocaban en adoratorios dedicados a Tláloc a fin de que éste los auxiliara en las festividades propias de la fertilidad, para así lograr cosechas más abundantes que cubrieran la necesidad alimentaria del pueblo.

Debido a su color de sangre, el amaranto era también una planta mística unida como se ha mencionado a la leyenda y al rito, por lo que era comunmente plantada en las casas, principalmente como protección contra los espíritus malignos. En épocas de fiestas religiosas, las mujeres trituraban las

semillas, las teñían de rojo, las mezclaban con miel o sangre humana y les daban la forma de figurillas de serpientes, aves, montañas, perros y dioses que se comían en los templos durante las ceremonias.

A la llegada de los Españoles al Nuevo Mundo, la Conquista se centró en la implantación de la nueva cultura, con el principal objeto de transformar la vida de los indígenas y fomentar sus propias costumbres e ideas. El primer paso que se dió fue tratar de eliminar los cultos "paganos - religiosos" de los nativos, porque además de incomprensibles resultaban peligrosos ya que representaban la unidad y la fuerza del pueblo.

Cuando Hernán Cortés invadió al pueblo Azteca, uno de sus principales propósitos era la prohibición de los cultos rituales que éstos llevaban a cabo. Debido a que el amaranto era uno de los principales cultivos tributarios que utilizaban los Aztecas para rendir culto a sus dioses, el cultivo de esta planta fue suspendido y destruído casi por completo. Uno de los motivos principales de tomar esta medida fue debido a que en los templos de los Aztecas, se comulgaba con hostias de amaranto, por lo que los frailes españoles decidieron suprimir este cultivo y evitar a toda costa esas prácticas rituales, para lo cual empezaron a construir iglesias y conventos sobre los templos indígenas (Vietmeyer, 1982).

Cortés y sus compañeros vigilaban los campos minuciosamente para evitar que el amaranto siguiera siendo cultivado y tomaron medidas muy severas para castigar a quienes no obedecieran la orden, llegando hasta amputar las manos o matar a quienes seguían comiendo amaranto (Martínez, 1959; Vietmeyer, 1982).

Se cree que este fue uno de los motivos por los cuales declinó el interés por el cultivo del amaranto y se puede decir que pasó al olvido en gran parte del Continente, por un largo tiempo.

En la actualidad, el cultivo del amaranto se encuentra presente entre algunos grupos indígenas de la Sierra Madre Occidental, en Oaxaca, Tlaxcala, Morelia, Puebla y lugares muy cercanos a la Ciudad de México, tales como el pueblo de Santiago Tulyehualco, San Luis Tlaxialtemalco y San Gregorio Atlapulco, que pertenecen a la Delegación de Xochimilco.

En la zona de Xochimilco actualmente, el uso del amaranto es muy común en la elaboración de atoles, dulces, tamales de quintonil, etc. y en ese lugar la planta de Amaranthus sigue ligada a festividades religiosas en la cual la elaboración de la golosina u otros productos son encomendados a dios.

IMPORTANCIA NUTRITIVA DEL AMARANTO

Desde mucho tiempo antes de la conquista (5,200 años a. c.), la planta del amaranto tenía ya usos principalmente alimenticios. Así, tanto las hojas como las semillas de los amarantos silvestres eran recolectadas y utilizadas como alimento.

En el tiempo del Imperio Azteca, el amaranto aparte de la gran importancia religiosa - ritual que tenía, también se consideraba importante por el valor alimenticio y nutritivo que proporcionaba a la población (Sauer, 1950).

Recientemente el alto valor nutritivo de la planta de amaranto ha despertado gran interés en nuestro país y en varias partes del mundo. El acelerado crecimiento demográfico que presentan los países subdesarrollados y la inadecuada política de manejo que se lleva a cabo en nuestro país y que influye considerablemente en el bajo y selectivo apoyo que se brinda para la explotación de los recursos agrícolas, ha traído como consecuencia una escasez muy grande de alimentos básicos nutricionales, por lo que se ha recurrido a la explotación inmediata de cultivos que contribuyan a las soluciones planteadas para afrontar este grave problema. Uno de esos cultivos, por su calidad proteínica que presenta, es el amaranto, el cual además se desarrolla favorablemente aún en condiciones de escasa precipitación y suelos de baja fertilidad.

En algunos lugares del país es utilizada la planta completa del amaranto como alimento; se emplean las hojas y tallos tiernos como verdura, además de las inflorescencias. Pero la principal fuente de alimento que encierra el amaranto, se encuentra en la semilla, la cual ha sido sometida a estudios enfocados a diferentes aspectos por radicar su importancia alimenticia en su balance y contenido protéico, ya que según --

expertos en nutrición discuten que esta planta se acerca mucho a lo que se ha planteado como una proteína ideal (Aguilar y Alatorre, 1978).

La semilla de amaranto contiene aminoácidos esenciales tales como la Lisina y la Metionina, que no se encuentran en la cantidad suficiente para la nutrición óptima que el ser humano requiere en los cereales de mayor importancia nutritiva, tales como el maíz, frijol, etc. (Ver cuadro I), (Hutchinson, 1974; Martínez, 1980).

CUADRO I.- CONTENIDO DE LISINA Y METIONINA (%)

PRODUCTO	LISINA	METIONINA
TRIGO	8.7	12.3
SOYA	16.2	6.6
LECHE	16.5	7.0
AMARANTO	16.6	11.2

(Sánchez, 1980).

Esta semilla también es rica en calcio, magnesio y fierro; contiene además vitamina "A", "C" y del complejo "B". La presencia de carbohidratos y ácidos grasos entre los que se encuentran el ácido oléico y el ácido palmítico es también de suma importancia en esta planta (Sánchez, 1980).

Las hojas, tallos e inflorescencias tiernas de la planta, también son fuentes importantes de vitaminas, proteínas y minerales esenciales (Oke, 1979).

Como ejemplo del consumo múltiple del amaranto están los "quintoniles", (hojas de Amaranthus hybridus) que son utilizadas como verdura, entre otros lugares en el D. F.; también

se consumen las hojas de A. cruentus y A. hypochondriacus principalmente.

Las hojas de amaranto presentan mayor contenido de calcio, hierro y fósforo que el que contienen las espinacas. También son una fuente importante de vitamina "A" y ácido ascórbico. Como forraje el amaranto proporciona grandes beneficios al ganado que se nutre de él, ya que es una planta de alta digestibilidad y poco fibrosa. Algunas especies pueden dar más de 1,200 Kg/Ha de concentrado foliar. Con lo anterior también se ha observado que los rendimientos por hectárea que proporciona el amaranto son superiores a otros forrajes.

El amaranto se sitúa entre los vegetales que más se aproximan a las cifras recomendadas en aminoácidos tanto para el consumo animal como para el humano, y en nuestro país se está tratando de que el amaranto sea uno de los cultivos que nos proporcionen el alimento del futuro (Aguilar y Alatorre, 1978).

Por todo lo anterior, podemos darnos cuenta de que Amaranthus en particular, representa un género de gran importancia nutritiva, económica, religiosa, histórica, etc. en ella se han encontrado grandes utilidades de un inmenso provecho para el hombre. Se encuentra como componente de vegetales arvenses, ruderales, malezas y como cultivo, ya que es una planta que ha sido y continúa siendo sometida a procesos de domesticación con resultados muy satisfactorios.

DOMESTICACION DE LA PLANTA DE AMARANTO

El género Amaranthus es cosmopolita, se ha adaptado a las diferentes condiciones orográficas y en general geográficas de nuestro país. Se encuentra en ambientes áridos, fríos, tropicales y templados; también se les ha observado como componentes de plantas pioneras de bancos de ríos, en dunas y desiertos y como componentes de vegetación costera.

La plasticidad genética del amaranto así como la intervención directa del hombre a través del tiempo, ha traído como consecuencia la adaptación de esta planta a hábitats perturbados y la multiplicación tan elevada de sus individuos, al grado de formar verdaderas malezas, las cuales fueron aprovechadas en los tiempos pasados por algunos grupos indígenas, quienes aprendieron a cosechar y seleccionar las semillas para alimento.

Al observar que estas plantas tenían tendencias colonizadoras de hábitats perturbados, los indígenas empezaron a hacer cultivo y selección de estas plantas malezoides y silvestres, iniciando con ello un proceso de "Domesticación para el amaranto".

Este proceso de domesticación llevado a cabo en una forma gradual a través de los años, trajo como consecuencia que en una misma área geográfica se encontraran amarantos en diferentes grados de domesticación, que iban desde las plantas completamente silvestres, otras en estados intermedios de domesticación, hasta las más domesticadas (Harlan, 1970).

Actualmente se siguen encontrando razas silvestres de amaranto que permanecen en hábitats diferentes sin la intervención del hombre; razas arvenses que sobreviven como

componentes de cultivos y que están muy asociados a los mismos, a pesar de los esfuerzos que hace el hombre por deshacerse de ellas, ya que en algunos lugares se creó que afectan el rendimiento de los cultivos; y razas cultivadas que necesitan de los mínimos cuidados del hombre para poder mantenerse y sobrevivir.

Se sabe que las plantas cultivadas son variedades seleccionadas con anterioridad, de una parte de la diversidad total disponible de una especie que el hombre sabe, le traerá un gran beneficio el poder manipularla a su conveniencia y conforme a sus propios intereses (Harlan, 1970).

Entre las características generales que poseen las plantas domesticadas están las siguientes: son plantas por lo general anuales, producen un alto rendimiento, se desarrollan en forma variada en hábitats perturbados, son de fácil manejo y como característica más importante es que tienen plasticidad genética (Mapes, 1989).

De esta forma la diversidad tan amplia que presenta el amaranto, se ve restringida de alguna manera en un proceso de domesticación, a la permanencia únicamente de los elementos que han sido seleccionados por el hombre, en este caso, el proceso de domesticación está enfocado a la alta producción de grano, la cual se trata de concentrar en un sólo punto de la planta (racimo apical) y no dispersa en toda la planta como sucede en las especies silvestres, lo cual trae como consecuencia que haya una pérdida significativa de la producción total de una planta, ya que al cosecharla de rama en rama, se desperdicia debido al tamaño tan pequeño del grano. Otro punto está basado en la alta producción de biomasa foliar, ya que las hojas del amaranto son utilizadas como verdura, o también, en algunas especies se emplean como alimento forrajero (Simmonds, 1979).

Durante los procesos de domesticación del amaranto, los

caracteres que se están manejando aparte de la elevada producción de grano o semilla, son las tendencias hacia la pérdida de la capacidad de dispersión de las mismas, selección en contra del letargo para que su desarrollo sea más rápido y selección de semillas que posean mayores reservas alimenticias.

Según estudios realizados, se ha observado que la domesticación del género Amaranthus como planta productora de grano, tuvo lugar en América Tropical, desarrollándose tres especies de cultivo de granos en la América precolombiana que eran Amaranthus caudatus L. en los Andes; A. cruentus L. en América central y A. hypochondriacus L. en México. (Sauer, 1974).

De la producción de estos granos obtenida de diferentes especies, se llevó a cabo una selección de los mismos, en donde el tipo normal de semillas negras fue cambiado por las de color blanco después de un proceso gradual del cual resultaron formas mutantes que fueron seleccionadas por los antiguos agricultores. Esta mutación que favoreció el color blanco de la semilla, también mejoró el sabor de la misma y se observó además que presentaban una mejor calidad en el reventado. Por otra parte, este proceso se puede decir que facilitó las cosas a los indígenas, ya que al eliminar las semillas negras del cultivo, se limitó en gran parte el entrecruzamiento de las plantas cultivadas y las malezas; de esta manera se favoreció la evolución divergente de las plantas domesticadas.

La selección de plantas para proceso de domesticación que llevaron a cabo los primeros agricultores, estaba basada no sólo en la utilización alimentaria y nutritiva que sabían podían obtener del amaranto, sino también en el aspecto ornamental que representaba la planta por sus vistosos coloridos rojos brillantes. La coloración roja como se ha visto, representaba un tributo mágico y religioso, por ser empleada por algunos grupos indígenas para sus ritos religiosos y ceremoniales. Esta puede

haber sido la causa principal por la que la característica del color rojo brillante fue seleccionada para el proceso de domesticación.

Aún en la actualidad, las plantas que proporcionan semillas negras son apreciadas en muchos lugares como plantas de ornato, como fuente de obtención de colorantes y como una buena fuente de alimento a base de verduras y en ocasiones como forraje para el ganado. Por otra parte, las plantas que producen semillas blancas han sido utilizadas como fuente de pseudocereales con granos ricos en proteínas y carbohidratos, que aportan una gran cantidad de nutrientes esenciales al hombre.

Entre las variedades de plantas domesticadas se dan procesos de diferenciación con un grado específico de divergencia entre ellas. La evolución de dichas variedades ocurre por medio de una secuencia de diferenciación entre formas silvestres y domesticadas, en una forma gradual, por lo que la mayoría de las veces se alcanzan a distinguir claramente los diversos estadios de diferenciación por los cuales atraviesa la planta durante su proceso de domesticación (Harlan, 1970).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS ESPECIES TRABAJADAS

Amaranthus hypochondriacus está bien adaptada a los climas cálidos y templados y terrenos sueltos, fértiles y muy húmedos, siempre y cuando sean permeables.

La siembra se hace generalmente a fines de abril o principios de mayo; germina a las pocas semanas; florece entre agosto y septiembre. Es una planta muy resistente a las heladas prematuras. La cosecha se lleva a cabo a fines de octubre o principios de noviembre.

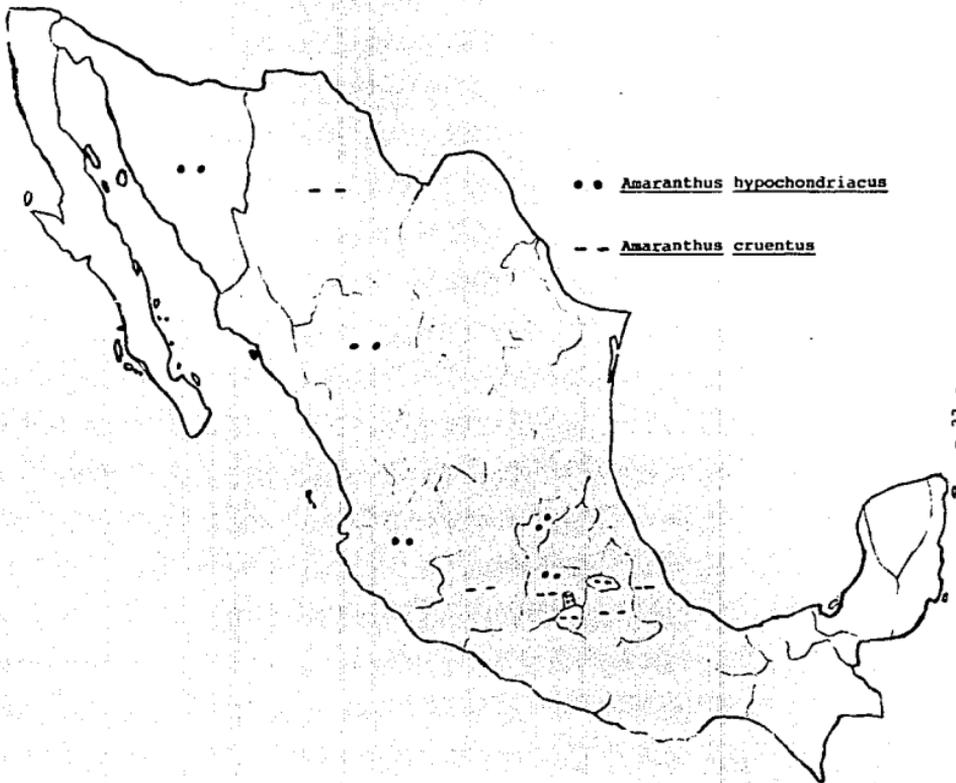
Se cultiva en el estado de México, Guerrero, Jalisco, Sonora, Durango y en algunos lugares del valle de México, principalmente en Tulyehualco, Míxquic y Temamatla.

También se cultiva en los Himalayas, Nepal y en el Sur de la India, donde se han formado centros secundarios de diversificación (Sauer, 1977).

Amaranthus cruentus se siembra en terrenos de andosol fertilizados con estiércol para obtener una mayor producción. La siembra se lleva a cabo a finales de abril y principios de mayo. Florece en el mes de septiembre y la cosecha se lleva a cabo en los meses de noviembre a diciembre.

Se cultiva en los estados de México, Puebla, Morelos, Tlaxcala, Chihuahua, Veracruz y Michoacán entre otros, además de algunos lugares del Valle de México tales como Tulyehualco y Míxquic, por la zona de Xochimilco; También ha sido encontrado en algunas regiones del Norte de E. U. y en la India (Joshi, 1981).

MAPA DE DISTRIBUCION DE LAS DOS ESPECIES EN LA REPUBLICA MEXICANA



IMPORTANCIA DE LA ANATOMIA VEGETAL

La Anatomía Vegetal es una disciplina básica de suma importancia en la Investigación Científica, aunque a la fecha ésta ciencia no ha tenido la proyección suficiente para resaltar su importancia principalmente en las investigaciones Botánicas. Su principal objeto de estudio es la estructura interna del cuerpo vegetal mediante técnicas microscópicas que de alguna manera nos ayuden a conocer la forma, distribución y variabilidad de los diferentes tejidos que lo conforman y que pueden ser de una elevada significación taxonómica.

Uno de los principales objetivos de algunos investigadores que aplican la Anatomía Vegetal, es llegar a relacionar la estructura interna de la planta con el proceso metabólico de crecimiento de la misma, considerando que existe una interacción directa entre crecimiento y metabolismo, incluyendo la influencia de las diversas sustancias de crecimiento y la diferenciación de los tejidos, los cuales, a su vez, muestran también una relación básica entre estructura y función.

Por otra parte nos damos cuenta de que la Anatomía Vegetal es también importante en el sentido de que relaciona la estructura interna de las plantas con el medio ambiente en el cual se desarrollan, ayudándonos a entender adaptaciones ecológicas y observando si existe o no un equilibrio entre las plantas y su medio ambiente.

La Anatomía Vegetal tiene una trascendencia muy importante en muchos aspectos de la investigación, tales como los económicos, fisiológicos, taxonómicos, climatológicos, paleontológicos, arqueológicos y hasta en aspectos de criminología.

Gracias a esta disciplina es posible afrontar problemas de plagas de hongos, bacterias, insectos, etc. sobre cultivos de importancia económica y nutritiva entre otros, realizando estudios minuciosos de los órganos más afectados y así poder tomar las medidas necesarias para combatir dichas plagas y sanar a los cultivos en la medida que sea posible. También, analizando anatómicamente efectos de radiaciones, contaminantes atmosféricos, efectos ambientales, etc. sobre determinados vegetales, se pueden buscar soluciones inmediatas que subsanen estos problemas (Knobloch, 1973).

En la actualidad se ha hablado mucho de que los datos aportados con base solamente en caracteres morfológicos externos, carecen de la suficiente información como para poder obtener conclusiones sobre las diferentes relaciones taxonómicas de las plantas; es por eso que estos datos se deben apoyar además en caracteres anatómicos bien fundamentados con la investigación histológica del cuerpo vegetal.

Cabe mencionar que así como tiene sus ventajas el estudio de caracteres anatómicos utilizados para resolver problemas taxonómicos, también es necesario hablar de las limitaciones que se presentan al utilizar información anatómica en estos estudios y que van enfocadas en lo siguiente:

- Es necesario recopilar datos histológicos comparativos en una escala suficientemente grande que les permita formar parte integral del material descriptivo, en que se basa la taxonomía (Metcalfe, 1967).
- Se debe evitar el elaborar consideraciones filogenéticas si no existe información suficiente que las justifique, y una vez que se tiene dicha información, debe ser manejada adecuadamente para lograr una interpretación consistente (Stewart, 1964).

Los caracteres anatómicos han sido empleados para

propósitos sistemáticos desde hace años. I.W.Bailey (1957) sugiere lo siguiente:

- 1.- Los datos anatómicos tienden a ser de mayor utilidad en el nivel de género y en categorías taxonómicas más altas.
- 2.- Los caracteres anatómicos no son más o menos formales o confiables que los caracteres de otras partes de la planta.
- 3.- Similitudes en especialización estructural no necesariamente implican relaciones cercanas, pero pueden ser resultado de una evolución paralela y convergente.
- 4.- Los datos anatómicos han demostrado más formalidad en la declaración de la negación de relaciones cercanas más que la posible afirmación de las relaciones.
- 5.- La suposición de que una sola muestra de un órgano o tejido proporcione datos confiables para la caracterización anatómica de una especie o género, es inválida.
- 6.- Es esencial llegar a conocer más, considerando el rango de variabilidad de los caracteres anatómicos dentro del mismo individuo y diferentes individuos de la misma especie.
- 7.- Sólo cuando la información anatómica esté completa, tomando evidencias de todas las partes de la planta, se podrá lograr una clasificación natural.

Algunos investigadores han resaltado la importancia de la anatomía vegetal en trabajos de suma importancia en la investigación Botánica. Tal es el caso del trabajo realizado por Metcalfe y Chalk (1950) en el cual basándose en la anatomía vegetal hacen un ordenamiento (sistemática) de monocotiledóneas y dicotiledóneas.

Por otra parte, mediante la anatomía del leño de

algunos grupos se ha podido establecer la posición sistemática de las familias más primitivas entre las Angiospermas, como Winteráceas, Trochodendronáceas y otras que carecen de vasos. También en base a esto, se han podido ubicar algunos géneros correctamente dentro de la familia a la cual pertenecen (Heywood, 1968).

Read (1975) basándose en ciertos caracteres anatómicos identificó con precisión cada una de las especies del género Thrinax de la familia Palmae, haciendo una comparación de los caracteres anatómicos de la lámina.

Estos estudios permiten hacer una comparación del grado de especialización que se encuentra entre uno y otro grupo vegetal y nos permiten establecer así las relaciones evolutivas que mantienen entre ellos.

Por todo lo anterior, cabe mencionar, que es necesario que se realicen un mayor número de trabajos en este campo de la Anatomía vegetal, con una visión integrativa conjuntamente con las diferentes disciplinas o ramas que de alguna forma contribuyan a un análisis más completo y profundo de un vegetal, tomando en cuenta los aspectos fisiológicos, bioquímicos, etnobotánicos, etc.

ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO ANATOMICO DEL GENERO Amaranthus

En México, los estudios del género Amaranthus enfocados en el área de la Anatomía Vegetal son escasos, en realidad, pocos son los trabajos que se sabe han contribuido al conocimiento de la anatomía del género.

Wilson (1924) realizó un estudio de los haces vasculares medulares del tallo en las Amaranthaceae, haciendo notar que estos haces juegan un papel importante en relación al sistema vascular principal y con respecto a su contribución a la adición o suplemento vascular de la hoja.

Otro estudio enfocado a varias especies de Amaranthus es el realizado por Joshi (1937), quien hizo un estudio comparativo del engrosamiento secundario del tallo y la raíz, en A. spinosus L., A. gangeticus L., A. viridis L. y A. retroflexus con el objeto de encontrar la evolución del sistema vascular secundario anómalo de las Amaranthaceae.

Un trabajo en el que se presenta una descripción anatómica detallada de A. retroflexus es el realizado por Fisher y Evert (1982), quien resalta la organización del sistema vascular, la estructura "Kranz", así como la distribución de las demás células del mesófilo, tratando de relacionar estos caracteres anatómicos al proceso de asimilación fotosintética en una planta de metabolismo C_4 como es Amaranthus.

Aún analizando los estudios anatómicos que hasta ahora se han realizado del género Amaranthus, es fácil darse cuenta de que los conocimientos anatómicos tanto del género como de sus especies más representativas son escasos e insuficientes como para realizar un trabajo integrativo que nos dé a conocer más ampliamente a una especie, ya que para conocer al género falta mucho aún.

Es por ésto que los estudios anatómicos, genéticos, fisiológicos, etc. del género Amaranthus deben ponerse en marcha empezando a conocer desde ahora a las especies que están bien definidas taxonómicamente y así poder ir reuniendo elementos cada vez más importantes que en algún momento sirvan de base para ubicar taxonómicamente aquellas especies o variedades con problemas de clasificación.

OBJETIVOS

GENERAL

Describir la estructura anatómica de los órganos vegetativos de Amaranthus hypochondriacus L. y Amaranthus cruentus L. para establecer datos que nos permita identificarlas entre sí.

PARTICULARES

- A).- Establecer técnicas histológicas adecuadas para el estudio de cada especie, ajustándolas en cuanto a tiempos y concentraciones principalmente de parafina, alcoholes y colorantes.
- B).- Conocer y describir la estructura anatómica de los órganos vegetativos de A. hypochondriacus y A. cruentus.
- C).- Comparar anatómicamente las dos especies, resaltando aquellas características que las asemejan o diferencien.
- D).- Proporcionar caracteres diagnósticos para contribuir a la taxonomía del género.

MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron plantas frescas de Amarantho, (A. hypochondriacus tipo "Azteca" y A. cruentus tipo "Mexicano"), que fueron proporcionados por la M. en C. Cristina Mapes, quien trabaja los aspectos etnobotánicos, contemplando diferentes especies y variedades de este género. Cabe mencionar que las muestras fueron tomadas de plantas vigorosas y sanas, que estuvieran en total estado de madurez.

La colecta del material se llevó a cabo en el rancho San Francisco, Chalco, Estado de México.

De estas dos especies seleccionadas para el estudio anatómico, se tomaron de las plantas muestras de la parte media de cada una de ellas, refiriéndose a hoja, tallo principal, rama lateral y raíz, las cuales se fijaron en F.A.A. (Ver anexo 1, pág. 120) durante 24 horas, para después cambiarlas a alcohol del 70%, en el cual permanecieron durante la investigación (Johansen, 1940).

Para el estudio de los órganos muestreados, se aplicaron técnicas diferentes en cada uno, como se describe a continuación.

ESTUDIO ANATOMICO DE LA HOJA

OBTENCION DE EPIDERMIS

Para la obtención de las epidermis tanto abaxiales como adaxiales, se llevó a cabo la siguiente técnica:

Se tomaron muestras pequeñas de la parte media de la lámina de la hoja de aproximadamente 1 cm^2 , las cuales se lavaron perfectamente en agua destilada y posteriormente se colocaron en una solución de cloralex y agua destilada al 20% en la cual permanecieron 48 horas aproximadamente, hasta que se observaron completamente claras y translúcidas.

Posteriormente las muestras se lavaron con agua destilada para quitar el exceso de cloro y se procedió a separar las epidermis del mesófilo, para lo cual se utilizaron agujas de disección y pinceles de cerdas finas para evitar romperlas.

Una vez separadas las epidermis del mesófilo se colocaron en forma independiente las abaxiales de las adaxiales y se procedió a su tinción.

TINCION DE EPIDERMIS

Para la técnica de la tinción de epidermis se llevaron a cabo los siguientes pasos:

En una caja de petri pequeña se colocaron las epidermis de la hoja perfectamente lavadas, después se tiñeron con el colorante acuoso, Safranina "O" (ver anexo 2, pág. 120), durante 20 min. aproximadamente y posteriormente se lavaron con agua destilada para quitar el exceso de colorante.

En seguida se llevó a cabo un proceso de deshidratación que consistió en pasar las epidermis por una serie de alcoholes graduales empezando por el de 30%, 50%, 70% y 96% en cada uno de los cuales permanecieron durante 2 min. El procedimiento se repitió dos veces en cada caso.

Se manejó un cambio opcional de alcohol acidulado en

caso de que las epidermis estuvieran sobreteñidas por la safranina; este cambio debe ser de 1 ó 2 seg.

Posteriormente se sometieron las epidermis a tres cambios de alcohol absoluto, dejándolas 1 ó 2 min. en cada uno.

Finalmente se llevaron a cabo tres cambios de xilol, 1 min. en cada uno y se colocaron las epidermis en los portaobjetos, para después montarlas con bálsamo de Canadá y etiquetarlas según correspondiera.

De estas preparaciones permanentes de epidermis se realizaron descripciones detalladas de su estructura y arreglo, que incluyeron conteos de células epidérmicas, para observar su forma y tamaño, así como la forma, tamaño y distribución de los estomas. Se realizaron esquemas y se tomaron fotomicrografías que apoyan las descripciones mencionadas.

Debido a que en algunas ocasiones las epidermis no pudieron obtenerse completas, se recurrió a la técnica de impresión en barníz, que consistió en poner barníz transparente a muestras pequeñas de la lámina de la hoja, tanto en la parte abaxial como en la adaxial. Esa capa de barníz ya seca, se separó cuidadosamente de la superficie de la hoja, logrando con ello la impresión de toda la estructura superficial de la misma. La capa de barníz obtenida, se montó en un portaobjetos con gelatina glicerínada (ver anexo 3, pág.121), para obtener una preparación semipermanente.

DIAPANIZACION

Para observar el arreglo y distribución de las venas en la hoja, se llevó a cabo la técnica de diafanización que es similar a la descrita en la obtención de epidermis, con la

diferencia de que en este caso las epidermis no se separaron y se tiñó la muestra completa.

El tiempo promedio de tinción fué de aproximadamente 45 min. En cuanto al procedimiento de deshidratación, es igual al propuesto para la obtención de las epidermis. Los 3 cambios de xilol en las muestras para diafanización duraron 2 min. en cada uno y finalmente las muestras se montaron en bálsamo de Canadá.

CORTES TRANSVERSALES DE HOJA, TALLO Y RAIZ

Para los cortes transversales de la hoja, tallo y raíz se llevaron a cabo los siguientes pasos:

Técnicas de deshidratación, inclusión en parafina, cortes de microtomo, desparafinación y finalmente tinción y montaje, para elaborar de esta manera preparaciones permanentes (Gaviño, 1982).

DESHIDRATACION

De las muestras colectadas y fijadas se seleccionaron muestras de hoja (lámina y peciolo), tallo (principal y lateral) y raíz, las cuales fueron lavadas perfectamente con agua corriente durante 3 horas aproximadamente para eliminar el fijador que pudiera haber quedado almacenado en los tejidos.

En seguida se llevó a cabo la técnica de deshidratación que consistió en pasar las muestras a través de varios alcoholes graduales, empezando por alcohol del 50%, 70%, 96% y absoluto, permaneciendo 2 horas en cada uno, después se realizó un cambio con xilol que duró de 10 a 15 min. y finalmente las muestras se

colocaron en aceite de clavo que es un agente aclarador, en el cual permanecieron 24 horas para un aclaramiento total.

INCLUSION EN PARAFINA

Posterior a la deshidratación de las muestras se llevó a cabo la técnica de inclusión gradual en parafina, que se realizó de la siguiente manera:

Se preparó una mezcla de xilol-parafina en una relación 2:1 respectivamente, para lo cual la parafina se disolvió previamente en baño María y después se mezcló con el xilol. Las muestras seleccionadas se introdujeron en la mezcla y se colocaron en una estufa a una temperatura constante de 56 a 58 grados C. (punto de fusión de la parafina utilizada). En esta mezcla, las muestras permanecieron durante 2 horas.

En seguida se preparó otra mezcla de xilol-parafina en una relación 1:1 y se realizó el cambio de las muestras de la primera mezcla a ésta, permaneciendo un promedio de 6 horas en ella.

Como último paso de la inclusión, las muestras se colocaron en un recipiente que contenía parafina pura y permanecieron en ella de 6 a 8 horas aproximadamente.

Una vez terminada la inclusión se procedió a hacer bloques de parafina con los órganos incluidos para poder llevar a cabo los cortes en el microtomo. Para la elaboración de los bloques de parafina, se utilizaron cajitas elaboradas de papel, en las cuales se fue vertiendo poco a poco parafina pura y se introdujeron las muestras antes de que ésta solidificara, orientándolo en la forma que convenía dependiendo del tipo de corte que se pretendía realizar, (transversal, longitudinal,

radial, etc.). En caso de que se formaran burbujas al introducir la muestra en la parafina, se destruían con la ayuda de una aguja de disección calentada en un mechero. Después de obtenidos los bloques con las muestras ya incluidas se etiquetaron las cajitas con los datos necesarios para evitar confundir las especies.

CORTES EN MICROTOMO DE ROTACION

Los cubos de parafina con las muestras incluidas se adhirieron a un bloque pequeño de madera o metal.

Una vez que estuvo bien sellado el bloque de parafina al soporte de metal, se cortó a manera de pirámide truncada para eliminar exceso de parafina.

El microtomo por otra parte ya previamente preparado se graduó a 12 micras para los cortes de hoja, 15 micras para los de tallo y 18 micras para los de raíz. Los cortes obtenidos se introdujeron en un baño de flotación a una temperatura de 23°C. aproximadamente, el cual contenía además una poca de grenetina, que ayudó a que los cortes se adhirieran al portaobjetos.

DESPARAFINACION

Para teñir las secciones de material incluido en parafina, es necesario primero eliminar ésta con alguna sustancia que la disuelva y después ir hidratando poco a poco las muestras.

Para disolver y eliminar la parafina, se trabajó con xilol puro realizando 2 cambios de 5 min. cada uno. Posteriormente se preparó una mezcla de xilol-alcohol 96% en una proporción de 1:1 y las muestras se introdujeron en ella

dejándolas de 4 a 5 min.

Las muestras fueron tratadas después con una serie de alcoholes graduales en concentración descendentes para permitir su hidratación, comenzando por alcohol absoluto, 96%, 70%, 50% y 30%, permaneciendo en cada uno de ellos de 3 a 5 min., aproximadamente.

Finalmente los cortes permanecieron 5 min. en agua destilada, logrando así su completa hidratación.

TINCIÓN

Para la tinción de los cortes obtenidos, se utilizó una mezcla de colorantes formada por safranina "O" y verde rápido (ver anexos 2 y 4), en la cual la safranina es un colorante acuoso mientras que el verde rápido es un colorante alcohólico (Gaviño, 1982).

Después de que los cortes fueron lavados en agua destilada, se tiñeron con safranina en la cual permanecieron de 15 a 20 min. en el caso de las secciones de la hoja; con respecto al tallo y la raíz, las muestras se dejaron hasta 30 min. para lograr una tinción más completa.

Posteriormente se realizó un lavado de los cortes con agua destilada, para quitar el exceso de colorante y se procedió a la deshidratación.

Para la deshidratación se utilizaron una serie de alcoholes graduales en concentración ascendente, empezando por alcohol al 30%, 50%, 70%, 96% y absoluto, permaneciendo alrededor de 2 min. en cada uno.

Como paso opcional en caso de que los cortes estuvieran sobreteñidos por la safranina, se trabajó con un cambio muy rápido de alcohol acidulado dejando solamente de 1 a 2 seg. para evitar que el colorante salga demasiado.

En seguida se añadió el colorante verde rápido, el cual se dejó 10 min. en los cortes de hoja y aproximadamente 15 a 20 min. en los cortes de tallo y raíz.

Posteriormente se llevaron a cabo 3 cambios de alcohol absoluto de 1 min. cada uno y después se agregó aceite de clavo por 8 a 10 min. Finalmente se realizaron 3 cambios de xilol de 1 min. cada uno y se montaron las preparaciones con bálsamo de Canadá.

Una vez terminada la técnica de tinción se limpiaron y secaron perfectamente las preparaciones y se etiquetaron con los datos correspondientes. Estas preparaciones se utilizaron para obtener mediciones de las células que componen los diferentes tejidos de los órganos trabajados (largo, ancho, grosor de cutícula, etc.). Las mediciones se llevaron a cabo utilizando el ocular micrométrico y trabajando directamente en el microscopio óptico, haciendo posteriormente una conversión de unidades a micras, utilizando la regla de conversión micrométrica.

De las mediciones realizadas se obtuvieron promedios que en cierta forma reflejan los tamaños celulares de los diferentes tejidos, realizando además un análisis numérico con desviación estándar de cada uno, para tener un dato más preciso de las mediciones obtenidas, las cuales oscilaban en un promedio de 30 a 50 datos considerados en cada medición celular.

También se realizaron mediciones y conteo de células para obtener el índice estomático de las epidermis (adaxial y abaxial) de la lámina de la hoja.

Del material así obtenido de ambas especies trabajadas, se tomaron fotomicrografías con una película Ektachrome ASA 100 ajustada a 170 en blanco y negro y se realizaron descripciones y esquemas detallados de los mismos, apoyándose para ésto en el microscópio de campo claro.

Se elaboraron tablas comparativas de los datos obtenidos entre una y otra especie, para de esta forma resaltar las características que las diferencian y conocer las que son compartidas por ambas.

RESULTADOS

El seguimiento de las técnicas especificadas en la metodología, permitió la obtención de preparaciones permanentes que sirvieron para conocer la estructura interna de los órganos vegetativos de las especies en estudio, logrando así descripciones detalladas de los tejidos y el conocimiento de la distribución de los mismos en cada especie, como se menciona a continuación.

Amaranthus hypochondriacus L.

HOJA.- LAMINA

CUTICULA

Lisa, delgada, de grosor uniforme, inconspicua sobre ambas epidermis, sólo interrumpida por los estomas; en promedio mide 5.50 micras de grosor en la epidermis adaxial y 4.25 micras en la abaxial; en ésta última la cutícula es tanto o más gruesa que la adaxial a nivel de la zona costal central, llegando a medir 7.80 micras de grosor.

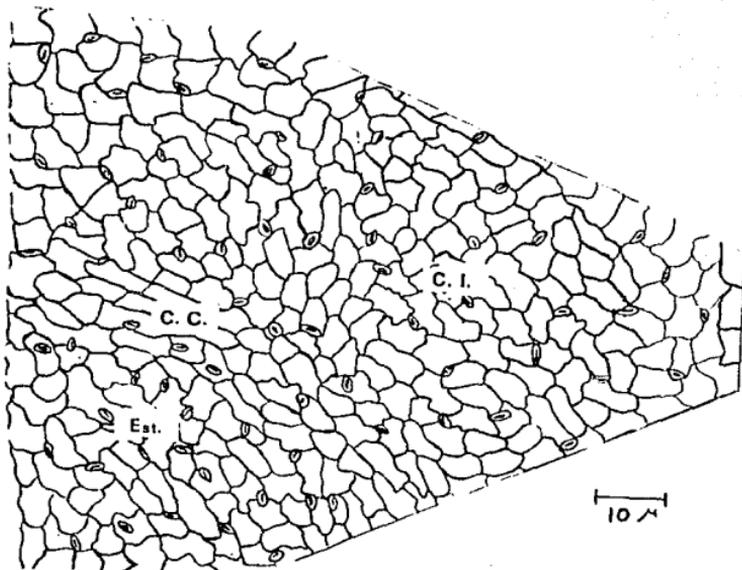
EPIDERMIS

Superficialmente ambas epidermis cuentan con células costales y células intercostales estando las primeras más claramente definidas en la epidermis abaxial.

Las células costales asociadas directamente a las

venas, corren a lo largo del trayecto de éstas, cubriéndolas a nivel de las epidermis.

En la epidermis adaxial las células costales son inconspicuas, de forma rectangular, con su eje longitudinal paralelo a la trayectoria de la vena; miden 71.50 micras de largo por 24.25 micras de ancho; de paredes delgadas y lineales, organizadas en hileras de una a tres células, lo que las hace inconspicuas (LAMINA I).



RESULTADOS

El seguimiento de las técnicas especificadas en la metodología, permitió la obtención de preparaciones permanentes que sirvieron para conocer la estructura interna de los órganos vegetativos de las especies en estudio, logrando así descripciones detalladas de los tejidos y el conocimiento de la distribución de los mismos en cada especie, como se menciona a continuación.

Amaranthus hypochondriacus L.

HOJA.- LAMINA

CUTICULA

Lisa, delgada, de grosor uniforme, inconspicua sobre ambas epidermis, sólo interrumpida por los estomas; en promedio mide 5.50 micras de grosor en la epidermis adaxial y 4.25 micras en la abaxial; en ésta última la cutícula es tanto o más gruesa que la adaxial a nivel de la zona costal central, llegando a medir 7.80 micras de grosor.

EPIDERMIS

Superficialmente ambas epidermis cuentan con células costales y células intercostales estando las primeras más claramente definidas en la epidermis abaxial.

Las células costales asociadas directamente a las

LAMINA 1

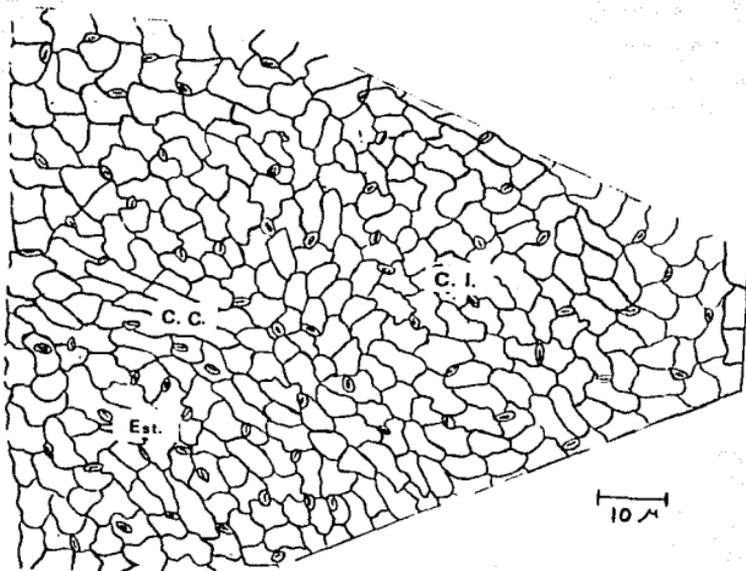
Amaranthus hypochondriacus

EPIDERMIS ADAXIAL DE HOJA (Vista superficial)

**Células costales (C.C.); Células intercostales (C.I.); Estomas
anomocíticos (Est.)**

venas, corren a lo largo del trayecto de éstas, cubriéndolas a nivel de las epidermis.

En la epidermis adaxial las células costales son inconspicuas, de forma rectangular, con su eje longitudinal paralelo a la trayectoria de la vena; miden 71.50 micras de largo por 24.25 micras de ancho; de paredes delgadas y lineales, organizadas en hileras de una a tres células, lo que las hace inconspicuas (LAMINA I).



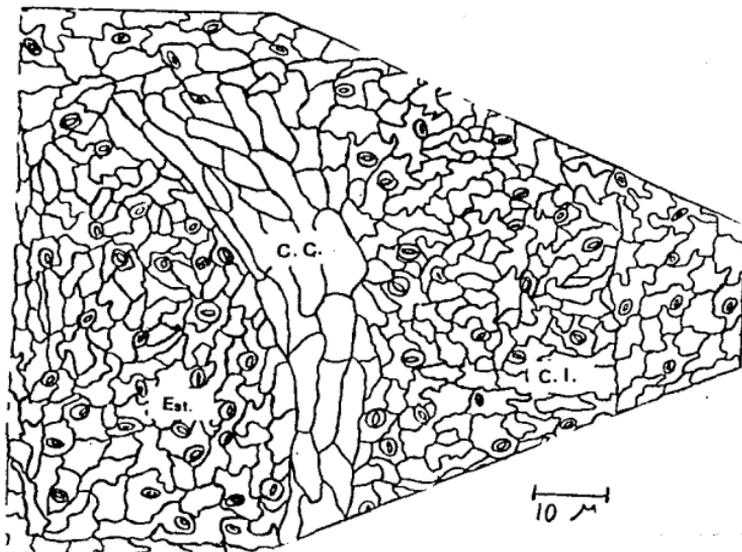
LAMINA II

Amaranthus hypochondriacus

EPIDERMIS ABAXIAL DE HOJA (Vista superficial)

Células costales (C.C.); Células intercostales (C.I.); Estomas
anomocíticos (Est.)

Las células costales de la epidermis abaxial también están organizadas en hileras con su eje longitudinal paralelo a la trayectoria de las venas, de forma alargada y extremos fusiformes; miden 207.25 micras de largo por 19.75 micras de ancho, de paredes delgadas; algunas células costales están asociadas en un promedio de 7 a 9 hileras celulares (LAMINA II).



Las células intercostales son aquellas que conforman el resto de la epidermis y la zona que ocupan también incluye a los estomas. En la epidermis adaxial, estas células son de tamaño más o menos uniforme, de 83.25 micras de largo por 40.25 micras de

FOTO No. 1

Amaranthus hypochondriacus L.

EPIDERMIS ADAXIAL DE HOJA

CELULAS INTERCOSTALES

FOTO No. 2

Amaranthus hypochondriacus L.

EPIDERMIS ABAXIAL DE HOJA

CELULAS INTERCOSTALES

ancho; las hay de forma rectangular, isodiamétrica o irregular, todas de paredes lineales (FOTO No. 1); en este caso no se observa un arreglo definido en la distribución de las células.



Las células de la zona intercostal en la epidermis abaxial son evidentemente más pequeñas que las adaxiales, uniformes y de forma completamente sinuosa e irregular, con numerosas proyecciones, sin un arreglo definido. Aproximadamente miden 70.75 micras en su eje más largo y sus paredes anticlinales son delgadas (FOTO No. 2).



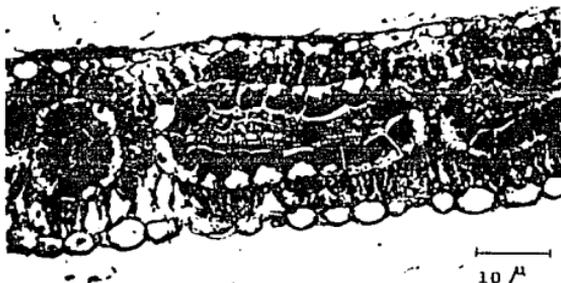
FOTO No. 3

Amaranthus hypochondriacus L.

HOJA (LAMINA)

EPIDERMIS ABAXIAL Y ADAXIAL (VISTA TRANSVERSAL)

Transversalmente es monoestratificada, con células globosas de tamaño variable que llegan a medir de 32.50 a 40.04 micras en la epidermis adaxial. Las células de la epidermis abaxial son más pequeñas, llegando a medir de 28.25 a 36.96 micras (FOTO No. 3).



En general, se observa que las células son de paredes delgadas tanto en la epidermis adaxial como en la abaxial.

Estomas de tipo anomocítico, es decir, sin células acompañantes; de distribución irregular y con bordes engrosados en las paredes anticlinales internas de las células oclusivas en ambas epidermis.

En la epidermis adaxial las células oclusivas son de forma arriñonada y miden 23.25 micras de largo por 10.75 micras de ancho, más pequeñas que las células intercostales que las rodean. Índice estomático de 16.90% aproximadamente.

En la epidermis abaxial las células oclusivas similares a las adaxiales, miden 29.50 micras de largo por 5.75 micras de

LAMINA III

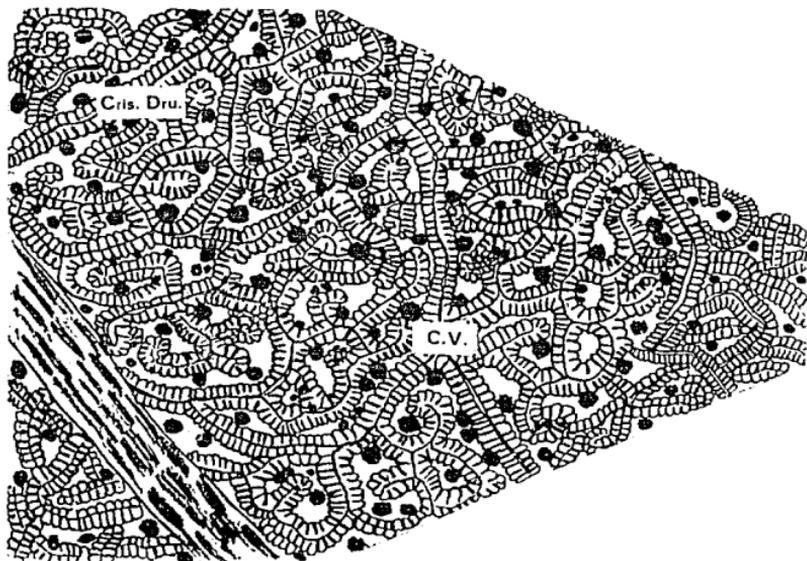
Amaranthus hypochondriacus

VENACION DE HOJA (Diafanización)

Células de la vaina (C.V.); Cristales en forma de Drusa (Cris.Dru.)

ancho. El índice estomático es de 15.86 %.

En ambas epidermis se observa un elevado contenido de cristales de oxalato de calcio en forma de "drusa", distribuidos en forma irregular entre las venas; éstas muestran la típica característica de venación reticulada propia de las plantas dicotiledóneas (LAMINA III).



MESOFILO

Diferenciado en parénquima en empalizada hacia el extremo adaxial y parénquima esponjoso hacia el extremo abaxial de la hoja. Las células del parénquima en empalizada son columnares, organizadas en una sola hilera de células compactas midiendo en promedio 52.68 micras de largo por 27.40 micras de ancho; todas ellas conteniendo cloroplastos.

El parénquima esponjoso está formado por células isodiamétricas con cloroplastos y distribuidas entre y por debajo de los haces vasculares. En promedio estas células miden 20.80 micras de diámetro.

Hacia la parte adaxial de la hoja, en relación estrecha con las células de la epidermis abaxial y en ciertas zonas en las cuales las células del parénquima esponjoso no hacen contacto con la epidermis abaxial, se localizan algunas células de forma irregular con proyecciones a manera de brazos y sin cloroplastos, que se distribuyen en zonas no ocupadas por el parénquima esponjoso; tienen un tamaño promedio que va de 23.30 a 38.45 micras de diámetro. De acuerdo con Fisher y Evert (1982), estas células reciben el nombre de "Células del Mesófilo no Kranz", por el hecho de no estar en contacto directo con la vaina de los haces vasculares de la hoja, mientras que las células tanto del parénquima en empalizada como esponjoso, que sí están en contacto directo con la misma, reciben el nombre de "Células del Mesófilo Kranz".

Hacia la parte central del mesófilo y ocupando la mitad de éste se localizan los haces vasculares envueltos en una vaina clorenquimática similar a la que comunmente se observa en las plantas con metabolismo C_4 . Esta vaina está formada por células globosas isodiamétricas ligeramente compactadas unas con otras; más grandes que el resto de las células del mesófilo; de paredes delgadas y conteniendo cada una de ellas abundantes cloroplastos

LAMINA IV

Amaranthus hypochondriacus

MESOFILO (Corte transversal de hoja)

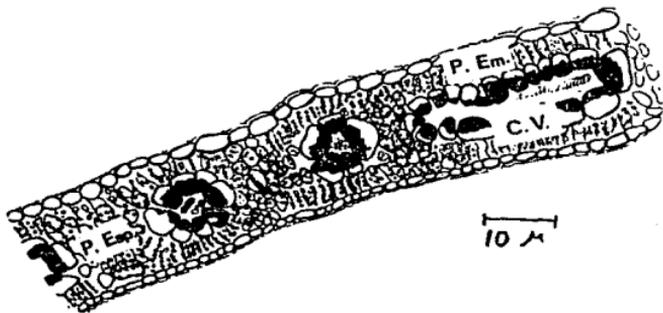
Parénquima en Empalizada (P. Em.); Parénquima Esponjoso (P. Esp.);

Células de la vaina (C.V.)

cuya distribución se caracteriza por estar concentrados hacia la pared que establece contacto con los tejidos de conducción de los haces vasculares, mientras que el otro extremo de las células permanece no ocupado por los cloroplastos, teniendo así una apariencia incolora.

Estas células de la vaina clorenquimática miden en promedio 40.75 micras de diámetro.

Formando parte del mesófilo, también se observan abundantes cristales de oxalato de calcio en forma de drusas, estas acumulaciones llegan a medir aproximadamente 52.75 micras, presentando un tamaño variable dependiendo de la cantidad y el tamaño de los cristales acumulados; se encuentran distribuidos preferentemente hacia la parte central del mesófilo, entre los haces vasculares, encontrando en menor proporción algunos cristales pequeños hacia los extremos del mismo (LAMINA IV).



VENA CENTRAL

En la hoja de Amaranthus se presenta claramente una venación de tipo reticulado, apreciándose claramente una vena prominente en la parte central de la misma, (vena central); también llegan a observarse venas de segundo, tercero y hasta cuarto orden como componentes del tejido vascular de la hoja. El tamaño de las venas va disminuyendo en comparación a medida que va disminuyendo el orden de las mismas.

Con respecto a la descripción de la vena central, tanto en la epidermis adaxial como en la abaxial, se observa la presencia de una cutícula lisa y uniforme, siendo ésta más gruesa en la parte abaxial. En promedio, la cutícula mide 5.50 micras de grosor.

En la epidermis, las células de la parte adaxial son más prominentes que las observadas en la abaxial; la forma que presentan en ambas epidermis es rectangular, observándose en algunas secciones de forma ovalada. El tamaño promedio de estas células epidérmicas es de aproximadamente 25.75 micras de diámetro.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Entre los tejidos que lo forman, comprende un tejido de sostén de tipo colénquima angular, adyacente a ambas epidermis, formado por dos a tres hileras de células de tamaños variables en una y otra; las formas celulares que presentan son isodiamétricas y ovaladas.

El colénquima de la zona adaxial, se presenta muy reducido en comparación al observado en la parte abaxial, el cual se distribuye alrededor de todo el contorno de la vena.

Las células colenquimáticas de la zona adaxial, miden 11.00 micras de diámetro, mientras que las de la parte abaxial miden 27.50 micras aproximadamente.

El tejido parenquimático se encuentra presente en la vena central y está formado por 4 ó 6 hileras de células de formas globosas e isodiamétricas en la parte abaxial de la vena, las cuales miden de 34.00 a 66.25 micras de diámetro.

Estas células parenquimáticas presentan paredes celulares delgadas y se observa que van disminuyendo en tamaño a medida que se acercan a los haces vasculares centrales y su forma isodiamétrica tiende a ser ahora rectangular. Estas células, se distribuyen también entre los haces vasculares separándolos unos de otros y aislándolos de las paredes laterales externas.

En algunas de las células parenquimáticas tanto adaxiales como abaxiales, se observa un contenido de cristales en forma de "arena" que varía en abundancia en las diferentes células que los contienen.

TEJIDO VASCULAR

Este tejido se distribuye más cercanamente a la zona adaxial. Está representado por 6 haces vasculares colaterales; tres dirigidos hacia la parte abaxial y uno prominente además de dos muy pequeños orientados hacia la parte adaxial.

En el haz más prominente, el xilema se orienta hacia la parte abaxial (interna), y el floema formando un paquete compacto hacia la adaxial (externa).

El número de elementos de vaso del xilema es de aproximadamente 50 a 52, que en promedio miden de 16.00 a 28.50

FOTO No. 4

Amaranthus hypochondriacus L.

VENA CENTRAL (ARREGLO Y DISTRIBUCION
DE LOS HACES VASCULARES)

micras de diámetro, resaltando en cada uno el engrosamiento helicoidal y lignificado de sus paredes.

Las células floemáticas de este haz vascular tienen formas cuadradas y romboédricas y se observan células acompañantes entre ellas; el tamaño que presentan es de aproximadamente 7.13 micras de diámetro (FOTO No. 4).



10 μ

Con respecto a los dos haces pequeños de esta zona adaxial, los elementos de vaso que componen el xilema son escasos observándose de 4 a 15 elementos en cada haz. Las células del floema son muy pequeñas y en número reducido.

En los tres haces abaxiales, el xilema se orienta hacia la parte adaxial y el floema hacia la abaxial. El xilema en estos haces está representado por 9 a 35 elementos de vaso que miden de 12.00 a 16.00 micras de diámetro.

El floema está formado por células pequeñas de formas irregulares y paredes delgadas que miden en promedio 5.50 micras de diámetro (LAMINA V).

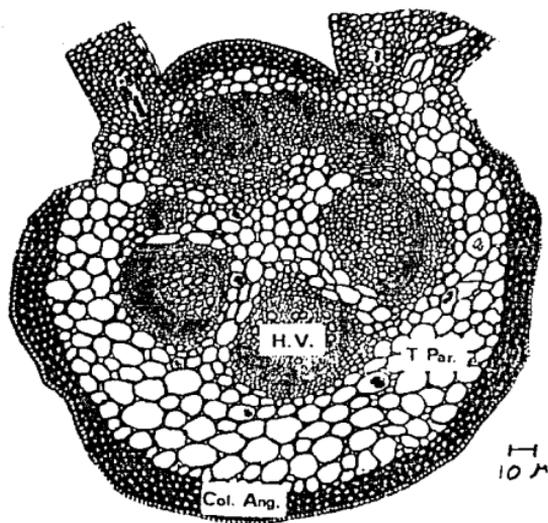
LAMINA V

Amaranthus hypochondriacus

VENA CENTRAL (Corte transversal de hoja)

Colénquima angular (Col. Ang.); Haz vascular (H. V.)

Tejido parenquimático (T. Par.)



HOJA.- PECIOLO

Morfológicamente, el peciolo es una estructura semicircular, vista transversalmente, con una acanaladura corriendo longitudinalmente en la parte central de su zona adaxial.

Generalmente la zona abaxial es continua y a este nivel el contorno del peciolo se observa convexo, en ocasiones, este contorno se ve interrumpido por dos pequeñas prolongaciones o

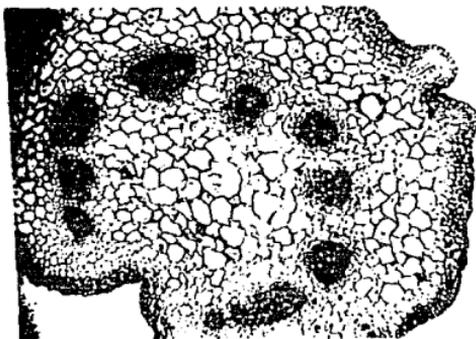
FOTO No. 5

Amaranthus hypochondriacus L.

PECIOLO

PLEGAMIENTOS EN EL CONTORNO

protuberancias onduladas, localizadas a cada lado del mismo (FOTO No.-5).



1
10^μ

CUTICULA

La cutícula es una capa fina y lisa que cubre completamente al peciolo; es una capa muy uniforme que mide en promedio 5.50 micras de grosor.

EPIDERMIS

Monoestratificada, con células muy uniformes en cuanto a tamaño, forma isodiamétrica, las cuales miden aproximadamente 20.00 micras de diámetro; de paredes poco y uniformemente engrosadas, a excepción de las células que ocupan las protuberancias abaxiales, las cuales en ocasiones mantienen una pared celular delgada.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Adyacente a la epidermis se localiza un anillo periférico de colénquima a manera de tejido de reforzamiento frecuentemente encontrado en los órganos alargados de las dicotiledóneas (Esau, 1972). Este anillo se ve interrumpido únicamente a nivel de las protuberancias abaxiales cuando se presentan, cuando no, éste es continuo y está formado por 3 ó 4 hileras de células con sus respectivas paredes celulósicas engrosadas; estos engrosamientos son más evidentes entre los espacios formados de célula a célula, por lo que el colénquima es denominado "angular"; la forma de las células es isodiamétrica, de tamaño más o menos uniforme de aproximadamente 23.25 micras de diámetro. A nivel de la zona abaxial, estas células son ligeramente mayores que las observadas en el resto del tejido.

Las células no colenquimatosas que ocupan las protuberancias son del tipo parenquimático, sólo que un poco más grandes que el promedio de las colenquimáticas.

La mayor parte del tejido fundamental está conformado por parénquima generalmente de células isodiamétricas, aunque también se observan algunas otras alargadas, ovaladas o de forma irregular, como resultado de la presión que las mismas células ejercen entre sí.

Según su ubicación, el parénquima del tejido fundamental se puede subdividir en dos zonas, la periférica nombrada como parénquima cortical y la central como parénquima medular. Las células corticales son de paredes delgadas y miden en promedio 47.50 micras de diámetro. Mientras que las células centrales o medulares miden en promedio de 35.87 a 110.25 micras de diámetro.

Debido a la acanaladura adaxial, las células del parénquima a ese nivel son de forma variada; también a ese nivel,

las dos zonas del parénquima están en contacto por la ausencia de tejido vascular.

En ambas zonas parenquimáticas, las células incluyen una cantidad de cristales en forma de "arena", siendo más abundantes hacia la zona central del peciolo.

TEJIDO VASCULAR

El tejido vascular del peciolo representa un sistema abierto formado por haces vasculares colaterales (compuestos por xilema hacia la parte interna y floema hacia la externa del peciolo), distribuidos en la parte central del mismo, representando un arco continuo en forma de media luna. Este arco queda abierto hacia la parte adaxial justamente por debajo de la acanaladura. Todos los haces vasculares están separados entre sí por células parenquimáticas del tejido fundamental.

El arco vascular que conforma el grueso del tejido vascular del peciolo, incluye de 8 a 13 haces vasculares independientes, de tamaño variable. Dos o más de los haces vasculares abaxiales, probablemente se han fusionado dando la apariencia de ser un sólo haz prominente. Hacia ambos lados del arco vascular se localizan los haces más pequeños.

Cada haz incluye floema orientado hacia afuera del peciolo y xilema hacia la parte interna del mismo. Tanto el tamaño del paquete floemático como de los elementos xilemáticos que se presentan en un número de 15 a 25 en cada haz vascular, depende del tamaño total del haz vascular al cual correspondan, siendo ambos tejidos más abundantes en los haces localizados hacia la parte abaxial del peciolo o central del arco vascular.

LAMINA VI

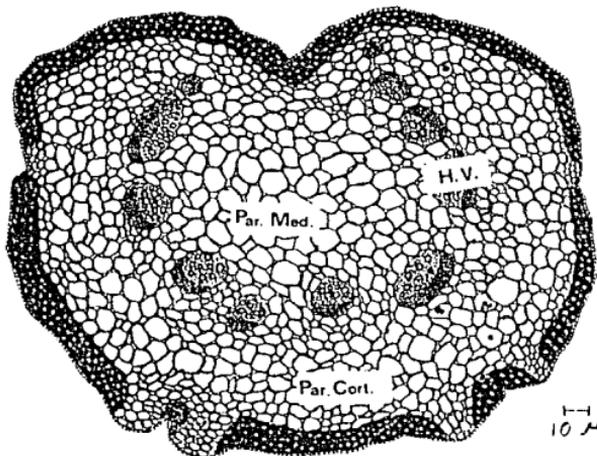
Amaranthus hypochondriacus

PECIOLLO (Corte transversal)

Parénquima Cortical (Par. Cort.); Parénquima medular (Par. Med.);

Haz Vascular (H.V.)

Cada haz incluye en el floema, células parenquimáticas, células acompañantes y células cribosas en algunas de las cuales se observa un contenido celular similar al observado en las células parenquimáticas del tejido fundamental. Estas células floemáticas miden en promedio 9.25 micras de diámetro aproximadamente. (LAMINA VI).



El xilema incluye elementos de vaso no agrupados, cada uno con paredes secundarias engrosadas, constituidas principalmente por lignina. El tamaño de estos elementos oscila desde 12.00 hasta 18.00 micras de diámetro. Incluye además células parenquimáticas de tamaño menor respecto a las

parenquimáticas del tejido fundamental que rodean a los haces vasculares.

TALLO PRINCIPAL

Un caracter morfológico constantemente observado en A. hypochondriacus es la presencia de canales longitudinales paralelos a lo largo tanto de las ramas laterales como del tallo principal, haciendo que en vista transversal el tallo tenga un contorno irregular.

La distribución de los tejidos en el tallo principal a nivel del entrenudo es muy diferente a la observada a nivel del nudo, ya que en esta zona, los tejidos no se aprecian claramente observándose un conglomerado de células principalmente parenquimáticas, de formas y tamaños muy irregulares, entre las cuales se encuentran, aunque también poco diferenciados algunos elementos de conducción que originarán el tejido vascular de la rama lateral del tallo. El contenido de cristales en forma de arena en esta zona del nudo es muy elevado, llegándose a presentar en casi todas las células parenquimáticas que rodean a los cordones de haces vasculares en diferenciación.

EPIDERMIS

A pesar de ser una planta que a nivel de tejido vascular muestra un crecimiento secundario, no desarrolla una peridermis, en su lugar, mantiene una epidermis monoestratificada cubierta por una cutícula poco engrosada. Las células epidérmicas miden 19.25 micras aproximadamente, son rectangulares y ovaladas, de paredes delgadas excepto las tangenciales externas.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Formando parte de este tejido y cumpliendo la función de reforzamiento de los tejidos internos del tallo, se localiza en la periferia inmediatamente en contacto con la epidermis, al colénquima angular (Esau, 1972).

Este tejido forma una banda con apariencia discontinua de 6 a 7 hileras de células, estas discontinuidades corresponden con las acanaladuras del tallo, encontrando en su lugar células parenquimáticas. Las células colenquimatosas son de tamaño variado, llegando a medir 40.05 micras de diámetro.

El parénquima es otro tejido fundamental importante del tallo, se localiza tanto en la zona periférica como en la central del mismo.

El parénquima periférico o cortical está formado por 5 a 7 hileras de células rectangulares u ovaladas y tangencialmente extendidas, de paredes delgadas. Estas células llegan a medir de 121.10 a 143.75 micras en su eje mayor.

En las zonas corticales desprovistas de colénquima, el número de hileras de células de parénquima aumenta considerablemente, en ocasiones formando hasta 18 hileras. A este nivel las células ya no están tangencialmente alargadas, manteniendo ahora una forma isodiamétrica y reduciendo su tamaño a 99.50 micras de diámetro.

La mayoría de las células parenquimáticas de la zona cortical acumulan una gran cantidad de cristales de oxalato de calcio en forma de arena.

El parénquima de la zona central del tallo que ocupa la mayor parte del mismo, contiene células ovaladas o isodiamétricas

LAMINA VII

Amaranthus hypochondriacus

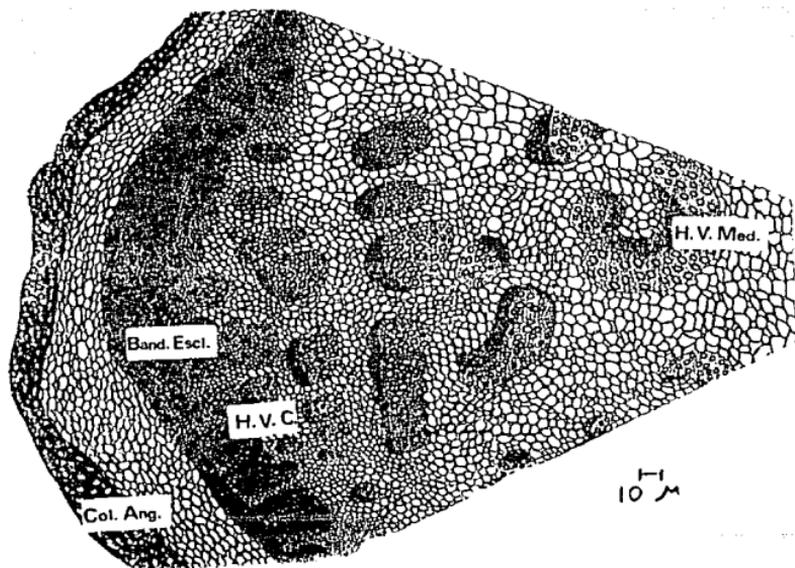
TALLO PRINCIPAL (Corte transversal)

Colénquima Angular (Col. Ang.); Banda Esclerenquimática (Band. Escl.);

Haz Vascular Cortical (H.V.C.); Haz Vascular Medular (H.V. Med.)

de diferentes tamaños debido a las tensiones o expansión del órgano; su tamaño oscila de 81.25 a 144.24 micras de diámetro.

Inmersos en este tejido encontramos a los paquetes vasculares del tallo, por lo que su función principal es el soporte y cubrimiento de los mismos. Como inclusiones celulares también se observan gránulos de oxalato de calcio (LAMINA VII).



TEJIDO VASCULAR

El tejido vascular de las Amaranthaceae se caracteriza por originarse a partir de un crecimiento secundario de tipo anómalo, lo que significa que éste mantiene un arreglo distinto al encontrado en la mayoría de las dicotiledóneas (Joshi, 1937).

El cambium vascular que forma nuevo tejido se localiza en el límite externo de la zona medular del tallo, a este nivel el tejido vascular conforma una franja continua de haces vasculares inmersos en un tejido conjuntivo con células completamente esclerotizadas. A este nivel es difícil establecer los límites entre los haces vasculares, además estos haces contienen un número reducido de elementos de conducción tanto en el xilema como en el floema, probablemente debido a que están en un estado de desarrollo juvenil. Los elementos de vaso del xilema ubicados en la zona periférica, son de diferentes tamaños, aún dentro del mismo haz vascular. El número de estos elementos también es variado. Se observan de 1 a 10 elementos que en promedio miden 25.00 micras los más pequeños y 59.00 micras los grandes.

Con respecto a las células que integran o conforman la banda esclerenquimática se distinguen claramente dos tipos, uno de ellos, formado por células de paredes gruesas y lignificadas de formas romboédricas y cuadradas con lumen celular muy reducido. Está directamente asociado a los elementos de vaso del xilema, rodeándolos completamente. Estas células llegan a medir 15.50 micras en promedio. El otro tipo celular también presenta paredes gruesas y lignificadas, pero el lumen celular es amplio. Estas células no están asociadas a los elementos de vaso y miden en promedio 23.50 micras. Conforme los haces vasculares van madurando, incluyen elementos de mayor tamaño y en mayor cantidad, localizándose paulatinamente hacia la parte central del tallo. Mientras que en los haces periféricos el floema se localiza hacia la parte externa y el xilema hacia la interna del

FOTO No. 6

Amaranthus hypochondriacus L.

TALLO PRINCIPAL (CONTORNO)

BANDA ESCLERENQUIMATICA

tallo, conformando un paquete de células muy pequeñas entre las células parenquimáticas corticales. (FOTO No. 6).



Los haces vasculares centrales no mantienen una orientación precisa, estando la orientación directamente relacionada con la forma de agrupación de los haces; por un lado se observan haces aislados e independientes uno de otro con o sin mantener el mismo arreglo observado en los haces periféricos.

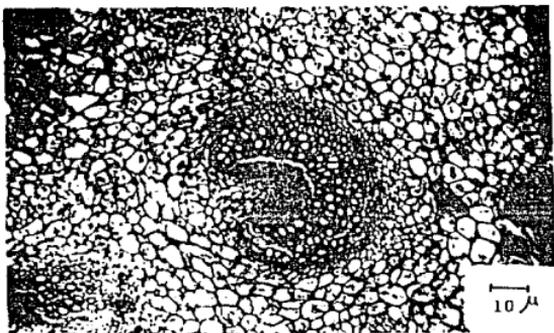
Existen otros haces que al fusionarse forman paquetes vasculares en forma de media luna o conformando un semicírculo con el xilema orientado hacia la parte externa del tallo y el floema hacia la parte interna del mismo arco o semicírculo; en consecuencia, contienen una mayor cantidad de elementos vasculares tanto en xilema como en floema (FOTO No. 7).

FOTO No. 7

Amaranthus hypochondriacus L.

HACES VASCULARES CENTRALES (ASOCIACION)

ARREGLO EN FORMA DE MEDIA LUNA



En el caso de los elementos del xilema de los haces centrales del tallo, el número y tamaño de los mismos es muy variado en cada haz vascular, en general, se observa un elevado número de elementos de vaso en estos haces, a diferencia de los observados en los haces periféricos. En promedio se observa un número de 16 a 62 elementos de vaso; ésto debido a la asociación que existe entre los haces vasculares centrales.

En cuanto al tamaño, los elementos de vaso más pequeños de los haces vasculares miden en promedio alrededor de 30.50 micras, mientras que los haces más grandes llegan a medir hasta 62.50 micras de diámetro (LAMINA VIII).

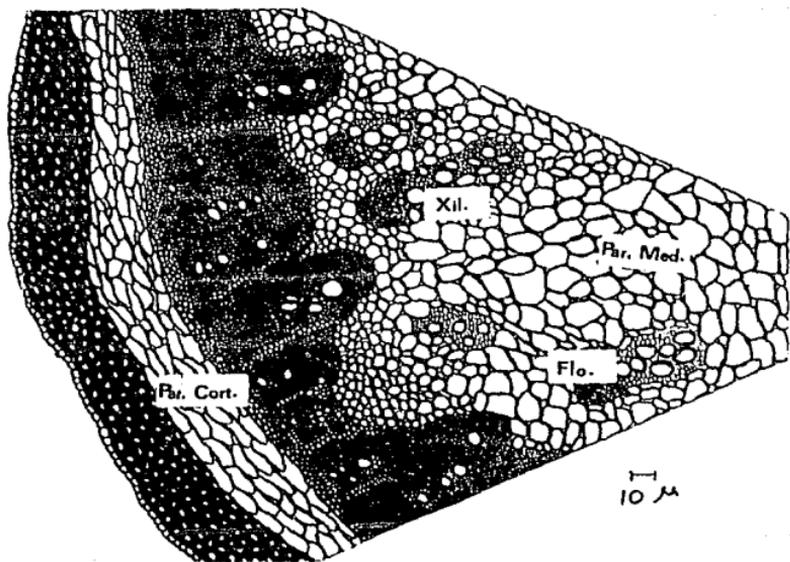
LAMINA VIII

Amaranthus hypochondriacus

TALLO PRINCIPAL (Corte transversal)

Parénquima cortical (Par. Cort.); Parénquima medular (Par. Med.);

Xilema (Xil.); Floema (Flo.)



TALLO.- RAMA LATERAL

La distribución de los tejidos en el tallo lateral, es muy semejante a la descrita en el tallo principal, difiriendo solamente en algunos aspectos tales como número de capas y tamaños celulares.

EPIDERMIS

Se presenta una cutícula lisa que mide 3.50 micras de grosor. La epidermis monoestratificada está formada por células isodiamétricas y ovaladas de paredes delgadas que miden 20.50 micras de diámetro en promedio.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Por debajo de la epidermis se presenta el colénquima angular que es un tejido de sostén formado por 7 a 9 hileras celulares. En promedio el tamaño de estas células colenquimáticas es de 28.25 micras de diámetro.

En el parénquima cortical se observan zonas ocupadas por 6 a 8 hileras de células globosas e isodiamétricas y de paredes delgadas o tangencialmente extendidas. El tamaño promedio es de 52.00 micras de ancho, habiendo otras de tamaño menor hacia la zona de los canales longitudinales del tallo. Ocasionalmente algunas células contienen cristales de oxalato de calcio en forma de granos finos como "arena".

El parénquima medular por otro lado, está formado por células grandes globosas e isodiamétricas, de paredes delgadas que en promedio miden de 98.00 a 186.20 micras las más grandes.

En cuanto a los haces vasculares periféricos, existe

LAMINA IX

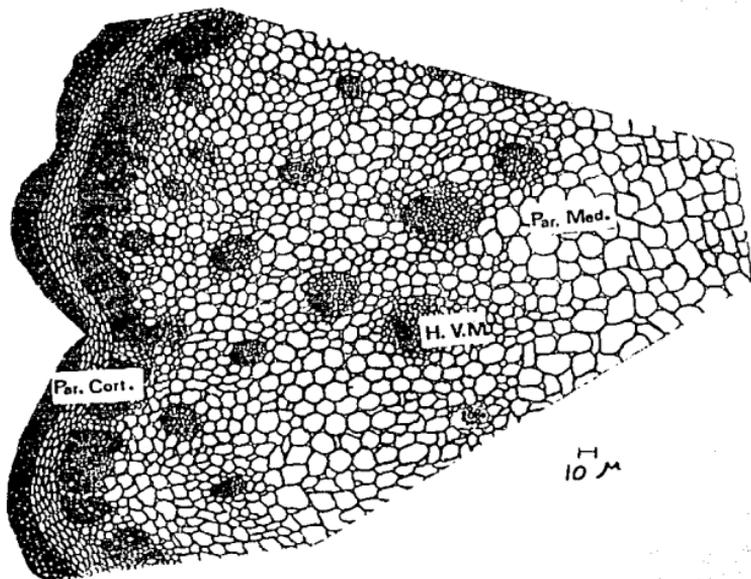
Amaranthus hypochondriacus

TALLO RAMA LATERAL (corte transversal)

Parénquima cortical (Par. Cort); Haz vascular Medular (H.V.M.);

Parénquima medular (Par. Med.)

una variación respecto al tamaño y número de los elementos de vaso, encontrándose de 3 hasta 16 elementos de xilema en cada haz, que llegan a medir de 27.00 a 56.25 micras de diámetro los más grandes. (LAMINA IX).



El floema contiene elementos cribosos y células acompañantes, que miden 10.06 micras de diámetro aproximadamente.

Al igual que en el tallo principal, en la zona medular se observan una gran cantidad de haces vasculares colaterales, de tamaño variado, distribuidos en forma irregular y orientación indefinida en cuanto al xilema y floema.

LAMINA X

Amaranthus hypochondriacus

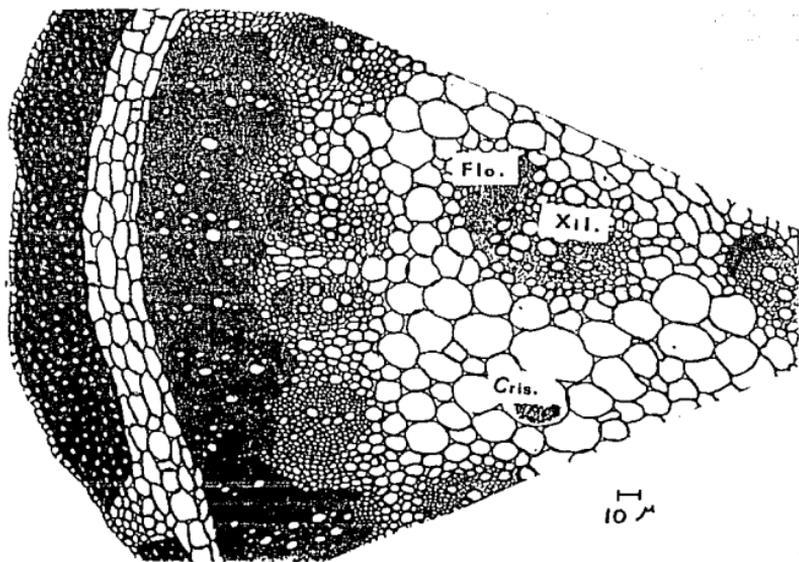
TALLO RAMA LATERAL (corte transversal)

Xilema (Xil.) ; Floema (Flo.)

Cristales en forma de "arena" (Cris.)

Los haces vasculares formados por alrededor de 8 a 30 elementos de vaso, llegan a medir en promedio de 38.02 a 69.00 micras de diámetro.

En estos haces vasculares medulares del tallo lateral, no se observa tan marcada la asociación entre ellos como ocurre en el tallo principal, por lo que estos haces se observan distribuidos independientemente en la zona medular, aislados uno de otro. (LAMINA X).



RAIZ PRINCIPAL

RIZODERMIS

Conformada por 2 a 3 capas de células rectangulares, de paredes ligeramente suberizadas, a pesar de ser una raíz madura. Este tejido de protección no se ha desarrollado completamente haciendo que en algunas zonas apenas sea evidente.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Hacia la periferia de la raíz el cortex está formado por 3 a 5 capas de células parenquimáticas de pared celular delgada, forma ovalada y tangencialmente comprimidas, midiendo de 110.00 a 150.00 micras en su eje mayor; las más grandes ocupan la zona más externa en contacto con la rizodermis.

Hacia el interior de la raíz, el tejido vascular está completamente inmerso en las células parenquimáticas del tejido fundamental; estas células no conservan una forma definida por obedecer a las fuerzas de expansión del órgano en conjunto. Se observan células parenquimáticas corticales y medulares; las corticales son isodiamétricas, un tanto globosas, de paredes delgadas, que en promedio miden 46.25 micras de diámetro. Las medulares por otra parte, se observan más grandes llegando a medir hasta 68.30 micras de diámetro.

Debido a que el tejido vascular tiene un crecimiento estacional manifestado en la agrupación y organización del mismo, cada anillo de tejido vascular está separado del siguiente en formación por una franja de tejido fundamental. Hacia afuera las células parenquimáticas de este tejido mantienen un tamaño más reducido en comparación a las que ocupan la zona central.

TEJIDO VASCULAR

De acuerdo a Joshi (1937), las Amaranthaceae al igual que las Chenopodiaceae, comparten en su tejido vascular un credimiento secundario del tipo anómalo acompañado por tejido conjuntivo.

El crecimiento secundario anómalo se caracteriza por desarrollar anillos continuos de tejido vascular con floema hacia afuera y xilema hacia adentro, el cual periódicamente forma nuevo tejido vascular en cada estación o época de crecimiento, formando así un nuevo anillo que ocupará la parte más externa de todo el tejido vascular. Esto indica que los haces vasculares centrales son los que primero se formaron y los exteriores al final. Lo anterior se refuerza al observar que el tejido vascular de la parte central contiene elementos maduros en mayor cantidad y tamaño y una menor cantidad de tejido conjuntivo o esclerótico; mientras que el tejido vascular periférico contiene elementos vasculares en menor cantidad y tamaño además de una proporción mayor de tejido esclerótico.

Hacia adentro, los anillos o paquetes de tejido vascular son más discontinuos y separados por tejido fundamental como consecuencia de la expansión del órgano, pareciendo que estos paquetes fueran haces vasculares colaterales sólo en apariencia porque su origen es distinto.

El tejido vascular central se caracteriza por estar formado de dos paquetes, los cuales presentan un arreglo similar a dos arcos encontrados, por lo que a este arreglo se le ha denominado "Diarca", conteniendo hacia el centro elementos xilemáticos bien definidos; los elementos de vaso de estos haces vasculares llegan a medir de 25.30 a 68.80 micras de diámetro.

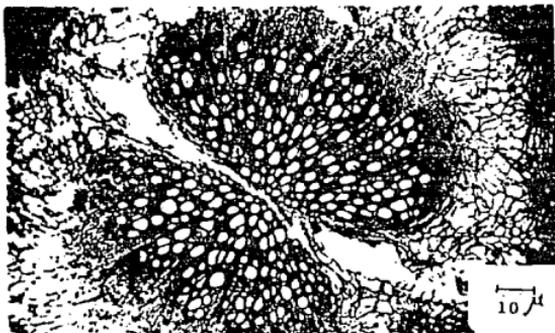
Hacia la parte exterior de cada paquete central se

FOTO No. 8

Amaranthus hypochondriacus L.

RAIZ (HACES VASCULARES CENTRALES
FORMANDO LA "DIARCA", CON NUMEROSOS
ELEMENTOS DE VASO)

localiza una franja de floema claramente definido, formado por células cuadradas y ovaladas que miden en promedio 18.30 micras. (FOTO No.8).



Los paquetes vasculares intermedios son más numerosos por estar los anillos separados debido a la expansión de la raíz, lo que les da más la apariencia de haces vasculares colaterales. Al igual que los centrales, estos paquetes incluyen elementos vasculares maduros, el xilema con vasos del mismo tamaño que los centrales y floema abundante. La cantidad de elementos vasculares de xilema y floema está en función del tamaño del paquete. El anillo de tejido vascular más externo se caracteriza por contener una proporción de elementos escleróticos y menor de elementos vasculares (1 a 3); el xilema contiene vasos de menor tamaño que llegan a medir de 17.21 a 20.50 micras de diámetro y en menor cantidad, rodeados completamente por tejido conjuntivo esclerótico.

Los elementos floemáticos son más pequeños en comparación con los equivalentes de los otros anillos del tejido

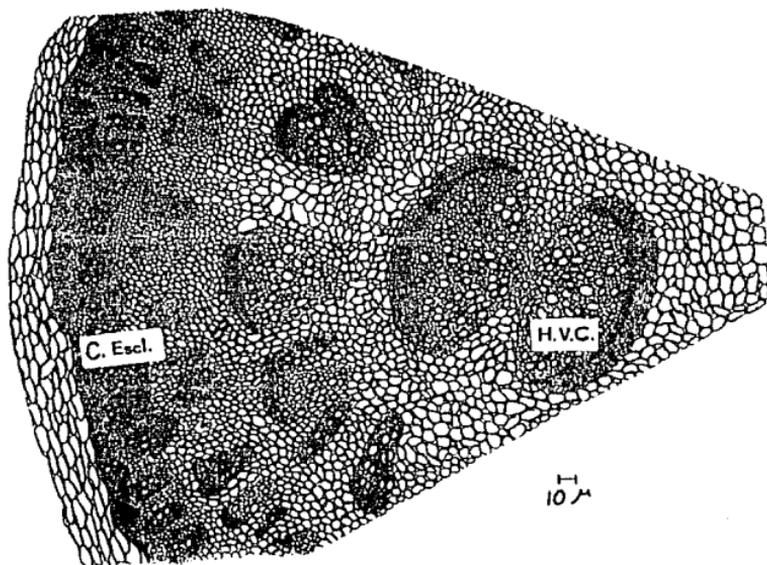
LAMINA XI

Amaranthus hypochondriacus

RAIZ PRINCIPAL (Corte transversal)

Células esclerenquimáticas (C.Escl.), Haz vascular Central (H.V.C.)

vascular; en promedio llegan a medir 10.25 micras. La agrupación de los elementos vasculares y el tejido conjuntivo hacen que este anillo externo sea más continuo (LAMINA XI).



Amaranthus cruentus L.

HOJA.- LAMINA

CUTICULA

En la zona más externa del corte se observa una cutícula lisa que cubre las paredes tangenciales externas de las células epidérmicas. Esta cutícula no es uniforme en grosor en ambas epidermis, ya que en la epidermis adaxial, el grosor es de 2.78 micras, mientras que en la abaxial, el grosor es de 3.59 micras. A nivel de la zona ocupada por la vena central, en la parte abaxial, la cutícula es más gruesa, llegando a medir 5.10 micras aproximadamente.

EPIDERMIS

Está formada por una sola capa de células muy unidas entre sí lateralmente, de formas globosas, redondas y alargadas que presentan diferentes tamaños. En esta epidermis monoestratificada se observa que la pared tangencial interna de las células epidérmicas es delgada, mientras que la externa es ligeramente más engrosada y está completamente cubierta por la cutícula. Para cada epidermis se distinguen dos tamaños diferentes de células, que podríamos denominar como las pequeñas y las grandes.

Las células de la epidermis adaxial son ligeramente más grandes que las de la abaxial, llegando a medir de 26.40 micras las de menor tamaño y 39.75 las más grandes.

Las células de la epidermis abaxial, miden de 20.30 micras las pequeñas a 31.25 micras las de mayor tamaño (FOTO No. 9).

FOTO No. 9

Amaranthus cruentus L.

HOJA : (LAMINA)

EPIDERMIS ABAXIAL Y ADAXIAL (VISTA TRANSVERSAL)



En vista superficial se observa que tanto la epidermis adaxial como la abaxial, presentan células costales e intercostales, además de un gran número de estomas distribuidos irregularmente en toda la superficie.

En la epidermis adaxial, las células costales de formas rectangulares principalmente, forman bandas de 2 a 3 hileras de células que rodean completamente a las venas y que recorren paralelas a ellas, toda la superficie epidérmica en forma irregular.

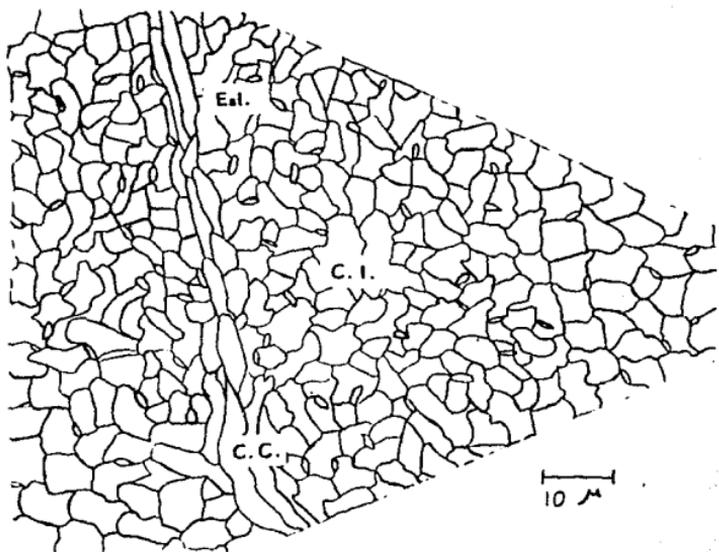
Se observó que estas células costales no son muy evidentes, al grado de llegar a perderse en algunas zonas entre las células intercostales. Presentan paredes anticlinales y lineales delgadas; en cuanto al tamaño, llegan a medir en promedio 107.75 micras de largo por 20.50 micras de ancho aproximadamente. (LAMINA XII)

LAMINA XII

Amaranthus cruentus

EPIDERMIS ADAXIAL DE HOJA (Vista superficial)

Células costales (C.C.); Células intercostales (C.I.); Estomas
anomocíticos (Est.)



Con respecto a las células de la epidermis abaxial, son alargadas en forma de huso y corren paralelamente al eje longitudinal de la vena que acompañan. Sus paredes anticlinales son delgadas y lineales; en promedio llegan a medir de 163.50 micras de largo por 18.80 micras de ancho.

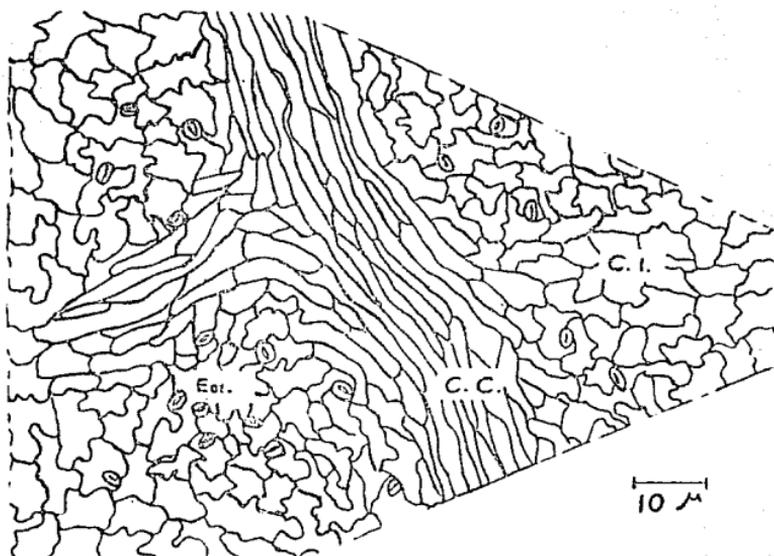
Estas células costales llegan a formar bandas de aproximadamente 8 a 9 hileras celulares. (LAMINA XIII)

LAMINA XIII

Amaranthus cruentus

EPIDERMIS ABAXIAL DE HOJA (Vista superficial)

Células costales (C.C.); Células intercostales (C.I.); Estomas
anomocíticos (Est.)



Las células intercostales en ambas epidermis son más pequeñas que las costales. En la epidermis adaxial estas células son de formas cuadradas y rectangulares, su distribución es irregular en toda la superficie y presentan un tamaño uniforme que oscila en un promedio de 67.25 micras de diámetro.

(FOTO No. 10).

FOTO No. 10

Amaranthus cruentus L.

EPIDERMIS ADAXIAL DE HOJA

CELULAS INTERCOSTALES

FOTO No. 11

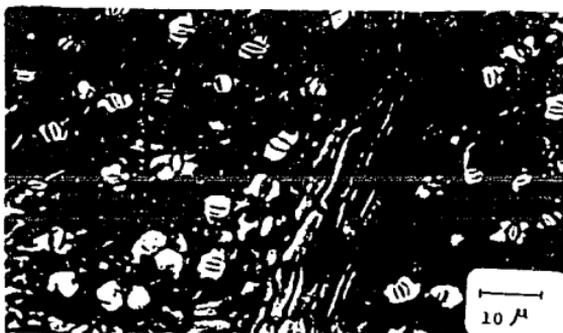
Amaranthus cruentus L.

EPIDERMIS ABAXIAL DE HOJA

CELULAS INTERCOSTALES



Las células intercostales de la epidermis abaxial, son de formas irregulares; presentan paredes anticlinales completamente sinuosas y delgadas. Estas células se distribuyen en forma irregular en la superficie y llegan a medir en promedio 78.30 micras en su eje más largo (FOTO No. 11).



Entre las células intercostales se aprecia un gran número de estomas de tipo anomocítico en ambas epidermis.

No existe un arreglo estomático en particular, ya que los estomas se encuentran distribuidos en forma completamente irregular en toda la zona intercostal.

En la epidermis adaxial, las células oclusivas de los estomas son poco evidentes, resaltando en forma más clara los leves engrosamientos de las paredes internas del ostiolo. Estas células miden en promedio 28.30 micras de largo por 3.87 micras de ancho.

Los estomas de la epidermis abaxial presentan células oclusivas más grandes que los de la adaxial; miden en promedio 30.25 micras de largo por 7.25 micras de ancho.

En estos estomas el engrosamiento de las paredes internas de las células oclusivas a nivel del ostiolo es más marcado y evidente.

El índice estomático de la epidermis adaxial es de 19.09%, mientras que el de la abaxial es de 28.63% .

MESOFILO

Esta compuesto por tejidos de parénquima clorofílico en empalizada hacia la superficie adaxial y parénquima esponjoso hacia la abaxial, además de tejidos vasculares en la parte central y cristales en forma de "arena" y drusas en la misma zona.

El parénquima en empalizada presenta células rectangulares que se distribuyen en forma compacta a lo largo del mesófilo. Sus paredes son delgadas y en su interior contienen un

gran número de cloroplastos de diversos tamaños. Estas células en empalizada miden en promedio de 58.50 micras de largo a 27.00 micras de ancho.

El parénquima esponjoso es prácticamente escaso, ya que se distribuye únicamente en los espacios que separan a una y otra vena. Las células que forman este parénquima son de forma isodiamétrica y ovalada; de paredes delgadas, que en promedio miden 19.25 micras de diámetro.

En la parte central del mesófilo se encuentran las venas con su típica estructura "Kranz", se observan grandes y extendidas (comprenden a las venas secundarias principalmente), o pequeñas y redondas (que comprenden a las terciarias y cuaternarias), todas envueltas por una vaina de células de formas romboédricas o cuadradas muy compactadas unas con otras, conformando la vaina parenquimatosa del haz vascular de cada vena. En el interior de estas células se encuentran un abundante número de cloroplastos, distribuidos hacia la pared tangencial interna de las mismas, que es la que se encuentra en contacto directo con los elementos de conducción de las venas. Estas células envainantes son de paredes delgadas, llegan a medir en promedio de 33.50 a 37.25 micras de diámetro.

LAMINA XIV

Amaranthus cruentus

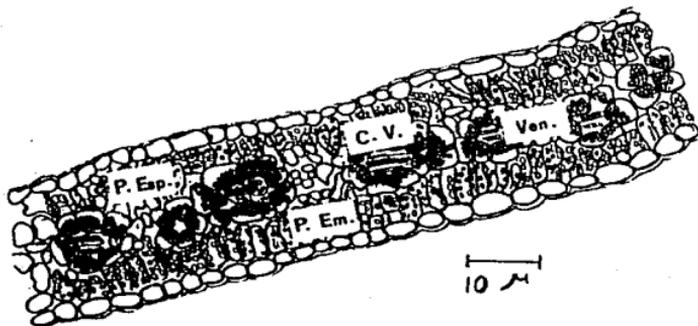
MESOFILO (Corte transversal de hoja)

Parénquima en empalizada (P.Em.); Parénquima Esponjoso (P.Esp.);

Células de la vaina (C.V.) ; **Venas (Ven.)**

Principalmente en la zona abaxial del mesófilo y entre algunos espacios de las venas, se presentan células de diferentes tamaños que son llamadas "Células del mesófilo no Kranz" por no estar asociadas directamente con las venas. Estas células miden 45.00 micras, las de formas rectangulares y 27.25 micras las de formas redondas o cuadradas.

Otros componentes importantes del mesófilo son los cristales de oxalato de calcio en forma de "arena", presentes en el interior de algunas células del parénquima esponjoso y abundantes idioblastos que incluyen acumulaciones de los mismos cristales en forma de "Drusas", localizados en la parte central del mesófilo, principalmente entre las venas. Estas drusas miden aproximadamente 40.50 micras de diámetro en promedio (LAMINA XIV).



VENA CENTRAL

CUTICULA

En la superficie de la vena central se observa una cutícula lisa, gruesa, que mide en promedio 5.10 micras de grosor.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Adyacente a la cutícula y principalmente en la zona adaxial, se encuentra un tejido de sostén que es el colénquima angular, el cual conforma una capa de protección de aproximadamente 6 ó 7 hileras de células con paredes engrosadas no lignificadas, que presentan formas isodiamétricas u ovaladas y que en promedio miden de 15.36 micras en la parte adaxial a 18.48 micras de diámetro en la abaxial. El colénquima que es el tejido de sostén, se observa uniforme en todo el contorno de la vena, tanto adaxial como abaxialmente, excepto en los extremos laterales en los cuales se une o se comunica la vena central con el mesófilo.

En la vena se encontró también la presencia de tejido parenquimático formado por células isodiamétricas muy grandes, de paredes delgadas y tamaños de diámetros variables que oscilan entre 41.25 micras las pequeñas y 116 .75 micras las más grandes.

En el interior de algunas de estas células parenquimáticas se observa la presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de "arena", siendo relativamente pocas células las que los contienen.

FOTO No. 12

Amaranthus cruentus L.

VENA CENTRAL (ARREGLO Y DISTRIBUCION
DE LOS HACES VASCULARES)

TEJIDO VASCULAR

Inmersos en este tejido parenquimático que en conjunto ocupa la mayor parte del volúmen de la vena, se encuentran los haces vasculares, distribuidos algunos en forma de arco o media luna en la parte central de la vena y otros 6 ó 7 haces pequeños independientes, orientados hacia la parte adaxial de la misma.

Los haces vasculares que conforman el arco vascular están más o menos fusionados, pero claramente se distinguen un total de 9 haces separados en ocasiones uno de otro por parénquima fundamental. En cada haz vascular y orientado hacia la parte abaxial, se presenta un grupo de células de paredes gruesas no lignificadas y lumen celular amplio, que en cierta forma protegen o aíslan a cada haz vascular del tejido parenquimático adyacente. Estas células de paredes gruesas conforman una banda de 5 a 6 hileras celulares que presentan un tamaño promedio de 18.25 micras de diámetro (FOTO No. 12).



LAMINA XV

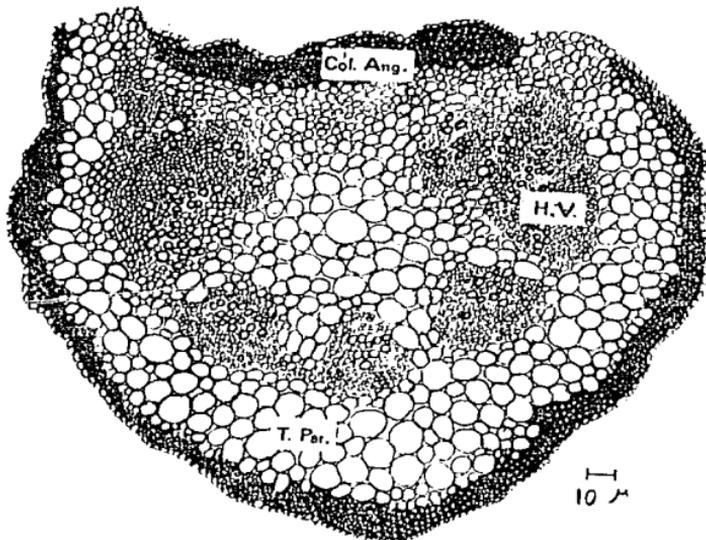
Amaranthus cruentus

VENA CENTRAL (Corte transversal de hoja)

Colénquima angular (Col. Ang.); Haz vascular (H.V.); Tejido parenquimático (T.Par.)

Las células del floema de los haces vasculares son muy pequeñas y por lo mismo poco evidentes; estas células se encuentran orientadas hacia la parte abaxial de la vena y miden aproximadamente 7.00 micras de diámetro. El floema de cada haz está conformado por un sólo paquete.

En cada haz vascular se encuentran de 20 a 25 elementos de vaso de diferentes tamaños, en los cuales resalta claramente el engrosamiento lignificado de sus paredes. Estos elementos de vaso miden 20.25 micras de diámetro los de menor tamaño, hasta 33.75 micras los más grandes. Entre los elementos de vaso del xilema se encuentra otro tipo celular que son las llamadas traqueidas, éstas también presentan engrosamientos no lignificados en sus paredes. El tamaño de estas células es de aproximadamente 13.00 micras de diámetro (LAMINA XV).



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FOTO No. 13

Amaranthus cruentus L.

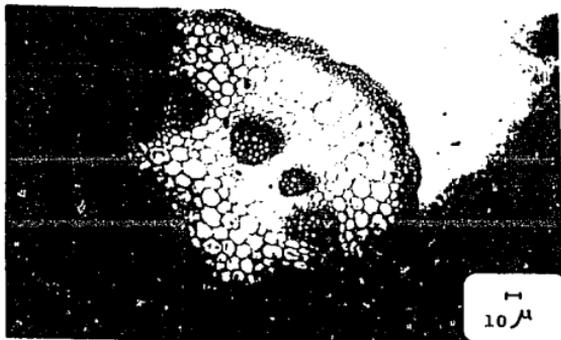
PECIOLO (CONTORNO CONTINUO,
SIN PLEGAMIENTOS)

HOJA.- PECIOLO

En la parte adaxial el peciolo presenta una invaginación muy prolongada hacia el centro del mismo, mientras que en la parte abaxial, su contorno es convexo, uniforme y continuo.

CUTICULA

Se observa de grosor uniforme en todo el contorno del peciolo; es lisa y su grosor es de aproximadamente 3.50 micras (FOTO No. 13).



EPIDERMIS

Formada por células de formas cuadradas u ovaladas de paredes delgadas; en general llegan a medir 16.50 micras de diámetro. Estas células forman una capa continua uniforme en todo el contorno de la superficie del peciolo.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Se compone de algunos tejidos muy importantes como el colénquima angular, que es un tejido de sostén, el cual se compone por alrededor de 5 a 6 capas celulares que forman una banda discontinua pero uniforme en toda su extensión. Las células colenquimáticas en promedio llegan a medir 22.75 micras de diámetro.

Otro tejido importante del peciolo es el parénquima fundamental, de células isodiamétricas con tamaños variables y paredes delgadas. Este parénquima ocupa la mayor parte del volumen del peciolo, principalmente se distribuye en la parte central del mismo en mayor proporción.

En promedio las células isodiamétricas del parénquima cortical miden 62.75 micras de diámetro, mientras que las del parénquima medular, que son las más grandes, llegan a medir de 40.25 a 139.50 micras de diámetro las más grandes.

En algunas células del parénquima tanto cortical como medular, se observa la presencia de una gran cantidad de cristales en forma de "arena", que en ocasiones llegan a cubrir o rellenar todo el volumen celular.

Inmersos en el tejido parenquimático y distribuidos en la parte central del peciolo, se encuentran haces vasculares de diferentes tamaños, arreglados en forma de arco o media luna, separados uno de otro por células parenquimáticas. En total hay alrededor de 10 a 12 haces vasculares formando el arco.

Tanto el número como el tamaño de los haces vasculares está determinado por la fusión parcial o total, o la no fusión entre dos o más haces vasculares pequeños originalmente independientes.

LAMINA XVI

Amarantus cruentus

PECIOLO (Corte transversal)

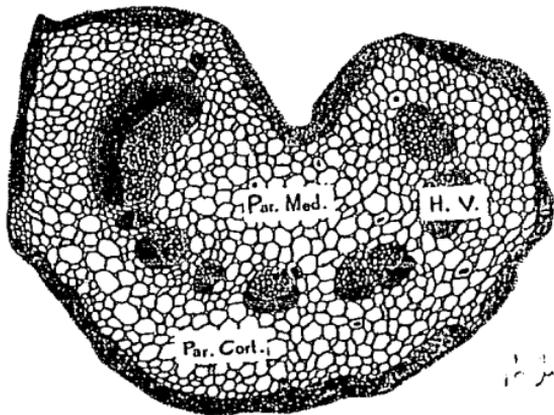
Parénquima cortical (Par. Cort.); Parénquima medular (Par. Med.);

Haz Vascular (H.V.)

Todos los haces vasculares presentan una disposición tal, que el floema se encuentra orientado hacia la parte abaxial y el xilema hacia la parte adaxial del peciolo.

Con respecto al floema, está organizado formando un sólo paquete en cada haz vascular. Las células del floema en su mayoría son pequeñas; algunas presentan contenido celular (células acompañantes), son de formas irregulares y sus paredes son delgadas. Estas células floemáticas llegan a medir en promedio 8.73 micras de diámetro.

Cada haz vascular en promedio está formado por 18 a 30 elementos de vaso de diferentes tamaños, en los cuales es muy evidente el engrosamiento helicoidal y lignificado de sus paredes. Estos elementos de vaso miden desde 8.00 micras hasta 38.00 micras de diámetro los de mayor tamaño (LAMINA XVI).



TALLO PRINCIPAL

Se observa un contorno no uniforme por la presencia de ondulaciones que se presentan en todo el contorno del tallo, en forma de estriaciones muy marcadas y que equivalen a los canales longitudinales que recorren todo el tallo principal y las ramas laterales.

CUTICULA

Lisa, de grosor uniforme, que cubre las paredes tangenciales externas de las células epidérmicas. Su grosor promedio es de 3.50 micras.

EPIDERMIS

Monoestratificada, formada por células globosas, isodiamétricas, de paredes delgadas; muy unidas entre sí y que en promedio llegan a medir 20.50 micras de diámetro.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Adyacente a la epidermis se encuentra el tejido colenquimático angular, el cual está formado por aproximadamente 10 a 12 capas celulares con engrosamientos muy evidentes en sus paredes y que brindan un soporte mecánico muy fuerte a la estructura del tallo. Este tejido continúa en casi todo su contorno, excepto en las zonas donde se presentan las ondulaciones o acanaladuras, en las cuales el tejido colenquimático se interrumpe y en su lugar se observan células parenquimáticas pequeñas. El tamaño de las células que componen el tejido de sostén es de 28.50 micras.

Como parte importante del tejido fundamental, encontramos otro tejido, el parenquimático, distribuyéndose tanto

LAMINA XVII

Amaranthus cruentus

TALLO PRINCIPAL (Corte transversal)

Colénquima Angular (Col. Ang.); Banda esclerenquimática (Band. Escl.);

Haz vascular cortical (H.V.C.); Haz vascular medular (H.V. Med.)

en la zona cortical como en la medular del tallo. En la zona cortical, este parénquima está formado por 7 u 8 hileras de células isodiamétricas, ligeramente ovaladas en algunas zonas, debido a la presión que de alguna forma ejercen las células entre sí. El tamaño de estas células es muy variado llegando a medir desde 98.74 micras hasta 102.00 micras de diámetro las más grandes.

En la zona en la cual se presenta alguna invaginación en el tejido parenquimático cortical, el número de hileras celulares se reduce casi a la mitad, mientras que el tejido colenquimático desaparece completamente para continuar después, más allá de esa zona. En algunas células de este parénquima se observa la presencia de cristales de oxalato en granos no muy finos y en número reducido (LAMINA No. XVII).

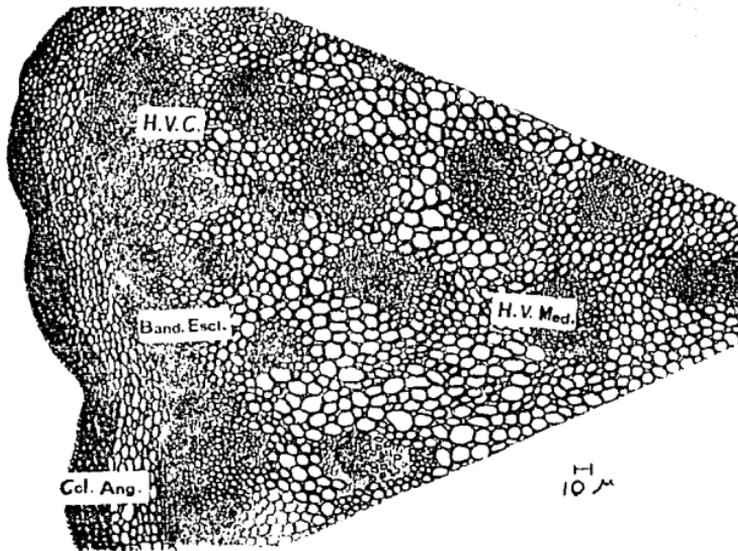


FOTO No. 14

Amaranthus cruentus L.

TALLO PRINCIPAL (CONTORNO)

BANDA ESCLERENQUIMATICA SENCILLA

TEJIDO VASCULAR

Hacia la zona medular del tallo y adyacente al parénquima cortical, se observan de 2 a 3 hileras de células muy pequeñas de forma isodiamétrica y paredes delgadas que se consideran forman el periciclo. Estas células miden en promedio 16.75 micras de diámetro.

Por abajo del periciclo se observa una banda esclerenquimática pequeña formada por alrededor de 12 a 15 hileras de células que muestran sus paredes gruesas y lignificadas. El lumen de estas células es amplio, llegando a medir de 12.54 a 14.50 micras de diámetro.

Entre el periciclo y la banda esclerótica se observa la presencia de tejido floemático bien definido, el cual contiene células pequeñas de paredes delgadas y formas un tanto cuadradas, algunas son las células acompañantes de los elementos cribosos con contenido celular. En promedio, el tamaño de las células floemáticas es de aproximadamente 11.00 micras de diámetro (FOTO No. 14).



En algunos haces vasculares periféricos se observa que el floema está fuera de la banda esclerótica y los elementos del xilema están inmersos en ella, mientras que en otros haces vasculares también periféricos, tanto floema como xilema están inmersos en la banda esclerótica. Los elementos de vaso del xilema que se observan, son de tamaños variables y en cada uno se puede apreciar el engrosamiento helicoidal lignificado de sus paredes. Los elementos de vaso más pequeños miden 38.25 micras de diámetro, mientras que los más grandes llegan a medir 63.00 micras.

En la parte del haz en contacto con la zona medular cada haz vascular así distribuido, está separado de otro por la presencia de células parenquimáticas de paredes delgadas, que a este nivel hacen discontinua a la banda esclerótica.

El parénquima medular del tallo ocupa la mayor parte del volumen de la estructura interna del tallo. Este parénquima está formado por células globosas, isodiamétricas de paredes muy delgadas; son de tamaños diversos, llegando a medir desde 66.25 micras de diámetro a 163.50 las más grandes.

En algunas de estas células parenquimáticas se observa la presencia de cristales de oxalato como granos finos de arena, y en otras se observan cristales compactados en una sola estructura no definida.

Distribuidos espaciada e irregularmente en todo el tejido parenquimático medular, se encuentran haces vasculares colaterales independientes uno de otro.

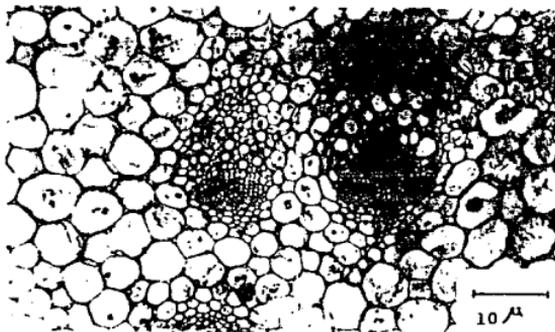
La orientación del xilema y floema es también irregular en cada haz, sobre todo en los que se encuentran en la parte más central; los haces periféricos conservan todos una orientación homogénea en la cual se observa que el xilema se orienta hacia la parte interna del tallo y el floema hacia la externa del

FOTO No. 15

Amaranthus cruentus L.

TALLO PRINCIPAL
HACES VASCULARES CENTRALES
INDEPENDIENTES

mismo (FOTO No. 15).



Las células del floema de los haces vasculares medulares son pequeñas y en general miden 18.25 micras de diámetro.

Un número de 20 a 40 elementos de vaso de tamaños muy variados, forman el xilema de cada haz vascular independiente. El tamaño de estos elementos de vaso, oscila entre las 38.25 micras los más pequeños hasta la 68.00 micras de diámetro los más grandes (LAMINA XVIII).

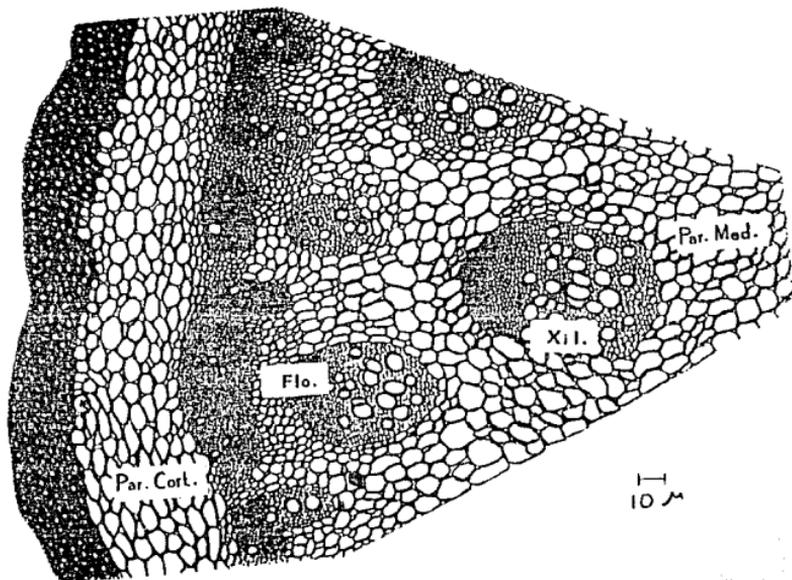
LAMINA XVIII

Amaranthus cruentus

TALLO PRINCIPAL (Corte transversal)

Parénquima Cortical (Par. Cort.); Parénquima Medular (Par. Med.);

Xilema (Xil.) ; Floema (Flo.)



TALLO .- RAMA LATERAL

En el tallo lateral, la distribución de los tejidos es muy similar a la encontrada en el tallo principal, variando únicamente en cuanto al tamaño y la cantidad de tejido.

CUTICULA

En la parte más externa del corte se observa una cutícula lisa que es continua en todo el tallo, a veces se ve interrumpida por la presencia de estomas. En promedio la cutícula mide aproximadamente 3.00 micras de grosor.

EPIDERMIS

Formada por una capa de células compactas, globosas e isodiamétricas, de paredes delgadas. En promedio estas células llegan a medir 17.75 micras de diámetro.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Un total de 10 a 12 hileras de células con paredes engrosadas, forman el tejido de sostén del tallo lateral denominado colénquima angular. Este tejido está distribuido en todo el contorno del tallo exceptuando algunas zonas en las cuales se interrumpe por la presencia de invaginaciones las cuales están conformadas por células parenquimáticas de formas isodiamétricas. El lumen de las células colenquimáticas mide aproximadamente 22.75 micras de diámetro.

El parénquima cortical está formado por alrededor de 6 a 7 hileras de células de formas globosa e isodiamétrica. La disposición y el tamaño de estas células es muy irregular, llegando a medir en promedio 58.50 micras de diámetro.

En algunas de estas células parenquimáticas se presentan abundantes cristales de oxalato de calcio en forma de

LAMINA XIX

Amaranthus cruentus

TALLO, RAMA LATERAL (Corte transversal)

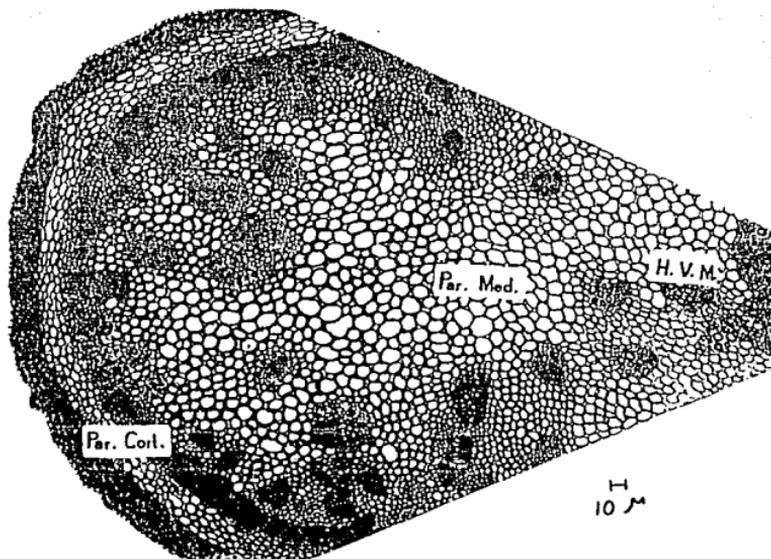
Parénquima cortical (Par. Cort.); Haz Vascular Medular (H.V. M.);

Parénquima medular (Par. Med.)

granos muy finos como arena.

El parénquima medular que ocupa un gran volúmen del tallo, está formado por células globosas, grandes y pequeñas, de formas isodiamétricas, con paredes muy delgadas, observándose las células de mayor tamaño en la parte central del tallo. Estas células miden de 91.00 a 166.50 micras de diámetro.

La presencia del mismo tipo de cristales en forma de arena en esta zona medular es escasa, pues se presentan en una proporción muy pequeña (LAMINA XIX).



TEJIDO VASCULAR

Adyacente al tejido parenquimático cortical se encuentra una banda pequeña de células de esclerenquima, con paredes gruesas poco lignificadas y un lumen celular amplio. Esta banda esclerenquimática en general está formada por 8 a 10 hileras celulares. El tamaño de las células va de 12.25 a 17.25 micras de diámetro aproximadamente.

Hacia la zona más externa de esta banda se localiza el periciclo conformado por 3 ó 4 hileras de células de paredes delgadas, de forma rectangular, tangencialmente alargadas. Miden en promedio 17.75 micras de ancho.

A este nivel, también se observan las células floemáticas de los haces vasculares, estas células quedan fuera de la banda esclerenquimática y se distribuyen en paquetes de células muy pequeñas, de paredes delgadas, formas cuadradas y semicirculares. Algunas células, como las acompañantes de los tubos cribosos, se observan con contenido celular. Estas células floemáticas miden 8.50 micras de diámetro.

Inmersos entre las células esclerenquimáticas se observan los elementos de vaso del xilema de los haces vasculares periféricos, en los cuales es muy evidente el engrosamiento helicoidal de sus paredes, que están completamente lignificadas. El tamaño promedio de estos elementos de vaso es aproximadamente 27.50 micras de diámetro los de menor tamaño, hasta 46.75 micras de diámetro los más grandes.

Cabe mencionar que el número de vasos del xilema que se presentan en los diferentes haces vasculares es muy variado, habiendo haces que llegan a presentar de 1 a 3 vasos xilemáticos de tamaños pequeños; éste obedece en parte al poco crecimiento secundario que se presenta en el tallo lateral y que apenas está en desarrollo.

Con respecto a los haces vasculares medulares, éstos se encuentran inmersos entre las células parenquimáticas, observándose una distribución muy irregular de los mismos.

El tamaño y número tanto de los elementos del xilema como los del floema es muy variado.

en estos haces independientes se observa que el arreglo de los tejidos vasculares a pesar de su distribución irregular, queda bien definido en cuanto a su orientación, encontrándose siempre al floema orientado hacia la parte externa del tallo mientras que el xilema se observa hacia la interna.

El tamaño de las células floemáticas de estos haces medulares es ligeramente mayor al observado en las células floemáticas de los haces periféricos, midiendo en promedio 10.25 micras de diámetro.

Por otra parte, se observa que los elementos del xilema de los haces vasculares medulares, presentan tamaños muy variados que van desde 39.50 hasta 58.00 micras de diámetro los más grandes, que se encuentran ubicados principalmente en la zona más central del tallo. Estos haces contienen en promedio de 17 a 32 elementos de vaso cada uno.

La presencia de cristales en forma de granos finos como arena en el interior de estas células parenquimáticas, es escasa en la zona medular; ya que se presentan en muy pocas células (LAMINA XX).

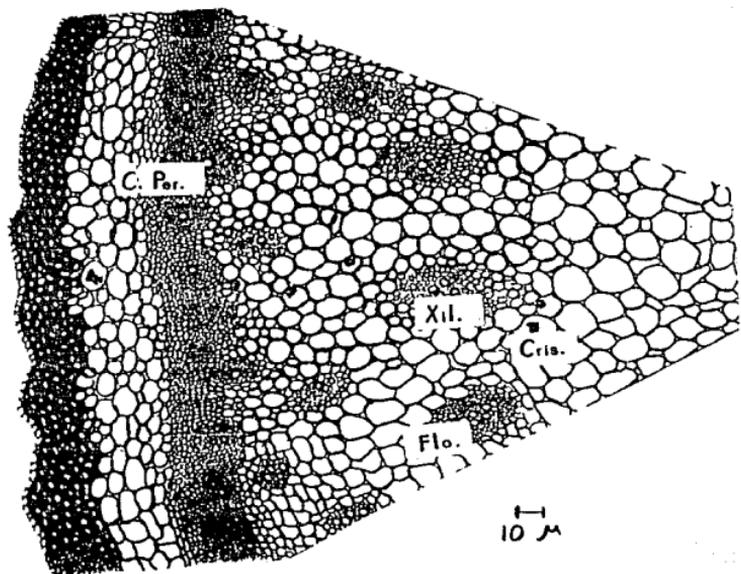
LAMINA XX

Amarantus cruentus

TALLO RAMA LATERAL (corte transversal)

Células del Periciclo (C. Per.); Xilema ; (XIL); Floema (Flo.)

Cristales en forma de "arena" (Cris)



RAIZ PRINCIPAL

En la parte más externa de la raíz, se observa una rizodermis poco desarrollada y desgastada, formada por 2 ó 3 hileras de células un tanto rectangulares muy compactas entre sí y que en general presentan paredes delgadas, excepto las tangencial externas que se observan engrosadas.

La distribución homogénea de estas células que conforman la rizodermis, se ve interrumpida en algunas zonas de crecimiento en las cuales se da origen al desarrollo de raíces laterales. El tamaño promedio de estas células que forman la rizodermis es de 26.75 micras de largo y 11.00 micras de ancho.

TEJIDO FUNDAMENTAL

Adyacente a la rizodermis, se presenta una capa de tejido parenquimático que forma el córtex; este tejido está formado por 3 a 4 hileras de células rectangulares, tangencialmente alargadas, con paredes delgadas, que no presentan un arreglo o distribución uniforme y que en promedio miden de 109.50 a 138.20 micras aproximadamente. Algunas de estas células contienen en su interior una abundante cantidad de cristales en forma de arena que se distribuyen en toda la célula y que en ocasiones llegan a cubrir completamente el interior de la misma.

Distribuidos desde la periferia hasta la parte más central de la raíz se encuentra un elevado número de haces vasculares inmersos en un tejido parenquimático fundamental, de tipo laxo que separa tanto lateral como radialmente a los diferentes haces vasculares. Este tejido parenquimático está formado por células de formas globosas e isodiamétricas, de paredes delgadas y tamaños variables, observándose claramente que

las células ubicadas en la zona periférica son más pequeñas a las observadas como parte central. Las células periféricas miden aproximadamente 40.00 micras de diámetro, mientras que las centrales llegan a medir hasta 62.25 micras.

En algunas células del parénquima fundamental se presentan cristales en forma de arena, observándose en mayor cantidad en las células de la parte central de la raíz.

TEJIDO VASCULAR

El tejido vascular de la raíz se distribuye desde la parte periférica hasta la central de la misma, encontrándose un gran número de haces vasculares formando de 5 a 6 anillos en los cuales se observa un arreglo homogéneo y bien definido de los haces, los cuales van aumentando de tamaño y número a medida que se distribuyen hacia la parte central de la raíz.

Cada anillo está formado por haces vasculares completos con el xilema orientado hacia la parte interna y el floema hacia la externa de la raíz.

Los haces que forman los primeros 2 anillos son pequeños y están compuestos en su mayoría por 2 a 5 elementos de vaso que miden en promedio de 19.85 a 45.98 micras de diámetro.

Los paquetes de floema en estos haces vasculares son muy reducidos y las células que los componen muy pequeñas; de formas cuadradas en su mayoría; miden en promedio 11.57 micras aproximadamente. La presencia de células acompañantes de los elementos cribosos no es muy evidente.

En los anillos más centrales, los haces vasculares son más grandes, tienen mayor cantidad de floema y mayor número de

elementos de xilema. En estos haces vasculares se observan de 7 a 8 elementos de vaso en los más pequeños y 25 a 30 en los más grandes. Estos elementos presentan diversos tamaños y se observa muy evidente el engrosamiento helicoidal y lignificado de sus paredes. El tamaño promedio de estos elementos va desde 26.00 hasta 63.00 micras de diámetro los más grandes.

Las células de floema son más definidas que las de los haces vasculares periféricos y tienen formas cuadradas y ovaladas; la pared celular es muy delgada y en promedio miden de 16.30 a 17.50 micras de diámetro.

La presencia de células acompañantes no es muy abundante entre los elementos de este tejido floemático y más bien, son inconspicuas.

Estos haces centrales al igual que los mencionados anteriormente se encuentran separados unos de otros por células parenquimáticas y globosas de formas isodiamétricas y paredes delgadas que en promedio miden 62.25 micras de diámetro.

Justamente en el centro de la raíz se presentan 2 haces vasculares muy prominentes, formados a su vez por haces pequeños que se agruparon y se arreglaron en una forma denominada "Diarca", por tratarse de 2 secciones encontradas a manera de arco, en los cuales el tejido xilemático de uno de los haces se orienta hacia el tejido xilemático del otro.

Estos haces están unidos únicamente por el centro y están separados del resto del tejido vascular por la presencia de células parenquimáticas distribuidas en forma radial entre los 2 haces.

Los elementos de vaso de estos haces vasculares miden en promedio de 29.50 a 76.75 micras de diámetro. Mientras que los elementos del floema se observan más definidos, de formas

FOTO No. 16

Amaranthus cruentus L.

RAIZ (HACES VASCULARES CENTRALES
FORMANDO LA "DIARCA", CON MENOR
NUMERO DE ELEMENTOS DE VASO)

isodiamétricas, con paredes delgadas y que en promedio miden 21.25 micras aproximadamente. En alguna de estas células se observan contenidos celulares (FOTO No. 16).



Todos los haces vasculares que se distribuyen en la periferia de esta raíz presentan en su tejido xilemático un tipo de células de paredes gruesas no lignificadas y lumen amplio, que forman lo que se denomina como "parénquima xilemático", que es un tipo de tejido que puede llegar a formar elementos de vaso al diferenciarse.

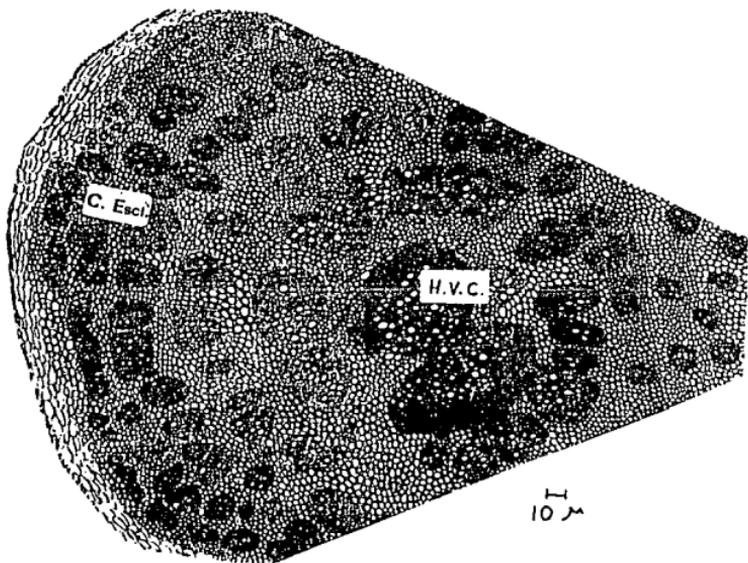
Este tipo de células rodean por completo a los elementos de vaso de cada haz vascular. Su forma en general es un tanto cuadrada y miden en promedio 16.52 micras aproximadamente (LAMINA XXI).

LAMINA XXI

Amaranthus cruentus

RAIZ PRINCIPAL (Corte transversal)

Células esclerenquimáticas (C.Escl.); Haz Vascular Central (H.V.C.)



DISCUSION

CARACTERISTICAS QUE COMPARTEN LAS ESPECIES

Durante la colecta y selección del material con el cual se inició el estudio anatómico del género Amaranthus, se observó que la morfología externa de las especies en estudio, (A. hypochondriacus y A. cruentus) era evidentemente diferente una de otra. Las plantas de A. hypochondriacus son altas, de aproximadamente 1.50 a 2.00 metros o más de altura y presentan tallo grueso. Las plantas de A. cruentus por otra parte, son de tamaño pequeño en comparación a la primera; aproximadamente de 1.20 a 1.50 metros de altura y de tallos delgados.

Tomando en cuenta que las plantas seleccionadas para trabajar fueron colectadas en la misma zona y que por lo tanto comparten características ambientales semejantes, así como suelo, humedad, etc. las semejanzas y diferencias observadas en su estructura interna, posiblemente atenderán a características propias de la especie, principalmente las diferencias encontradas y a características propias del género, tomando en cuenta las semejanzas que comparten.

Retomando los objetivos planteados en este trabajo de resaltar aquellas características que asemejen o diferencien a las especies, con el fin de proponer características diagnósticas que evidencien a las mismas, a continuación se mencionan las características compartidas por ambas y que probablemente sean comunes en el género.

En la epidermis adaxial, las células intercostales guardan un arreglo muy semejante una y otra, presentando una forma y tamaño similar en su estructura.

El tipo de estomas anomocítico, así como la forma

arriñonada de las células oclusivas, es compartida por ambas especies y según datos que se tienen de estudios de hoja en otras especies (Fisher, 1982), se concluye que éste es un carácter que comparten a nivel de género.

En la epidermis abaxial de hoja se observa que también las células intercostales y el tipo de estomas con respecto a su forma, son similares en las dos especies.

En el corte transversal de hoja a nivel de la lámina, se aprecian un gran número de caracteres semejantes en los diferentes tejidos que componen la estructura interna de ambas, tales como la forma y tamaño de las células epidérmicas, el tipo de mesófilo bifacial compuesto por tejido parenquimático en empalizada (clorofílico) y parénquima esponjoso.

Otro carácter que comparten es la distribución, forma y tamaño de las células de la vaina, así como el contenido, cantidad y distribución de los cloroplastos.

La cantidad de cristales en forma de "arena" es similar en ambas especies.

En el corte transversal de hoja a nivel de la vena central y el peciolo, se observaron algunas semejanzas como el grosor de la cutícula, tamaño y forma de las células epidérmicas y la distribución del tejido fundamental.

En general, el arreglo y distribución de los tejidos vasculares en la vena central es muy diferente en una y otra especie; no así en el arreglo y distribución de los mismos, en el peciolo, que es muy parecido y dista sólo en cuanto a cantidad y tamaño de elementos vasculares.

A nivel del tallo, tanto principal como lateral, ambas especies comparten algunos caracteres tales como el grosor de la

cutícula, la cual a pesar de tener la planta un crecimiento secundario, aún permanece uniforme en todo el contorno del mismo; las células epidérmicas son también evidentes y no se desarrolla una peridermis en ninguna de las dos especies, todo ésto puede ser atribuido en parte al crecimiento secundario anómalo del que es característico este género.

La distribución del tejido vascular en el tallo principal y lateral es muy irregular en ambas especies, atendiendo esta irregularidad principalmente a la distribución específica de los haces vasculares de esta planta dicotiledónea, que dista mucho del arreglo del tejido vascular de la mayoría de las plantas dicotiledóneas el cual se distribuye completamente en forma de anillos tanto del floema como del xilema y en vez de este arreglo, se observan haces colaterales independientes uno de otro que se distribuyen en forma azarosa en el tejido parenquimático de este órgano; pero aún así, el arreglo es homogéneo, presentando un mismo patrón de crecimiento secundario anómalo en el tallo de ambas.

Los tejidos que conforman la estructura interna del tallo presentan uniformidad en cuanto al tamaño y formas celulares, así como en la distribución y abundancia de los mismos. Lo anterior varía un poco en el tejido colenquimático y el vascular en una y otra especie, ya que se observan diferencias muy marcadas principalmente en lo que a abundancia de estos tejidos se refiere, observándose claramente una relación directa entre morfología externa y estructura interna en estas dos especies estudiadas.

Respecto a la raíz, en forma general, la distribución y arreglo de los tejidos, así como también la abundancia de los mismos es semejante en ambas especies.

Las formas celulares así como el número de capas que conforman la estructura interna de la raíz en algunos tejidos es

similar, observándose ésto en la rizodermis, cortex y tejido parenquimático cortical y medular principalmente.

La distribución y arreglo del tejido vascular es a base de "anillos" formados por haces vasculares con xilema y floema, independientes uno de otro, de forma un tanto alargada y perpendiculares al eje longitudinal del órgano.

Este arreglo vascular así distribuido, guarda relación en el patrón de distribución en una y otra especie, variando solamente en el número de anillos que se observan en cada una y que son de 4 a 5 en A. hypochondriacus y 5 a 6 en A. cruentus. El tamaño de los haces vasculares es también semejante en ambas especies, no así el número de elementos que conforman cada haz vascular, el cual es mayor en A. hypochondriacus.

Una observación muy importante es la presencia de tejido floemático joven en la raíz de ambas plantas, las cuales presentaban un crecimiento secundario y una madurez total en el momento de la colecta.

Esta característica observada puede deberse al crecimiento secundario anómalo característico de este género.

DIFERENCIAS ANATOMICAS ENTRE LAS ESPECIES

Cabe mencionar y como se dijo en un principio, las diferencias entre las especies se observan aún en la morfología externa de las mismas, siendo evidente el tamaño en general de ambas plantas, la diferencia en el follaje (hojas) y el tamaño de las inflorescencias.

Con respecto a las características que muestran la separación entre las especies, por presentarse en alguna de ellas y no ser compartida por la otra, o que simplemente muestran diferencias en el arreglo y distribución de su estructura interna, se enlistan a continuación las características más evidentes que diferencian a una especie de la otra, además de la elaboración de tablas comparativas que ilustran en una forma más concreta estas características.

En vista superficial en la epidermis abaxial, se observó que las células costales diferían bastante en una y otra especie, principalmente en lo que respecta al tamaño; la característica anterior atiende a la morfología de la estructura externa de la planta correspondiendo el mayor tamaño de las células costales a la epidermis de A. hypochondriacus (207.25 micras), que además tiene una relación directa con el tamaño en longitud de la planta; no así, en la planta de A. cruentus que es de menor tamaño en cuanto a longitud y que por lo tanto, el tamaño de sus células costales es también menor (163.50 micras).

Otra diferencia muy evidente se observó en los valores del índice estomático de ambas especies, el cual es más elevado en la epidermis abaxial de A. cruentus (28.63 %), en comparación al observado en la epidermis abaxial de A. hypochondriacus que tiene un promedio de 15.85 % (tabla comparativa No. I).

Al analizar las cifras de estos índices estomáticos y

tomando en cuenta que la planta de A. hypochondriacus es de tamaño mayor, con grandes panículas y follaje exhuberante y que por lo mismo tiene más capacidad tanto de almacenamiento de agua como de pérdida de la misma a través de los estomas presentes en las hojas y tallos, creemos que debido a su "necesidad" mayor de almacenar agua para distribuirla en todos sus tejidos, el número de estomas debe ser reducido para evitar la pérdida de agua necesaria en un momento determinado tanto para su desarrollo, como para la producción de grano, la cual es mayor en A. hypochondriacus que en A. cruentus; mientras que por otro lado, la planta de A. cruentus es menor en tamaño y no presenta demasiado follaje ni grandes panículas que requieran gran almacenamiento de agua, por lo que el número de estomas debe ser elevado para desechar el agua que no requiera la planta.

Por todo lo anterior, consideramos ésto como una diferente estrategia adaptativa de dos especies que se han cultivado en un ambiente similar, reflejando con ello que sus fisiologías son distintas.

Por otra parte, en el corte transversal de hoja se observó que a nivel de cutícula el engrosamiento es mayor en A. hypochondriacus (5.50 micras); mientras que en A. cruentus la cutícula en la hoja presenta un grosor de 2.78 micras.

En cuanto a la epidermis, la epidermis abaxial en A. hypochondriacus presenta un grosor promedio de 4.25 micras, mientras que en A. cruentus, la epidermis abaxial mide 3.59 micras aproximadamente (tabla comparativa No. II).

En A. hypochondriacus al nivel del peciolo se observan dos ondulaciones o protuberancias en su contorno; esta característica no es compartida por A. cruentus, en la cual se observa que el peciolo en su contorno es continuo.

En cuanto a la estructura interna las más notables

diferencias se observan en los haces vasculares que son más numerosos en A. hypochondriacus, observándose de 8 a 13 haces vasculares independientes uno de otro y distribuidos en forma de media luna en la parte adaxial del peciolo. En A. cruentus el número de haces vasculares es de 10 a 12.

En los haces vasculares del peciolo de ambas especies, varía el tamaño y número de los elementos de vaso que los conforman, observándose mayor número de elementos en A. cruentus (18 a 30), mientras que en A. hypochondriacus se observan de 15 a 25 en cada haz.

En la mayoría de los haces que conforman el tejido vascular, el tamaño promedio de los elementos de vaso es muy variado en cada especie, llegando a medir de 8 a 38 micras de diámetro en A. cruentus y de 12 a 18 micras en A. hypochondriacus (tabla comparativa No. II).

A nivel del tallo tanto principal como lateral el colénquima angular como tejido de sostén es el que presenta mayores diferencias en cuanto a tamaño y número de hileras celulares en una y otra especie. Así, observamos que en A. hypochondriacus las células colenquimáticas miden 40.05 micras de diámetro y abarcan un total de 6 a 7 hileras celulares. Por otra parte, en A. cruentus el tamaño de las células colenquimáticas es de aproximadamente 28.50 micras de diámetro y el número de hileras celulares que se presentan es de 10 a 12.

Se observa que la "calidad" de sostén que le da este tejido a la planta, no es en base al número de hileras celulares, sino al tamaño y grosor de las células en sí.

De lo anterior se observa que tomando en cuenta el grosor del tallo en A. hypochondriacus se esperaría observar un mayor número de hileras celulares del tejido de sostén, que

respondiera a la función de soporte del tallo, pero en vez de eso se observa un número reducido de hileras celulares y lo que en realidad responde a la función de sostén es el tamaño de las células colenquimáticas y principalmente el engrosamiento angular de las paredes celulares de las mismas.

En A. cruentus por el contrario, el tallo es delgado y no requiere de abundante tejido de sostén, observándose un mayor número de hileras celulares (10 a 12) y un tamaño reducido en las células que conforman este tejido colenquimático.

Con respecto al tejido esclerótico, las células esclerenquimáticas son de mayor tamaño en A. hypochondriacus, llegando a medir de 15.50 a 23.50 micras de diámetro, mientras que en A. cruentus estas células miden de 12.54 a 14.50 micras, observándose claramente un mayor grado de lignificación en la primera especie. (tabla comparativa No. III).

Todas las características mencionadas anteriormente son de suma importancia por reflejar diferencias anatómicas significativas entre una y otra especie, las cuales además, pueden ser definitivas para esclarecer algún problema taxonómico de las especies o variedades en estudio. Cabe en este momento hacer la aclaración de que la finalidad de este trabajo no es en sí hacer taxonomía ni mucho menos, pero sí aportar elementos que en un momento determinado puedan ser utilizados con ese fin por un especialista en el ramo.

En México, los estudios anatómicos no han sido lo suficientemente retomados, entre otras causas por no considerar a la anatomía como lo que es, una disciplina ampliamente descriptiva que como ya se mencionó anteriormente puede llegar a proporcionar datos y elementos muy importantes de las características estructurales internas de los vegetales, los cuales apoyados en otras disciplinas proporcionarían elementos de validez taxonómica para las especies que presentan polémica en su

ubicación en este sentido; es por ésto que los trabajos que se han realizado sobre estos aspectos en plantas, contemplando únicamente los órganos vegetativos de las mismas, son realmente pocos, e incluso enfocados la mayoría de las veces a aspectos puramente bioquímicos o fisiológicos, más que para conocer la estructura interna de éstos.

Se ha observado que de estos trabajos anatómicos de que se tiene conocimiento se ha manejado principalmente el estudio de la hoja que es el órgano del cual se obtiene bastante información importante para conocer gran parte de la fisiología de la planta.

En este sentido se puede dar cuenta de que las plantas en su mayoría no han sido estudiadas completamente para conocer las características anatómicas de los órganos vegetativos de la mayoría de ellas. Existen especies que han sido trabajadas, pero en ninguno de estos estudios se han encontrado datos de toda la planta, se trabajan aisladamente aspectos bioquímicos de la hoja, contenidos de cristales, distribución de haces vasculares en tallo, etc.

En una inquietud por conocer dos especies del género Amaranthus en su aspecto anatómico, surge el desarrollo del presente trabajo por medio del cual se lograron ajustar técnicas de deshidratación, inclusión en parafina y tinción, para llevar a cabo el estudio de los órganos vegetativos de las dos especies con las cuales se trabajó, habiendo pequeñas modificaciones en cuanto a la técnica en el estudio de una y otra especie, dadas las características específicas de cada una de ellas.

Cabe mencionar que el tiempo que se invirtió en establecer o ajustar las técnicas, fue largo, pero una vez logrado ésto, el estudio de estas plantas pudo ser efectuado en menor tiempo y con resultados muy satisfactorios que permitieron establecer semejanzas y diferencias muy importantes entre las especies estudiadas.

De las diferencias observadas, se piensa que pueden ser caracteres específicos de cada especie que pueden tomarse como diagnósticos para proporcionar elementos importantes a la taxonomía y de esta manera contribuir a su delimitación.

Los estudios preliminares anatómicos que se han realizado en A. hypochondriacus y A. cruentus en sus órganos vegetativos, son un inicio para esclarecer algunas inquietudes que sobre este género se tienen, pero se está consciente de que falta mucho por hacer y de que en alguna forma estos primeros resultados que aporta este trabajo, son parte de las bases que se deben establecer para partir de datos concretos y específicos, los cuales poco a poco nos permiten ubicar a cada especie por sus caracteres anatómicos que presente.

TABLAS COMPARATIVAS DE LAS DIFERENCIAS ANATOMICAS
 ENCONTRADAS ENTRE A. hypochondriacus L. Y A. cruentus L.

TABLA No. I.-

EPIDERMIS DE HOJA (VISTA SUPERFICIAL)

A D A X I A L

CARACTER		<u>A. hypochondriacus</u> L.	<u>A. cruentus</u> L.
CELULAS	LARGO	71.50 micras \pm 0.18	107.75 micras \pm 0.64
COSTALES	ANCHO	24.25 micras \pm 0.16	20.50 micras \pm 0.13
CELULAS	LARGO	23.25 micras \pm 0.78	28.30 micras \pm 0.12
OCCLUSIVAS	ANCHO	10.75 micras \pm 0.05	3.87 micras \pm 0.03
I. ESTOMATICO		16.90 $\%$ \pm 2.32	19.09 $\%$ \pm 2.62

A B A X I A L

CELULAS	LARGO	207.25 micras \pm 0.91	163.50 micras \pm 0.81
COSTALES	ANCHO	19.75 micras \pm 0.09	18.80 micras \pm 0.17
I. ESTOMATICO		15.86 $\%$ \pm 2.15	28.63 $\%$ \pm 3.51

TABLA No. II.-

HOJA (VISTA TRANSVERSAL)

L A M I N A

CARACTER		<u>A. hypochondriacus</u> L.	<u>A. cruentus</u> L.
GROSOR CUTIC.	ADAXIAL	5.50 micras \pm 0.04	2.78 micras \pm 0.01
CELULAS EPIDERMICAS	TAMAÑO	28.25 \pm 0.30 a 36.96 \pm 0.32 micras	20.30 \pm 0.27 a 31.25 \pm 0.39 micras
ABAXIALES	FORMA	ISODIAMETRICA	RECT. E ISODIAMETRICA
CELULAS DEL PARENQUIMA ESPONJOSO	DISTRIBUCION	EN EL EXTREMO ABAXIAL DE LA HOJA, ENTRE Y POR DEBAJO DE LOS HACES	ENTRE LAS VENAS
CELULAS DEL MES. NO KRANS	DISTRIBUCION	ZONA ADAXIAL Y ABAXIAL DE LAS HOJAS	ENTRE LAS VENAS Y ZONA ADAXIAL
CRISTALES EN FORMA DE DRUSA	TAMAÑO	52.75 \pm 0.50 micras	40.50 \pm 0.39 micras
		MUY ABUNDANTES	FRECIENTES

TABLA No. II.-

VENA CENTRAL

CELULAS CO-LENQUIMATICAS ADAXIALES	TAMAÑO	11.00 0.18 micras	15.36 0.11 micras
	HILERAS	2 a 3	3 a 4
CELULAS CO-LENQUIMATICAS ABAXIALES	TAMAÑO	27.50 ± 0.25 micras	18.48 ± 0.13 micras
	HILERAS	2 a 3	6 a 7
CELULAS PARENQUIMATICAS	TAMAÑO	34.00 ± 0.27 a 66.25 ± 0.54 micras	41.25 ± 0.41 a 116.75 ± 0.50 micras
	NUMERO DE HACES VASCULARES	3, DOS PEQUEÑOS Y UNO PROMINENTE, DISTRIBUIDOS EN FORMA DE ARCO O MEDIA LUNA	6 ó 7 HACES PEQUEÑOS ORIENTADOS HACIA LA PARTE ADAXIAL DE LA VENA
ELEMENTOS DE VASO DEL XILEMA	NUMERO	50 a 52	20 a 25
	TAMAÑO	16.00 ± 0.19 a 28.50 ± 0.19 micras	20.25 ± 0.06 a 33.75 ± 0.14 micras
CRISTALES EN FORMA DE "ARENA"		ABUNDANTES, EN CELS. PARENQUIMATICAS CORTICALES Y MEDULARES	FRECUENTES, EN CELS. DEL PARENQUIMA CORTICAL PRINCIPALMENTE

TABLA No. II.-

PECIOLO

CARACTER		<u>A. hypochondriacus</u> L.	<u>A. cruentus</u> L.
CONTORNO		CON PLEGAMIENTOS U ONDULACIONES Y UNA INVAGINACION ADAXIAL	CONTINUO CON UNA INVAGINACION LEVE EN LA ZONA ADAXIAL
CUTICULA	GROSOR	5.50 ± 0.02 micras	3.50 ± 0.03 micras
CELULAS EPIDERMICAS	TAMAÑO	20.00 ± 0.20 micras	16.50 ± 0.10 micras
	FORMA	ISODIAMETRICA	CUADRADA Y OVALADA
CELS. PARENQUIMATICAS CORTICALES	TAMAÑO	47.50 ± 0.44 micras	62.75 ± 0.47 micras
	FORMA	ISODIAMETRICA Y OVAL.	ISODIAMETRICA
CELS. PARENQUIMATICAS MEDULARES	TAMAÑO	35.87 ± 0.20 micras	40.25 ± 0.21 micras
		110.25 ± 1.27 micras	139.50 ± 0.61 micras
	FORMA	ISODIAMETRICAS	ISODIAMETRICAS
ELEMENTOS DE VASO DEL XILEMA	NUMERO	15 a 25 EN CADA HAZ	18 a 30 EN CADA HAZ
	TAMAÑO	12.00 ± 0.17 a 18.00 ± 0.19 micras	8.00 ± 0.15 a 30.00 ± 0.18 micras
CRISTALES EN FORMA DE ARENA		FRECUENTES	MUY ABUNDANTES

TABLA No. III.-

TALLO (VISTA TRANSVERSAL)

PRINCIPAL

CARACTER		<u>A. hypochondriacus</u> L.	<u>A. cruentus</u> L.
CUTICULA	GROSOR	4.30 ± 0.03 micras	3.50 ± 0.02 micras
CELULAS COLENQUIMATICAS	TAMAÑO	40.05 ± 0.23 micras	28.50 ± 0.21 micras
	HILERAS	6 a 7	10 a 12
CELULAS PARENQUIMATICAS CORTICALES	TAMAÑO	121.10 ± 0.70 micras a	98.74 ± 0.98 micras a
		143.75 ± 0.81 micras	102.00 ± 1.26 micras
	FORMA	RECTANGULAR Y OVALADA	ISODIAMETRICA Y OVAL.
CELULAS PARENQUIMATICAS MEDULARES	TAMAÑO	81.25 ± 0.55 micras a	66.25 ± 0.30 micras a
		144.25 ± 1.36 micras	163.50 ± 1.19 micras
	FORMA	ISODIAMETRICA	ISODIAMETRICA
CELULAS ESCLERENQUIMATICAS	TAMAÑO	15.50 ± 0.10 micras a	12.54 ± 0.02 micras a
		23.50 ± 0.11 micras	14.50 ± 0.09 micras
	HILERAS	13 a 25	9 a 15
ELEMENTOS DE VASO DEL XILEMA CORT.	NUMERO DE ELEMENTOS	1 a 10	1 a 7
	TAMAÑO	25.00 ± 0.08 micras a	38.25 ± 0.31 micras a
		59.00 ± 0.15 micras	63.00 ± 0.53 micras

TABLA No. III.-

CONTINUACION ...

HACES VASCULARES MED.	DISTRIBUCION	IRREGULAR, TENDIENDO A FUSIONARSE	IRREGULAR, POCO ASOCIADOS Y FUSIONADOS
ELEMENTOS DE VASO DEL XILEMA DE LOS HACES VASCULARES MEDULARES	NUMERO DE ELEMENTOS	16 a 62	20 a 40
	TAMAÑO	30.50 ± 0.09 micras a	38.25 ± 0.18 micras a
		62.50 ± 0.41 micras	68.00 ± 0.44 micras

TABLA No. III.- RAMA LATERAL

CARACTER		<u>A. hypochondriacus</u> L.	<u>A. cruentus</u> L.
CELULAS COLEQUIMATICAS	TAMAÑO	28.25 ± 0.97 micras	22.75 ± 0.10 micras
	HILERAS	7 a 9	10 a 12
CELULAS PARENQUIMATICAS MEDULARES	TAMAÑO	98.00 ± 0.67 micras a 186.20 ± 0.77 micras	91.00 ± 0.48 micras a 166.50 ± 0.72 micras
	FORMA	ISODIAMETRICA Y OVALADA	ISODIAMETRICA
ELEMENTOS DE VASO DEL XILEMA DE LOS HACES VASCULARES CORTICALES	NUMERO DE ELEMENTOS	3 a 16	1 a 3
	TAMAÑO	27.00 ± 0.21 micras a 56.25 ± 0.30 micras	27.50 ± 0.24 micras a 46.75 ± 0.21 micras
ELEMENTOS DE VASO DEL XILEMA DE LOS HACES VASCULARES MEDULARES	NUMERO DE ELEMENTOS	8 a 30	17 a 32
	TAMAÑO	38.02 ± 0.21 micras a 69.00 ± 0.35 micras	39.50 ± 0.27 micras a 58.00 ± 0.21 micras
CRISTALES EN FORMA DE "ARENA"		ABUNDANTES, ZONA CORTICAL Y MEDULAR	FRECENTES, ZONA CORTICAL PRINCIPALMENTE

TABLA No. IV.-

RAIZ (VISTA TRANSVERSAL)

CARACTER	<u>A. hypochondriacus</u> L.	<u>A. cruentus</u> L.
ELEMENTOS DE VASO DE LOS HACES PERIFERICOS	NUMERO 1 a 3	2 a 5
	TAMAÑO 17.21 ± 0.08 micras	19.85 ± 0.13 micras
	a	a
	20.50 ± 0.21 micras	45.98 ± 0.41 micras
ELEMENTOS DE VASO DE LOS HACES VASCULARES QUE FORMAN LA DIARCA	NUMERO 140 Aproximadamente	108 aproximadamente
	TAMAÑO 25.30 ± 0.18 micras	29.50 ± 0.25 micras
	a	a
	68.80 ± 0.21 micras	76.75 ± 0.28 micras

CONCLUSIONES

- 1.- Existen diferencias anatómicas entre las especies estudiadas y estas diferencias están fuertemente relacionadas con la estructura interna particular de cada una de ellas.
- 2.- Para el estudio anatómico de ambas especies se ajustaron técnicas histológicas adecuadas para cada una de ellas, obteniendo satisfactorios resultados y facilitando con ello además, el estudio de posteriores trabajos que deseen realizarse de este género.
- 3.- Los órganos vegetativos muestreados en este trabajo, proporcionaron datos muy valiosos en cuanto al conocimiento de la estructura interna de cada especie, los cuales nos permitieron detectar diferencias y semejanzas entre ambas.
- 4.- Se encontraron diferencias anatómicas relevantes en la hoja y el tallo de ambas especies, a saber:

HOJA

- a).- Tamaño de las células costales en ambas epidermis.
- b).- Valores de Índice Estomático en ambas epidermis.

TALLO PRINCIPAL

- a).- Tamaño y número de hileras celulares en el tejido colenquimático.
- b).- Asociación de haces vasculares medulares.

- 5.- Si bien existen diferencias, también se encuentran caracteres anatómicos similares en ambas especies, éstos son:

H O J A

- a).- Distribución y arreglo de células intercostales en ambas epidermis.
- b).- Tipo de estomas
- c).- Presencia de estructura "Kranz"

T A L L O

- a).- Arreglo del tejido vascular según un patrón de crecimiento secundario anómalo.
- 6.- A nivel de raíz no se encontraron diferencias relevantes para distinguir a ambas especies.
- 7.- Aún falta mucho por estudiar al respecto de este género y sus especies. Los datos y descripciones que aquí se proporcionan no son determinantes ni mucho menos concluyentes, ya que es necesario muestrear más a estas especies para poder ubicar mejor las características de valor taxonómico, si se pueden determinar así, que se observen; pero es necesario tener más elementos para ello.
- 8.- Para poder continuar los estudios de este género y tener más confiabilidad en los resultados que se obtienen para establecer caracteres diagnóstico, una propuesta sería muestrear a cada especie en su estado silvestre, ya que las plantas estudiadas en este trabajo, fueron colectadas de una zona de cultivo, en un ambiente diferente al suyo originalmente.

- 9.- Se podría plantear el objetivo de conocer hasta donde las plantas de determinada especie pueden adaptarse o no a diferentes ambientes y si por ello varía o no su morfología externa o interna, teniendo presente que la plasticidad genética de estas especies es muy amplia.

- 10.- Si se busca detectar caracteres diagnósticos, es importante ampliar todos estos estudios y además tratar de integrarlos con datos proporcionados por otras disciplinas para obtener así, elementos valiosos y determinantes.

A N E X O S

ANEXO No. 1

PREPARACION DE F. A. A. (Sass, 1961).

El F.A.A. es una solución utilizada para fijar todo el material vegetal que se desee analizar en un momento determinado. Este fijador conserva y mantiene indefinidamente el material hasta antes de su análisis.

Para preparar 100 ml. de esta solución se realiza la siguiente mezcla:

Alcohol etílico absoluto	50 ml.
Acido acético glacial	05 ml.
Formol comercial al 40 %	10 ml.
Agua destilada	35 ml.

ANEXO No. 2

PREPARACION DE SAFRANINA "O"

La Safranina "O" actúa como un colorante básico, siendo selectivo para teñir estructuras nucleares, paredes celulares lignificadas y paredes cutinizadas.

Se prepara de la siguiente forma:

Safranina "O"	01 grm.
Metilcelosolve	50 ml.
Alcohol al 96 %	25 ml.
Acetato de sodio	01 grm.
Formol comercial	02 ml.

Se disuelve la safranina en el metilcelosolve y después se le agrega el alcohol y el agua y posteriormente el acetato y el formol.

ANEXO No. 3

PREPARACION DE GELATINA GLICERINADA (Sass, 1961).

Los materiales que van a ser montados en gelatina glicerizada, deben trabajarse durante su técnica de deshidratación por medio del proceso de evaporación de glicerina. Esta técnica es muy común para montar preparaciones elaboradas con la técnica de barniz. La forma de prepararse es la siguiente:

Gelatina	05 grm.
Agua	30 ml.
Glicerina	35 ml.
Fenol al 10 %	05 grm.

Disolver la gelatina en el agua a 35 °C. después adicionar los otros ingredientes. Con un papel filtro en forma de embudo, filtrar la solución mientras esté caliente.

ANEXO No. 4

PREPARACION DE VERDE RAPIDO

El verde rápido es un colorante ácido que tiñe estructuras citoplasmáticas y paredes celulósicas. Se prepara a base de la mezcla de dos soluciones:

SOLUCION "A"

Solución saturada de verde rápido en alcohol absoluto (1 parte).

Metilcelosolve en igual cantidad de alcohol absoluto (1 parte).

SOLUCION "B"

Alcohol absoluto (25 partes).

Aceite de clavo (75 partes).

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aguilar, J. y G. Alatorre. 1978. "Monografía de la planta de la Alegría". Memoria del grupo de estudios ambientales, A. C. 157 - 203 págs.
- 2.- Bailey, I. W. 1957. "The potentialities and limitations of wood anatomy in the phylogeny and classification of Angiosperms". Journal of the Arnold Arboretum (Harvard University). 38: 243 - 254 págs.
- 3.- Carlsson, R. 1979. "Quantity and quality of Amaranthus grain from plants in temperate, cold and hot, and subtropical climate a review". Second Amaranth conference Proc. Rodale, Pennsylvania. U. S. A. 125 - 146 págs.
- 4.- Casillas, G. 1977. "Anteproyecto técnico económico de una planta industrializadora de semilla de alegría". Tesis profesional. Facultad de Química, U.N.A.M. México, D., F. 102 págs.
- 5.- Esau, K. 1972. "Anatomía Vegetal". Segunda edición. Omega, S.A. Barcelona. 779 págs.
- 6.- Feine, L. B. , R. R. Harwood, C. S. Kauffman y J. P. Senft. 1979. "AmaranthGentle Giant of the Past and the Future". New Agricultural Crops. AAAS Selected Symposium 38. Westview Press, Boulder, Colorado. 41 - 63 págs.
- 7.- Fisher, D. G. y R. F. Evert. 1982. "Studies on the leaf of Amaranthus retroflexus (Amaranthaceae): Chloroplast polymorphism". Bot. Gaz. 143 (2): 146 - 156 págs.
- 8.- Gaviño, G. , J. C. Juárez y T. H. Figueroa. 1982. "Técnicas biológicas selectas de laboratorio y campo". Limusa, México. 251 págs.

- 9.- Grant, W. F. 1959. "Citogenetic studies in Amaranthus, Chromosome Numbers and phylogenetic aspect". Canad. J. Gamet. Cytol. I, 313 págs.
- 10.- Granados, S. D. y G. F. López. 1986. "Chinampas: Historia y Etnobotánica de la Alegría, (Amaranthus hypochondriacus L.)". Universidad Autónoma de Chapingo. 145 - 158 págs.
- 11.- Grubben, G. J. H. 1979. "Cultivation methods and growth analysis of vegetable amaranth, with special reference to south benin". In: Proc. of the Second Amaranth Conference. Rodale, Pa. U.S.A. 112 - 126 págs.
- 12.- Grubben, G. J. H. y D. H. Sloten. 1981. "Genetics Resources of amaranths". International Board for plant Genetic Resources. FAO. ONU. 210 págs.
- 13.- Harlan, J. R. 1970. "Evolution of cultivated Plant. In: Genetic Resources in Plants. Their exploration and conservation". O. H. Frankel y E. Bennett (eds.) 19: 32 Philadelphia: F. A. Davis Co.
- 14.- Hauptli, H. 1977. "Agronomic Potencial and breeding amaranth". Proc. First Amaranth Semin., Emmaus PA. 115 - 120 págs.
- 15.- Heywood, V. H. 1968. "Taxonomía Vegetal". Alhambra 102 págs.
- 16.- Hutchinson, J. S. 1974. "Evolutionary studies in world crops". Cambridge University Press. New York. U.S.A.
- 17.- Hunziker, A. 1952. "Los Pseudocereales de la agricultura indígena de América". Acme Agency, 58 Buenos Aires.

- 18.- Johansen, D. A. 1940. "Plant Microtechnique". McGraw Hall Book Co. New York. 503 págs.
- 19.- Joshi, B. D. 1937. "Some saliente points in the evolution of the secondary cylinder of Amaranthaceae and Chenopodiaceae" Amer. J. Bot. 24: 3 - 9 págs.
- 20.- Joshi, B. D. 1981. "Exploration for Amaranth in Northwest India". Plant Genetic Resources. Newsletter No. 48 FAD. Rome.
- 21.- Knobloch, I. W. 1973. "The value of plant anatomy". Taiwania 18 (1): 42 - 44 págs.
- 22.- Mapes, C. 1986. "Una revisión sobre la utilización del género Amaranthus en México". En: Memoria, Primer Seminario Nacional del Amarantho. Chapingo México. 388 - 403 págs.
- 23.- Mapes, C. 1989. "La Domesticación del género Amaranthus L. y Etnobotánica del "quintonil" (Amaranthus spp.) en México". Boletines informativos No. 2 y 3 respectivamente. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A. C.
- 24.- Martínez, M. 1928. "Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana". Talleres Linotipográficos, México. 381 págs.
- 25.- Martínez, M. 1959. "Alegría. En: Plantas útiles de la flora Mexicana". Botas. México. 23 - 27 págs.
- 26.- Metcalfe, C. R. y L. Chalk. 1950. "Anatomy of the dicotyledons". Vols. 1 and 2 Clarendon Press, Oxford.
- 27.- Metcalfe, C. R. 1967. "Some current problems in systematic anatomy". Phytomorphology. 17: 128 - 132 págs.

- 28.- Oke, O. L. 1979. "Amaranth in Nigeria". In: Proceedings of the second Amaranth Conference, Rodale, Pennsylvania. 23 - 30 págs.
- 29.- Pal, M. y T. N. Khoshoo. 1968. "Citogenetic of the raw autotetraploid, Amaranthus edulis, Tech". Comm. Nat. Bot. odmsa, Lucknow. 25 - 26 págs.
- 30.- Pennington, C. W. 1963. "The Tarahumar of México. Their environment and material culture". University of Utah.
- 31.- Read, R. W. 1975. "The Genus Thrinax (Palmae: Caryphoideae)". Smithsonian Contribution to Botany. 19: 41 - 44 págs.
- 32.- Sánchez, M. A. , S. Maya y J. L. Pérez. 1979. "Agroindustrial potential of Amaranth in México". Proc. II Amaranth conf. p. 95 Rodale Press Inc. Emmaus, P. A.
- 33.- Sanchez, M. A. 1980. "Potencialidad Agroindustrial del Amarantho". Centro de estudios económicos y sociales del tercer mundo. México, D.,F.
- 34.- Sass, J. E. 1961. "Botanical Microtechnique". 3a. ed. The Iowa State University Press. Ames Iowa. 221 págs.
- 35.- Sauer, J. D. 1950. " The grain amaranths: a survey of history and classification". Ann. Missouri Bot. Gard. 37: 561 - 632 págs.
- 36.- Sauer J. D. 1967. "The grain Amaranths and their relatives". A revised taxonomic and geographic survey. Ann. Missouri Bot. Gard. 54 (2): 103 - 137 págs.
- 37.- Sauer, J. D. 1974. " Grain Amaranthus in Evolution of crop plant". Simmonds, N. W. London.

- 38.- Sauer, J. D. 1977. "The history of the grain amaranths and their use and cultivation around the world". In: Proceedings of the first Amaranth seminario. Rodale Press. Maxatauny, Pennsylvania. 9 - 16 págs.
- 39.- Simmonds, N. W. 1979. "Evolution of crop plants". Logman Group London, G. B.
- 40.- Stewart, W. N. 1964. "An upward outlook in plant morphology". Phytomorphology. 14: 120 - 134 págs.
- 41.- Trinidad, S. A. 1980. "Efecto del nitrógeno, fósforo y densidad de población en el cultivo de la Alegría (Amaranthus hypochondriacus L.)". Informe de actividades del Centro de Edafología. C. P. Chapingo, México.
- 42.- Vietmeyer, N. 1982. CERES. Rev. de la FAO sobre agricultura y desarrollo No. 89. 15 (5): 43 - 46 págs.
- 43.- Wilson, C. L. 1924. "Medullary bundle in relation to primary vascular system in Chenopodiaceae and Amaranthaceae". Bot. Gaz. 78: 175 - 199 págs.