



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Morfología y anatomía de raíz, tallo y base del
pedúnculo floral del género *Manfreda* Salisb.
(Agavaceae).

T E S I S
que para obtener el título de
B I Ó L O G O
p r e s e n t a:
DE LA CRUZ MATEOS ANA RUT

DIRECTOR DE TESIS: DR. ELOY SOLANO CAMACHO

ESTE PROYECTO FUE FINANCIADO POR DGAPA-PAPIIT
CONVENIO 211103



MÉXICO, D. F.,

NOVIEMBRE 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos de Personal Académico. UNAM. PAPITT, convenio IN211103 por la beca otorgada durante la elaboración de esta tesis.

Mi más sincero agradecimiento es para usted, Dr. Eloy Solano C. por su gran apoyo, dedicación y por el tiempo invertido para la realización de este trabajo; sé que sin usted no lo hubiese logrado.

A la Dra. Teresa Terrazas S. por sus recomendaciones y, sobre todo, por la revisión del escrito.

A Q. F. I. María de la Luz López M. por su colaboración durante la parte experimental y también por sus palabras de aliento.

A Andrés, Vicky y especialmente a Doris, estudiante del Colegio de Postgraduados por su tiempo en la toma de las fotografías.

A la M. en C. Sonia Rojas C. por la gran ayuda en el material bibliográfico y por su amable colaboración y recomendaciones durante la impresión del presente trabajo pero, sobre todo, porque pude conocerte como una amiga.

Al M. en C. Carlos Castillejos C. le agradezco su aportación intelectual para la determinación de los ejemplares, sin los cuales el trabajo no hubiese culminado; así como en la revisión de la tesis.

Al Biól. Héctor Serrano C. por su colaboración tanto en la parte experimental y a la Biól. M. Magdalena Ayala H. en la determinación de los ejemplares recolectados.

Gracias a la Dra Alejandrina Ávila O. y al Biol. Antonio Muñoz. H. porque se mostraron como excelentes compañeros de trajo.

Al Biol. Jorge Gutierrez porque fuiste la primer persona que confió en mí.

Al Biol. Jorge Reyes R. por tu ayuda en la utilización de equipo de cómputo pero en especial porque te has mostrado como un verdadero compañero y amigo. Quiero agregar que lamento no haberte tratado lo suficiente.

CONTENIDO

PÁG.

| | |
|--|----|
| LÁMINAS..... | i |
| CUADROS..... | i |
| RESUMEN..... | |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| II. ANTECEDENTES..... | 3 |
| 2.1 Problemática taxonómica del género <i>Manfreda</i> | 3 |
| 2.2 Morfología..... | 4 |
| 2.3 Anatomía..... | 7 |
| 2.4 Descripción..... | 9 |
| III. OBJETIVOS..... | 10 |
| 3.1 General..... | 10 |
| 3.2 Particulares..... | 10 |
| IV. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 11 |
| 4.1 Trabajo de campo..... | 11 |
| 4.2 Trabajo de laboratorio..... | 12 |
| 4.2.1 Morfología..... | 12 |
| 4.2.2 Anatomía..... | 13 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 15 |
| 5.1 Morfología..... | 15 |
| 5.1.1 Raíces..... | 15 |
| 5.1.2 Tallos..... | 16 |
| 5.1.3 Base del pedúnculo floral..... | 17 |
| 5.2 Anatomía..... | 20 |
| 5.2.1 Raíces..... | 20 |
| 5.2.2 Cormos..... | 24 |
| 5.2.3 Bulbos..... | 28 |
| 5.2.4 Base del pedúnculo floral..... | 33 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 36 |
| ANEXO..... | 37 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 43 |

FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| FIGURA I. Morfología del género <i>Manfreda</i> | 19 |
| FIGURA II. Anatomía de la raíz. | 23 |
| FIGURA III. Anatomía del cormo..... | 27 |
| FIGURA IV. Anatomía del bulbo..... | 32 |
| FIGURA V. Anatomía de la base del pedúnculo floral..... | 35 |

CUADROS

| | |
|--|-----------|
| CUADRO I. Especímenes recolectados del género <i>Manfreda</i> | 11 |
| CUADRO II. Número de estratos del meristemo de engrosamiento secundario (MES) del cormo..... | 25 |
| CUADRO III. Idioblastos contenidos en el parénquima del cormo..... | 26 |
| CUADRO IV. Idioblastos contenidos en el parénquima del bulbo..... | 29 |
| CUADRO V. Idioblastos contenidos en el parénquima de la base del pedúnculo..... | 34 |

RESUMEN

Con el objetivo de generar evidencias taxonómicas que ayuden a delimitar las especies del género *Manfreda*, se describió la morfología y anatomía de la raíz, tallos y base del pedúnculo de 12 especies. Se presentan dos tipos de tallos: cormo y bulbo. En ambos órganos, los caracteres morfológicos observados son poco variables; únicamente la presencia de raíces contráctiles suculentas y fusiformes caracterizan a *Manfreda longiflora* y *M. potosina*; en el bulbo los restos membranáceos de las bases de las hojas separan a *M. longiflora*, *M. maculata*, *M. potosina* y *M. singuliflora*, en las demás especies éstos son fibrosos. Tricomas en la base del pedúnculo distinguen a *M. pubescens* y *M. maculata*. Anatómicamente la presencia de rafidios en el parénquima de las raíces separó a *M. guerrerensis*, *M. longiflora* y *M. potosina*. En este órgano, las células corticales internas forman un anillo de tres a cinco estratos de células probablemente lignificadas; la presencia de este tipo de células es un carácter diagnóstico en la delimitación de las especies ya que el número de estratos fue constante. *Manfreda nanchititlensis* presentó cinco estratos mientras que, *M. guerrerensis*, *M. maculata*, *M. pubescens*, *M. scabra* y *M. singuliflora* presentaron tres. *M. elongata*, *M. galvaniae*, *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. pringlei* carecen de este tipo de células. La endodermis con paredes engrosadas por la acumulación de lignina, en las paredes colindantes con el periciclo, es característica de *M. nanchititlensis*. En el cormo de todas las especies se desarrolla un meristemo de engrosamiento secundario (MES). En *M. galvaniae*, *M. elongata* y *M. nanchititlensis* se presentan cuerpos de sílice en la región central del tallo. En el bulbo, la cutícula muy gruesa distinguió a *M. nanchititlensis* mientras que la cutícula estriada separó a *M. pubescens*. Una banda de fibras continua y de paredes engrosadas es única de *Manfreda elongata*. Por otro lado, la ausencia de fibras en los haces vasculares permitió separar a *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. singuliflora*. En la base del pedúnculo la cutícula es muy gruesa en *M. potosina* y estriada en *M. pubescens*. *Manfreda scabra* es una especie con caracteres variables probablemente por su amplia distribución.

I. INTRODUCCIÓN

La familia Agavaceae, endémica del continente americano fue creada por S. L. Endlicher en 1841 (Solano, 2000) y tiene gran importancia económica; no sólo en América, sino también en Asia y África, dado que proporciona materia prima indispensable para la extracción, producción y fabricación de diversos productos. Dentro de esta familia según Verhoek-Williams (1978), se encuentran ocho géneros: *Agave*, *Beschorneria*, *Furcraea*, *Hesperaloe*, *Manfreda*, *Polianthes*, *Prochnyanthes* y *Yucca*. De estos géneros, *Agave* es el más utilizado desde la época prehispánica por su uso comestible, medicinal, ceremonial, en la producción de bebidas y materiales de construcción. Además de proporcionar fibras resistentes y duraderas utilizadas para la elaboración de diversos artículos (Gentry, 1972). Según Álvarez (1987), después de *Agave*, le siguen en importancia económica los géneros *Yucca*, *Furcraea*, *Manfreda* y *Polianthes*.

Entre los géneros antes mencionados, *Manfreda*, conocido comúnmente con el nombre de “amole” o “amolli”, también ha sido utilizado desde el México antiguo. Por su contenido en saponinas se empleó como shampoo y agente limpiador para lavar ropa, también fue efectivo en remedios contra cólicos, dispepsia y como antídoto en mordeduras de serpientes; además actúa como tónico, carminativo, antiespasmódico y estomático (Verhoek-Williams, 1975; Piña, 1985; Álvarez, 1987).

Manfreda se distribuye desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta el norte de Nicaragua. En México se encuentran el 96.4% de las 28 especies hasta ahora reconocidas. Solamente *Manfreda scabra* se comparte con Centroamérica, mientras que, *M. virginica*, *M. maculosa*, *M. longiflora*, *M. variegata* y *M. sileri* también se encuentran en Estados Unidos (Ayala, 2006). La delimitación taxonómica de los géneros cercanamente relacionados con *Manfreda* e inclusive las especies de este género, ha sido motivo de controversia entre los diversos autores que han estudiado su sistemática. Ante esta situación, es necesario generar nuevas evidencias taxonómicas que ayuden a definir la circunscripción específica del género, sobre todo, aquellos caracteres que no han sido considerados en trabajos previos. Entre estos caracteres se encuentran los morfológicos y anatómicos de las raíces, cormos, bulbos y base del pedúnculo que se analizan en este trabajo.

II. ANTECEDENTES

2.1 PROBLEMÁTICA TAXONÓMICA

Desde su establecimiento la familia Agavaceae ha experimentado una serie de cambios taxonómicos. Según Álvarez (1987), originalmente se constituyó a partir de géneros ubicados en Amaryllidaceae y Liliaceae. Desde ese momento la circunscripción tanto de géneros como de especies se ha modificado. Al igual que la familia, el género *Manfreda* ha tenido diversos cambios a lo largo de su historia taxonómica, no únicamente en lo que se refiere a la delimitación de sus especies, sino también con géneros cercanamente relacionados como *Agave* y principalmente con los géneros de hábito herbáceo; *Bravoa*, *Polianthes*, *Prochnyanthes*, *Pseudobravoa* y *Runyonia*. Por tal motivo, este género ha sido objeto de discusión, diversos autores sugieren que *Manfreda*, es un subgénero de *Agave* y algunos otros la reconocen como un género dentro de Agavaceae.

Agave virginica fue propuesta por Linnaeus (1753), posteriormente Salisbury (1866), creó el género *Manfreda* y transfirió *A. virginica* a *M. virginica*. Engelman (1875-1911) y Bentham y Hooker (1883), reconocieron a *Manfreda* como un subgénero de *Agave*. Asimismo, Baker (1888) reconoció en *Agave*, los subgéneros *Agave*, *Littaea* y *Manfreda*. Dentro de este último, ubicó 12 especies. Rose (1899) basándose en el hábito herbáceo, hojas sin espinas e inflorescencias no ramificadas, reconoció a *Manfreda* como un género dentro del suborden Agaveae y le adjudicó 17 especies. En 1915, Berger y más adelante Jacobsen (1960), retomaron la clasificación de Baker (1888) y únicamente varió el número de especies; Berger (1915) reconoció 18, mientras que, el segundo no especificó el número. Por otra parte, Matuda (1960) siguió el criterio de Rose (1899), y además describió tres especies nuevas, elevando su número a 20. Shinnars (1966) ubicó las especies de *Manfreda* que se distribuyen en Texas en el género *Polianthes*.

Posteriormente, Gentry (1972) confirmó la posición del género *Manfreda* en la familia Agavaceae, sin embargo, no especificó el número de especies. Verhoek-Williams (1975) con base en el hábito de crecimiento, tipo de hojas e inflorescencia, consideró a *Manfreda* como un género de la tribu *Poliantheae* y le atribuyó 21 especies. Espejo y López-Ferrari (1993)

reconocieron 25, no obstante, este número fue incrementado por García-Mendoza y Galván (1995) quienes finalmente estimaron que el género contiene 28 especies.

Recientemente, Thiede (2001) con base en estudios filogenéticos moleculares realizados por otros autores como Bogler y Simpson (1995, 1996), Eguiarte (1994), Eguiarte, *et al.* (1995) y Hernández (1995), consideró a *Manfreda* como un subgénero de *Agave*. Sin embargo, ninguno de los estudios anteriormente citados ha incluido en sus propuestas e hipótesis de clasificación caracteres anatómicos que ayuden a definir la taxonomía del género.

2.2 MORFOLOGÍA DEL GÉNERO *MANFREDA* SALISB.

Los caracteres florales han sido muy utilizados en la delimitación taxonómica de los géneros y especies que conforman la familia Agavaceae. En este sentido, principalmente las características del perianto y la posición del ovario han jugado un papel importante a través de la historia taxonómica de la familia. Fueron precisamente estas estructuras quienes permitieron a Hutchinson (1934) separar a Agavaceae de Xanthorrhoeaceae dentro del orden Agavales, aunque posteriormente Dahlgreen *et al.* (1985), con el uso de evidencias anatómicas, cariotípicas, químicas y biogeográficas entre otras, propuso un arreglo estricto de las Agavaceae y creó así el orden Asparagales.

Sin embargo, los resultados que aportan diversos estudios confirman que los caracteres vegetativos, también pueden ser útiles para la solución de problemas taxonómicos dentro de esta familia. Por ejemplo, Rose (1899) con base en caracteres no únicamente reproductivos, sino vegetativos y hábito de crecimiento, propuso una nueva clasificación dentro de *Agaveae*. Álvarez (1987) en su estudio sobre la sistemática de la familia Agavaceae, no restringió sus observaciones a la morfología de caracteres florales, sino también se basó en los vegetativos, principalmente en los de hojas y raíces, además incluyó estudios anatómicos. Por otra parte, Álvarez (1987) encontró que el color, borde y patrón de venación de las hojas, son caracteres importantes para diferenciar a las especies del género *Beschorneria*. Asimismo, González (1998) reconoció la importancia de la anatomía de los órganos vegetativos. Ella describió morfológica y anatómicamente los tallos de *Polianthes* y concluyó que todas las especies presentan un cormo y un bulbo. En este contexto, Solano (2000) al

abordar la sistemática del género *Polianthes*, combinó caracteres morfológicos y anatómicos tanto de estructuras reproductivas como vegetativas para establecer las relaciones filogenéticas de las especies y propuso con base en un análisis cladístico una hipótesis de clasificación de las mismas.

Especialmente para el género *Manfreda*, la morfología floral y foliar ha sido útil en la separación de las especies. Entre los caracteres florales más usados, incluso en claves dicotómicas, se encuentran los siguientes: longitud de los filamentos, color, forma y disposición del tubo periantal y de sus lóbulos, entre otros. Inclusive Rose (1903), inicia la primera copla de su clave para el reconocimiento de las especies de *Manfreda*, con la disposición y longitud del perianto. De manera similar, McVaugh (1989), Verhoek-Williams (1975, 1978), atribuyeron mayor peso a los caracteres antes mencionados, agregaron la forma de los filamentos y del estigma, además de la disposición de los primeros para concluir con las hojas. Entre las características foliares más utilizadas están el color, ancho y longitud, así como el tipo de margen y la ausencia o presencia de dientes, tricomas y papilas.

Como puede observarse, para *Manfreda* no se ha utilizado la morfología de la raíz y los tallos, o bien, la información no es detallada y además confusa. Únicamente en las descripciones a nivel de género se llega a referir a estas estructuras. Por ejemplo, Rose (1903) mencionó que *Manfreda* forma bulbos verdaderos; McVaugh (1989) consideró los tallos hipogeos de este género como cilíndricos, parecidos a cormos o a rizomas globosos con raíces fibrosas y carnosas. Por otra parte, Verhoek-Williams (1975) registró que *Manfreda*, *Polianthes* y *Prochnyanthes* desarrollan bulbos verdaderos en el primer año de crecimiento. Además utilizó estos órganos en conjunto con hojas e inflorescencias para separar a la tribu Poliantheae de *Agave* y describió a las raíces como carnosas y fibrosas emergiendo de un rizoma. Por otro lado, Piña (1985) con base en trabajos de Matuda (1960), Gentry (1972) y Verhoek-Williams (1975, 1978), describió al género *Manfreda* con raíces suculentas de forma fusiforme, e indicó que presenta dos tipos de rizomas: uno central y erecto de forma cilíndrica o globosa y otro estolonífero, cilíndrico o ascendente. Además, afirmó que las principales características que distinguen al género del resto de las agaváceas son: plantas de hábito herbáceo con hojas suaves, reclinadas y no pungentes; raíces suculentas y fusiformes

de las que nacen raíces fibrosas. Por último, Álvarez (1987), prefirió utilizar el término bulbo para los tallos hipogeos de *Manfreda* por presentar sus yemas ligera o totalmente por debajo del suelo.

Es necesario indicar que en la mayoría de las descripciones de las especies de *Manfreda*, no se hace referencia al tallo y mucho menos se describen las raíces. En *M. fusca*, *M. guerrerensis*, *M. guttata*, *M. hauniensis*, *M. littoralis*, *M. longibracteata*, *M. malinaltenangensis*, *M. nanchititlensis* y *M. pringlei*, se describió el tallo como rizoma vertical u horizontal cubierto con los restos de las bases de las hojas o desprovistos de ellas; sin embargo, no se detalla su forma, longitud, ni diámetro (André, 1901; Rose, 1903; McVaugh, 1909; Shinnars, 1966, 1967; Matuda, 1972, 1975, 1976; Verhoek-Williams, 1978; Ravena, 1987; Lott y Verhoek-Williams, 1991; García-Mendoza, 2000). Rose (1903) refirió que *M. rubescens* presenta bulbos oblongos y que éstos se encuentran cubiertos por una masa densa de fibras. Recientemente, Castañeda-Rojas *et al.* (2005) describieron a *M. galvanie* con un cormo subgloboso a subcilíndrico, suculento, cubierto casi en su totalidad por los restos basales de las hojas secas. Verhoek-Williams (1975) detalló la longitud y diámetro de los rizomas en 18 de sus 19 especies y describió a las raíces como suculentas, semisuculentas y carnosas en la mayoría de ellas; fibrosas para *M. rubescens* y únicamente para *M. brachystachya* (*M. scabra*) y *M. pringlei* fueron adjetivadas como fibrosas y semisuculentas. Por otra parte, Verhoek-Williams (1978), Lott y Verhoek-Williams (1991) y García-Mendoza *et al.* (2000) describieron a las raíces de *M. longibracteata*, *M. chameleensis* y *M. littoralis* como carnosas o engrosadas y únicamente Castañeda-Rojas *et al.* (2005) señalaron que las raíces de *M. galvanie* son carnosas y fibrosas.

De acuerdo con los estudios morfológicos y anatómicos de las especies del género *Polianthes* realizados por González (1998), los tallos subterráneos de la tribu Poliantheae deben considerarse como cormos y bulbos.

2.3 ANATOMÍA DEL GÉNERO *MANFREDA*

Álvarez (1987) señaló que Wunderlich (1950), con base en estudios anatómicos florales, reconoció la afinidad entre los géneros *Agave-Poliantthes* y *Yucca-Beschorneria*. Este mismo autor también realizó estudios anatómicos florales, foliares y seminales de las tribus *Agaveae*, *Poliantheae*, *Beschornerieae*, *Yuccae* y *Hosteae*. Sus resultados confirmaron la posición de estas tribus dentro *Agavaceae*, e imposibilitaron desligar a alguna de ellas de la familia por sus caracteres estrechamente relacionados. Los caracteres anatómicos florales que han permitido definir las relaciones de parentesco de estas tribus, son los nectarios septales, el tipo y disposición de la vascularización tanto de los estambres como del tubo del perianto y la presencia o ausencia de fibras en el pedicelo.

Hasta ahora son pocos los trabajos que hacen alusión a la anatomía del pedúnculo de las agaváceas. González (1998) caracterizó esta porción en el género *Poliantthes* y registró que la ausencia de una banda de esclerénquima entre el cilindro central y la epidermis, permite separar a *P. howardii* de las otras especies; aunque también puede considerarse el número de fibras ya que varía de escasas a abundantes en las especies que presentan esta banda. También concluyó que la forma, grosor de la cutícula y la presencia o ausencia de fibras asociadas a los haces vasculares de esta estructura son importantes taxonómicamente

La anatomía del tallo en *Agavaceae* se ha estudiado desde hace más de un siglo. Mangin (1882) clasificó a las monocotiledóneas en cuatro grupos con base en la actividad de los meristemos de engrosamiento primario (MEP) y secundario (MES). En esta clasificación ubicó a *Agave* en el segundo grupo debido a su hábito herbáceo y permanencia de la actividad del MEP después de la formación de las raíces; *Yucca*, *Dracaena* y *Cordyline* fueron clasificados en un tercer grupo por su hábito de crecimiento arborescente, además los distinguió porque el MEP es sustituido por MES. Posteriormente, se registró la presencia de MES en tallos modificados de *Agavaceae*. Chakraverti (1939) manifestó que el bulbo (cormo) de *Poliantthes tuberosa* presenta un MES menos desarrollado que el tallo aéreo de *Dracaena*, aunque años después, González (1998) describió morfológica y anatómicamente el cormo y bulbo de las especies de *Poliantthes* y en sus observaciones únicamente refirió la existencia de un MES en el cormo pero no en el bulbo, para esta estructura describió un MEP en corte tangencial.

Probablemente Chakraverti (1939), reconoció al bulbo como un cormo. González (1998) también indicó que la presencia de cuerpos de sílice en el parénquima de la región central del cormo, o bien, en el parénquima asociado al MES, se encontró en cinco especies de *Polianthes* y propone este carácter como diagnóstico.

Para *Manfreda* se ha estudiado la anatomía de hojas y flores. Con base en la anatomía foliar, Álvarez (1987) separó a *Manfreda* de *Agave* y *Littaea*. Entre los caracteres foliares ampliamente utilizados se encuentran los de la epidermis, principalmente los estomáticos; no obstante, también valoró la forma de las células epidérmicas, grosor de la cutícula y estrías ausentes o presentes. Por ejemplo, Álvarez (1987) reconoció una estrecha relación entre *Manfreda* y *Polianthes* y las diferenció de *Agave*, *Yucca*, *Furcraea* y *Hosta* por el desarrollo del complejo estomático. Asimismo, *Agave* y *Manfreda* fueron reconocidos por sus células epidérmicas tubulares. Por otro lado, observó la diferencia de la cutícula fina en *Poliantheae*, moderadamente gruesa en la mayoría de las especies de *Manfreda* y gruesa en *Yuccaceae*, *Beschorneriaea* y la mayor parte de *Agaveae*. Además, indicó que el género *Manfreda* presenta una cutícula con estrías moderadamente diferenciadas. Desde este punto de vista, es importante señalar que no hay trabajos previos que describan los tallos y las raíces de *Manfreda*.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL GÉNERO *MANFREDA*

Plantas herbáceas, perennes, acaulescentes. **Raíces** contráctiles, suculentas, de las que salen raicillas secundarias, rara vez fibrosas. **Rizomas**, dos; cilíndricos, verticales, ovoides o globosos. **Hojas** de 30-50 cm de largo, 22-30 cm de ancho, agrupadas en roseta, delgadas o algo suculentas; lineares, lanceoladas u oblanceoladas, casi planas o acanaladas, glabras o pubescentes, o con nervaduras papilosas; verde-brillantes o verde-glaucas, algunas veces con máculas grandes o pequeñas de color pardo rojizo; ápice no pungente, margen hialino o cartilaginoso, entero, papiloso o dentado; dientes pequeños o grandes, deltoides, truncados o agudos, algunas veces bi o trifurcados, suaves. **Inflorescencia** en espiga, de 15 a 380 cm de largo, erecta o ligeramente reclinada; porción floral densa o laxa, con pocos o muchos nudos; brácteas inferiores del pedúnculo similares a las hojas o abruptamente más cortas, brácteas florales deltoides, largas o cortas. **Flores** tubulares, solitarias en los nudos, a veces geminadas, sésiles, algunas veces las inferiores cortamente pediceladas; flores maduras erectas u horizontales después de la curvatura del tubo; perianto delgado o algo suculento, verde, algunas veces con tintes rojizos, blanco, amarillo, pardo o rosado; tubo recto o algo curvo, rara vez muy curvo, cilíndrico o infundibuliforme; segmentos del perianto oblongos, extendidos o revolutos, rara vez erectos, ápice generalmente cuculado; con un pequeño mechón piloso; filamentos generalmente exertos, rara vez insertos pocos milímetros por debajo de la boca del tubo, curvos o extendidos en anthesis; anteras versátiles, lineares y dorsifijas; estilo exerto, filiforme, generalmente más largo que los estambres, estigma trígono, con los lóbulos retrorsos al madurar; ovario oblongo de 12-17.8 mm de largo y 6.6 mm de ancho, 3-locular con los óvulos axilares, numerosos y biseriados en cada lóbulo. **Fruto** capsular, loculicida, globoso u oblongo, trilocular, algunas veces con los restos del perianto persistentes. **Semillas** planas, más o menos deltoides de color negro (McVaugh, 1989; Piña, 1985; Ravena, 1987; Rose, 1903; Verhoek-Williams, 1975, 1978).

III OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Describir comparativamente la morfología y anatomía de la raíz, tallo y base del pedúnculo de las especies del género *Manfreda* y seleccionar caracteres útiles en la delimitación de las especies.

3.2 PARTICULARES

Caracterizar morfológicamente la raíz, tallo y base del pedúnculo.

Describir la anatomía de la raíz, tallo y base del pedúnculo.

Reconocer la variación existente de los caracteres morfológicos y establecer a aquellos que ayuden a diferenciar taxonómicamente las especies

IV MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron salidas al campo de 2003 a 2005 y se recolectaron 12 especies del género *Manfreda*, principalmente de junio a noviembre, época en la que se registra la floración de la mayoría de las especies (Cuadro I). En lo posible se recolectaron cinco individuos en floración o fructificación, de los cuales dos fueron fijados con FAA (50% alcohol etílico al 96%, 5% ácido acético glacial, 10% formol comercial al 40% y 35% agua destilada) durante 48 h. Los otros tres individuos se herborizaron y fueron depositados en la colección del Herbario FEZA de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, con un duplicado en el Herbario Nacional del Instituto de Biología, MEXU, ambos de la UNAM.

CUADRO I. ESPECÍMENES RECOLECTADOS DEL GÉNERO *MANFREDA*

| ESPECIE | ESTADO | RECOLECTOR | NÚM. DE RECOLECTA |
|--|-----------------|------------|-------------------|
| <i>Manfreda elongata</i> Rose | Querétaro | CCC* | 1519 |
| <i>M. guerrerensis</i> Matuda | Guerrero | ESC** | 1723 |
| <i>Manfreda galvanie</i> A. Castañeda, S. Franco et García | Edo. de México | ESC | 1582 |
| <i>M. guttata</i> (Jacobi & Bouché) Rose | Hidalgo | CCC | 1384 |
| <i>M. longiflora</i> (Rose) Verh.-Will. | Tamaulipas | ESC | 1657 |
| <i>M. maculata</i> (C. Mart.) Rose | Edo. de México | CCC | 1493 |
| <i>M. nanchititlensis</i> Matuda | Edo. de México | ESC | 1665 |
| <i>M. potosina</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Rose | San Luis Potosí | ESC | 1553 |
| <i>M. potosina</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Rose | San Luis Potosí | ESC | 1565 |
| <i>M. pringlei</i> Rose | Morelos | CCC | 1461 |
| <i>M. pringlei</i> Rose | Edo. de México | CCC | 1490 |
| <i>M. pubescens</i> (Regel & Ortgies) Verh.-Will. | Edo. de México | CCC | 1470 |
| <i>M. pubescens</i> (Regel & Ortgies) Verh.-Will. | Guerrero | ESC | 1711 |
| <i>Manfreda scabra</i> (Ortega) McVaugh | San Luis Potosí | CCC | 1559 |
| <i>Manfreda scabra</i> (Ortega) McVaugh | Jalisco | CCC | 1576 |
| <i>Manfreda scabra</i> (Ortega) McVaugh | Edo. de México | ESC | 1669 |
| <i>M. singuliflora</i> (S. Wats.) Rose | Chihuahua | CCC | 1357 |

*Carlos Castillejos Cruz, ** Eloy Solano Camacho

4.2 TRABAJO DE LABORATORIO

4.2.1 MORFOLOGÍA

Los individuos herborizados y fijados con FAA se determinaron taxonómicamente con base en bibliografía especializada (Rose, 1903; McVaugh, 1989; Verhoek-Williams, 1975, 1978; García-Mendoza y Castañeda, 2000). Por otra parte, con la finalidad de apoyar la descripción morfológica del género, se solicitaron en calidad de préstamo especímenes herborizados de Colecciones Nacionales y de Estados Unidos. A estos especímenes se les corroboró su determinación taxonómica. Los herbarios que accedieron al préstamo fueron los que se enlistan a continuación y sus acrónimos están citados de acuerdo con Homlgrem *et al.* (1990) y CONABIO (1999).

Herbarios Nacionales

| | |
|---------------|---|
| ENCB | Herbario, Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. |
| CIIDIR | Herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango. |
| FEZA | Herbario, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. |
| IEB | Herbario, Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A. C. |
| UAMIZ | Herbario, Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana. |
| MEXU | Herbario Nacional, Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. |

Herbarios de Estados Unidos

| | |
|-------------|--|
| GH | Harvard University Herbaria. |
| RSA | Herbarium, Rancho Santa Anna Botanical Garden. |
| MO | Herbarium, Missouri Botanical Garden. |
| NY | Herbarium, New York Botanical Garden. |
| US | United States National Herbarium, Botanic Department, Smithsonian Institution. |
| MICH | The Herbarium of the University of Michigan |
| TEX | Herbarium University of Texas. |

A los ejemplares herborizados y algunos de los solicitados en calidad de préstamo se les registraron caracteres cuantitativos y cualitativos correspondientes a las raíces, tallos y base del pedúnculo (Anexo, formato I). Los caracteres cuantitativos macromorfológicos, fueron medidos con una regla graduada en centímetros, o con un vernier “Scala” con la misma graduación. Se midió la longitud y el diámetro de estructuras completas. Los cormos y bulbos fueron medidos desde su base hasta el ápice. Se consideró base del pedúnculo desde el ápice del bulbo hasta el primer entrenudo del eje floral. Los diámetros de las estructuras se registraron en su parte media. Para el caso de las raíces contráctiles se les registró el diámetro en su porción más engrosada. Los caracteres micromorfológicos cualitativos como presencia de tricomas, fueron observados con un microscopio estereoscopio marca Leica GZ6. Cada espécimen se dibujó con el fin de tener una mejor referencia. Los resultados cuantitativos y cualitativos se almacenaron en una base de datos (Microsoft Office Excel 2003) que facilitó la comparación de los resultados.

4.2.2 ANATOMÍA

Los especímenes fijados con FAA, se lavaron a chorro de agua hasta eliminar el olor del fijador y se almacenaron en GAA (45% alcohol etílico, 30% glicerina y 25% agua) para evitar el endurecimiento del tejido y facilitar los cortes, mismos que se realizaron después de haber lavado cada espécimen con agua corriente.

Los cortes se realizaron con una navaja de un solo filo, y su grosor varió de 0.5 cm a 1.0 cm. Las raíces contráctiles fueron cortadas en su parte media, mientras que, bulbos y cormos se dividieron en tres secciones: basal, media y apical. La base del pedúnculo floral se cortó muy cerca del bulbo. Estos últimos cortes se colocaron en etilendiamina al 4% durante 48 h (Carlquist, 1982) con el fin de ablandar el tejido y posteriormente se lavaron con agua de la llave.

Cada sección obtenida se colocó en sacos de tul para facilitar su manejo y posteriormente se depositaron en frascos de plástico de 40 mL para iniciar la deshidratación (alcoholes al 30%, 50%, 70%, 96% y 100% durante cinco días cada uno). En seguida se aclararon y desalcoholizaron con una solución xileno-cloroformo (90%:10%), misma que se retiró después de 48 h. Mas tarde se transfirieron los cortes a recipientes que contenían las

mezclas aceite vegetal-parafina (50%:50%, 10%:90%) y dos cambios de parafina al 100%, con el fin de obtener una penetración satisfactoria de ésta en el tejido. Los intervalos de cambio entre ellas fueron de tres días durante los cuales se mantuvieron a 57°C en una incubadora modelo LZ 68060. Por último, se realizó la inclusión con parafina al 100% utilizando moldes de aluminio.

Cada muestra incluida se cortó con un micrótopo de rotación modelo RM 2125 FT, en planos transversal y longitudinal con un grosor de 15 a 20 µm. El tejido obtenido se colocó en portaobjetos que contenían Adhesivo de Haupt (1 g grenetina, 2 g cristales de fenol y 100 mL agua destilada) y se extendieron con formalina (10% formaldehído y 90% agua destilada) sobre una plancha de calentamiento. Posteriormente, se desparafinaron con 3 cambios de xileno al 100% e inmediatamente se hidrataron con alcohol al 100%, 96%, 70% y 50%, durante 5 a 7 min cada uno. Después se tiñeron con safranina (0.5 g safranina, 1.0 g cloruro de sodio en 1.0 L de agua destilada), sumergiendo las laminillas durante 1 h y en seguida se eliminó el exceso de colorante con agua corriente, posteriormente se deshidrataron con etanol al 50%, 70%, 96% y alcohol absoluto con un tiempo aproximado de 7 seg cada uno. A continuación, se tiñeron con verde rápido (1.5 g verde rápido, 100 mL etanol absoluto, 100 mL metil cellosolve, 100 mL aceite de clavo) durante 5 seg y el exceso se eliminó con alcohol al 100%. Posteriormente se aclararon las muestras con 3 cambios de xileno al 100% por lapsos de 5 a 7 min (Johansen, 1940).

Se montaron los tejidos con resina sintética y se secaron dentro de una incubadora a 50°C durante 24 h. Por último, se realizó la observación y descripción correspondiente con un microscopio óptico marca Cambrige Instruments.

Los caracteres descritos se detallan en los formatos II, III, IV y V (Anexo) correspondientes a la raíz, cormo, bulbo y base del pedúnculo respectivamente. También se realizaron esquemas y se tomaron fotografías de los tejidos observados, con el fin de tener una referencia al realizar las comparaciones. El grosor de la cutícula adulta del bulbo y base del pedúnculo se midieron con un analizador de imágenes IMAGE-Pro Plus, versión 3.0, conectada a un microscopio Olympus BX50. Los registros de las observaciones constituyeron una base de datos que facilitó la comparación de los resultados.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 MOFOLOGÍA

4.1.1 Raíces

Las raíces del género *Manfreda* brotan del cormo a lo largo de toda su superficie y su distribución varía entre especies y aún entre ejemplares de la misma especie. Pueden localizarse desde la parte media del cormo y concentrarse en la base, independientemente del tamaño del cormo, o bien, desde la porción apical hasta la basal y ser abundantes en cualquier área.

Las especies estudiadas presentan dos tipos de raíces, contráctiles y fibrosas, ambas de color pardo-blanquecino. De ellas únicamente se registró el diámetro, pues en los ejemplares de herbario están generalmente incompletas. Las primeras fluctúan entre 1.7 a 9.7 mm de grosor, pueden ser suculentas y fusiformes (*Manfreda longiflora* y *M. potosina*), o semisuculentas y cilíndricas con el ápice menos engrosado (*M. guerrerensis*, *M. guttata*, *M. maculata*, *M. nanchititlensis* y *M. singuliflora*) y una serie de “arrugamientos” superficiales principalmente en la parte media que hacen posible la contracción (Fig. I, A, B, C). Las raíces fibrosas fluctúan entre 0.2-0.4 mm de diámetro y son filiformes, de éstas brotan raicillas más delgadas que se presentan en algunos individuos de *M. scabra* y en otros géneros de Agavaceae como *Hesperoyucca whipplei* (Arnott, 1962). Aunque *M. scabra* puede desarrollar también ambos tipos de raíces, contráctiles y fibrosas, al igual que *M. pringlei*, *M. pubescens* y *M. galvaniae*. Las raíces de algunas agaváceas se habían descrito como suculentas o carnosas, semisuculentas y fusiformes (Arnott, 1962; Verhoek-Williams, 1975, 1998; Piña, 1985), fue González (1998) quien mencionó por primera vez para el género *Polianthes* la presencia de raíces contráctiles.

La función principal de las raíces contráctiles es mantener al meristemo apical que se encuentra en el bulbo y a las yemas de crecimiento o bulbillos presentes en el cormo por debajo de la superficie del suelo durante la época seca e invernal, situación que permite el desarrollo de la porción vegetativa o producción de vástagos en la siguiente estación de crecimiento. Esau (1982) y Bell (1991) indicaron que este tipo de raíces son comunes en vástagos y plantas bulbosas de otras monocotiledóneas como *Crocasmia* y *Scilla*; además, han

sido estudiadas morfológica y anatómicamente por Chen (1969), Sterling (1972), Montenegro (1974), Reyneke (1974), Ruzin (1979) y Jernsted (1984), en *Narcissus*, *Gladiolus*, *Hippeastrum chilense*, *Eucomis*, *Freesia* y *Hyacinthus*, respectivamente. Estos autores coinciden en que la contracción se refleja morfológicamente por una serie de estrías o arrugas en la superficie de las raíces, generalmente localizadas en su parte media.

4.1.2 Tallos

En este trabajo y de acuerdo con González (1998), los tallos hipogeos de las especies estudiadas se reconocieron como cormo y bulbo. Según Moreno (1984), el cormo es un tallo corto, erecto, generalmente ensanchado. Por otro lado, Bell (1991) lo definió como un tallo corto, engrosado, con varios nudos y entrenudos, que generalmente presenta pocas escamas o está cubierto por bases foliares, además los diferenció de los rizomas por el crecimiento simpódico vertical, la presencia de raíces adventicias o contráctiles, yemas distantes en la parte apical y juntas en la base, mientras que, los rizomas son tallos con disposición horizontal que frecuentemente presentan raíces adventicias. Las características presentes en el tallo de *Manfreda* lo definen como un cormo.

Las especies estudiadas en este trabajo presentaron cormos cilíndricos o de forma irregular, generalmente más largos que anchos, pocas veces subglobosos a irregulares, de 1.2 a 11.19 cm de largo y 0.6 a 3.3 cm de grosor, desnudos, entrenudos muy próximos, porción apical con restos de las bases de las hojas, raíces contráctiles, yemas axilares blanco-amarillentas, dispuestas a corta distancia entre ellas, arregladas en forma espiralada, pequeñas, conspicuas o inconspicuas, con catáfils pardas que envuelven parcial o totalmente a las yemas. Generalmente *M. scabra* presentan cormos que carecen de bulbillos, sin embargo, en algunos ejemplares, éstos llegan a presentarse. A este respecto, Castillejos y Solano (en prep.) están describiendo una nueva especie con cormos comprimidos a partir de los cuales se desarrollan bulbillos. La forma de los cormos no es constante y varían aún entre individuos de la misma especie (Fig. I, A a E).

Con respecto a los bulbos, Font-Quer (1977) y Moreno (1984) los definieron como tallos subterráneos; además, el primer autor señaló que presentan un cuerpo sólido,

discocaulinar muy desarrollado, mientras que, la segunda autora indicó que los bulbos son carnosos y están cubiertos con hojas engrosadas o escamas. Estas definiciones permitieron reconocer al otro tallo hipógeo de *Manfreda* como un bulbo. Este tipo de tallo ya había sido descrito por González (1998) para el género *Polianthes*.

Las bases de las hojas secas que se acumulan en cada estación de crecimiento se agrupan alrededor de la base del pedúnculo floral y conforman el bulbo, carecen de raíces y miden de 1.0 a 7.11 cm de longitud y 0.85 a 4.0 cm de grosor, son cilíndricos, obovados, ovados o irregulares. En la mayoría de las especies las bases de las hojas son fibrosas y membranáceas en *Manfreda longiflora*, *M. maculata*, *M. potosina* y *M. singuliflora* (Fig. I, A y B).

En todas las descripciones de las especies de *Manfreda*, no se había establecido la distinción entre cormos y bulbos, hasta que Castañeda *et al.* 2005 describieron a *M. galvanie* caracterizando los cormos. Verhoek-Williams (1975), Piña (1985), Ravena (1987), Lott y Verhoek-Williams (1991) y García-Mendoza *et-al.* (1995), utilizaron los términos “rizomas cilíndricos horizontales o globosos”, “rizomas cilíndricos”, “rizoma vertical”, “rizoma cilíndrico” y “rizoma erecto”, respectivamente, para referirse a ambos tipos de tallos. Quizá la confusión entre cormos y rizomas se deba a que los meristemas axilares o los bulbillos presentan crecimiento simpódico, que en el primer año de crecimiento originan nuevos cormos que se superponen a los anteriores dando la apariencia de tener un crecimiento horizontal.

4.1.4. Base del pedúnculo floral

Para referirse a la porción caulinar estéril de la inflorescencia de muchas agaváceas se ha venido utilizando el término escapo, el cual es incorrecto. Según Font-Quer (1977) y Moreno (1992), los escapos están desprovistos de hojas y las flores se localizan en el ápice de estos tallos. En el caso de las Agavaceae, esta porción presenta hojas modificadas y las flores no se encuentran en su porción terminal. Por lo tanto, es conveniente señalar a esta porción de la inflorescencia como pedúnculo floral, rasgo que ya había sido establecido por Solano (2000) en el género *Polianthes*.

El pedúnculo floral en *Manfreda* y otras agaváceas como *Agave*, *Beschorneria*, *Polianthes* y *Prochnyanthes* se origina en el ápice del bulbo cerca de la superficie del suelo, generalmente es terete, a veces estriado o con surcos longitudinales y hojas similares a las de la roseta, que disminuyen de tamaño hacia la porción distal de la inflorescencia. La base del pedúnculo pubescente separa a *Manfreda maculata* y *M. pubescens* de las otras especies; según González (1998) la base de este órgano en *Polianthes graminifolia* también tiene tricomas (Fig. I, F). Los tricomas son cortos y disminuyen hacia el ápice. Por otra parte, *M. guererensis*, presenta el pedúnculo floral rojizo. El diámetro del primer entrenudo de la base del pedúnculo floral es relativamente delgado en todas las especies y varía de 0.2 a 1.8 cm.

Fig. I. Morfología de raíces y tallos del género *Manfreda*. A. *M. potosina* a. Raíces contráctiles suculentas, fusiformes; b. Cormo cilíndrico, yemas inconspicuas, c. Bulbo ovoide, bases de las hojas membranáceas; B. *M. nanchititlensis* a. Raíces contráctiles, semisuculentas, cilíndricas, delgadas, b. cormo; c. Bulbo cilíndrico, bases de las hojas fibrosas; C, D. *M. scabra* a. Raíces fibrosas, b. Cormo subgloboso a irregular, c. bulbillos con catáfila; E. *M. guttata* a. Cormo cilíndrico con yemas axilares; F. *M. maculata* con tricomas en la base del pedúnculo.



4.2 ANATOMÍA

4.2.1 Raíces

En las raíces la exodermis ha desplazado a la cutícula y a la epidermis en todas las especies. Sus células no presentan una forma definida y únicamente se aprecian alargadas horizontalmente. Por debajo de la exodermis se presentan células corticales; las externas, en corte transversal, son irregulares y alargadas horizontalmente, grandes y alargadas radialmente en la parte media, a poliédricas y pequeñas muy cercanas a la endodermis (Fig. II, A). Únicamente *Manfreda potosina* y *M. longiflora* presentan células poliédricas en la mayor parte de la corteza (Fig. II, B), quizá debido a la succulencia de las mismas. Esta disposición probablemente este relacionada con la contracción de las raíces. Reyneke y Van Der Schijff (1974) indicaron que en ciertas etapas de desarrollo, ésta se debe a la expansión radial y contracción longitudinal de las células corticales medias o internas y al colapso del parénquima cortical externo. Estas observaciones fueron posteriormente realizadas en las raíces contráctiles de *Hyacinthus orientalis* por Jernstedt (1984).

Los idioblastos no son comunes en las raíces de este género. Solamente se observaron escasos rafidios, siempre ubicados cerca de la exodermis en *Manfreda potosina*, *M. longiflora* y *M. guerrerensis* (Fig. II, B). La presencia de estas sustancias ergásticas refleja la acumulación de calcio en sus tejidos. Prichid y Rudall (1999) indicaron que los rafidios y estiloides son frecuentes en Agavaceae para defenderse de los herbívoros. Esau (1982) mencionó que estas sustancias generalmente son producto de excreción.

La capa de células corticales colindantes con la endodermis, puede formar o no un anillo irregular compuesto por tres a cinco estratos de células, cuyas paredes aparecen engrosadas, probablemente por la acumulación de lignina. La presencia de este tipo de células es un carácter diagnóstico en la delimitación de las especies ya que el número de estratos fue constante en cada una de ellas. *Manfreda nanchitlensis* presentó de cuatro a cinco estratos y es endémica del Estado de México. *Manfreda guerrerensis*, *M. maculata*, *M. pubescens*, *M. scabra* y *M. singuliflora* poseen tres estratos; mientras que, *M. elongata*, *M. galvaniae*, *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. pringlei* no presentaron este tipo de células (Fig. II, C, D, F). Cabe mencionar

que los estratos no son continuos, pero si se presenta cuando menos uno que rodea completamente a la endodermis.

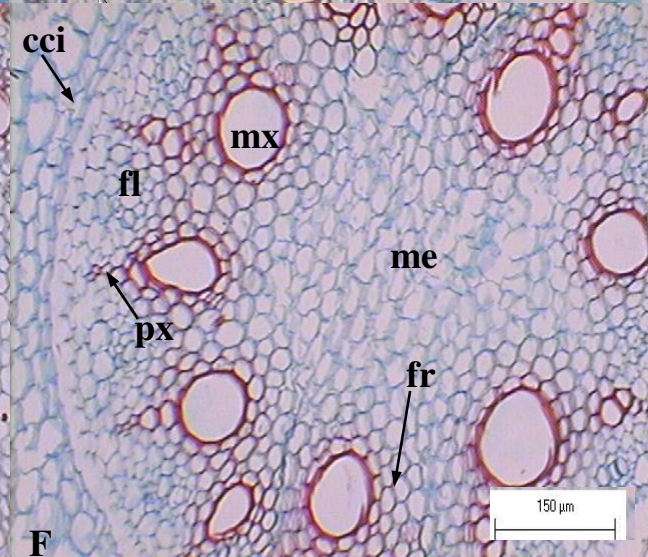
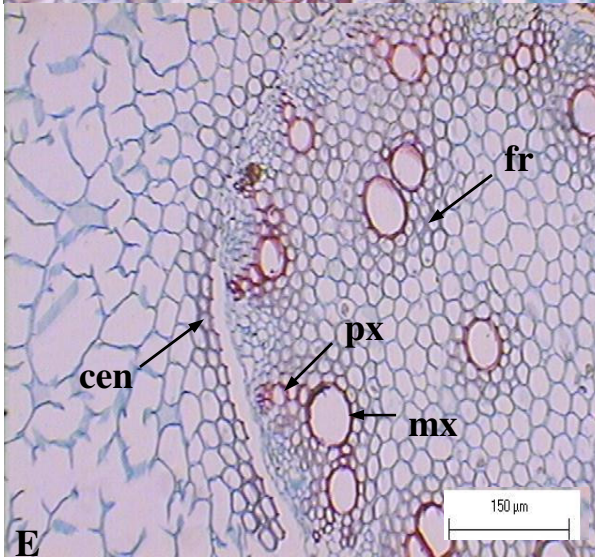
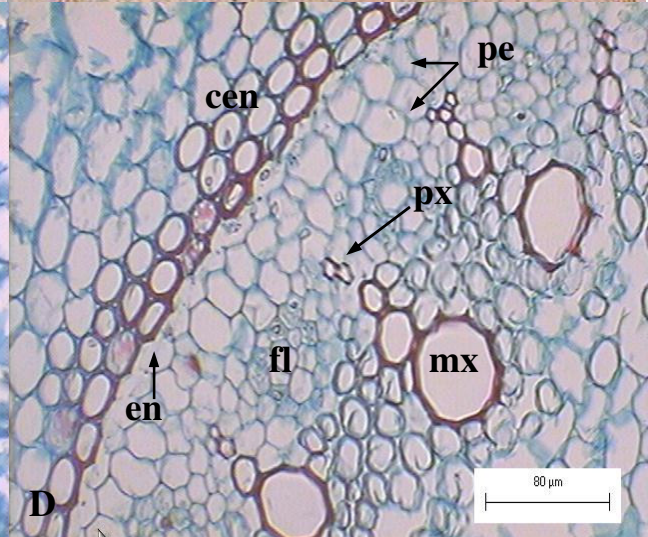
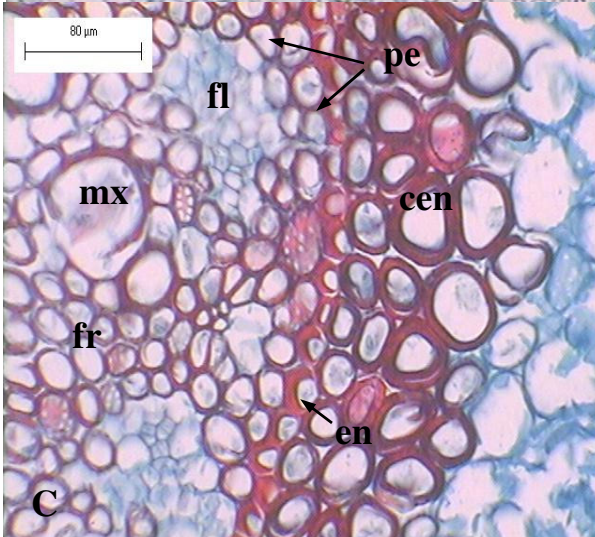
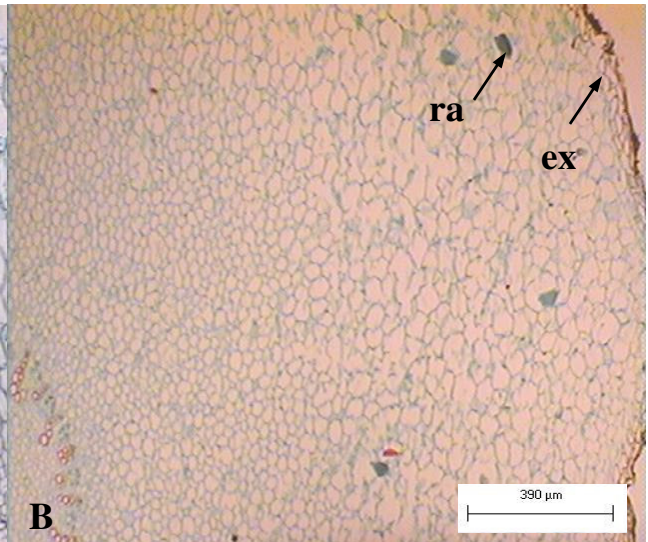
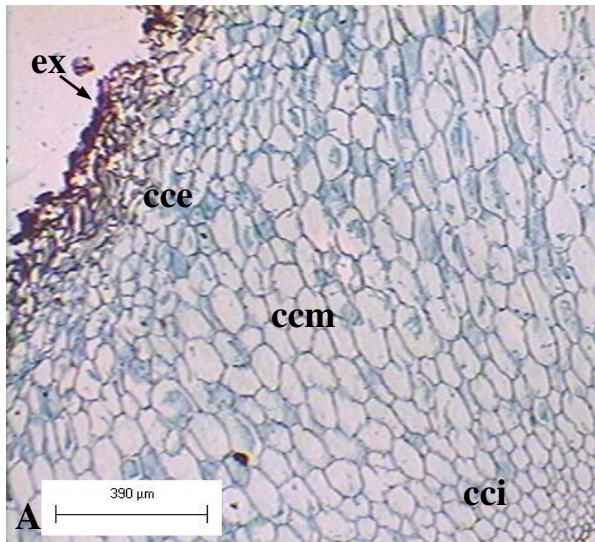
En corte transversal la endodermis es uniseriada con células rectangulares o irregulares, generalmente de paredes delgadas; con la típica banda de Caspary. Únicamente *M. nanchititlensis*, presenta engrosamiento en las paredes tangenciales colindantes con el periciclo por la acumulación de lignina (Fig. II, C, D).

El periciclo, primera capa de células del cilindro central o estele, generalmente es uniseriado, únicamente en *Manfreda longiflora*, *M. maculata*, *M. nanchititlensis*, *M. potosina*, *M. pubescens* y *M. singuliflora* es biseriado y solamente el estrato más cercano a los haces vasculares llega a interrumpirse por elementos de protoxilema (Fig. II, C, D). En *Manfreda scabra*, el periciclo puede ser uniseriado o biseriado.

Por el desarrollo centripeto del xilema primario, las raíces del género *Manfreda* son exarcas y por el número de polos de protoxilema, poliarcas y los haces vasculares se alternan (xilema, floema). El protoxilema y metaxilema generalmente se presentan en filas radiales y en algunos casos alcanzan el centro de la raíz; sin embargo, cuando no llegan a esta región rodean una médula. En *M. guerrerensis*, *M. nanchititlensis*, *M. potosina*, *M. pubescens*, *M. singuliflora* y *M. galvaniae*; el metaxilema se dispone desde el centro de la raíz, mientras que, en *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. maculata* y *M. pringlei* se ubica radialmente alrededor de una médula; en *M. scabra* la disposición es variable; además, en algunas especies como *M. guttata*, *M. guerrerensis*, *M. nanchititlensis*, *M. pringlei* y *M. scabra*; los haces de xilema están acompañados de fibras.

Al igual que el xilema, el floema muestra un desarrollo centripeto, los primeros elementos cribosos se encuentran más alejados del centro de la raíz, mientras que el metafloema aparece más internamente y se dispone alternando con las proyecciones del xilema.

Fig. II. Anatomía de la raíz (Sección transversal, ST). **A. *M. guttata***. Células corticales; **B. *M. potosina***. Células corticales, rafidios cercanos a la exodermis; **C. *M. nanchitlensis***. Células corticales cercanas a la endodermis con cuatro a cinco estratos lignificados o suberizados, periciclo biseriado. **D. *M. pubescens***. Células corticales internas con tres estratos lignificados o suberizados, periciclo biseriado; **E. *M. guererensis***. Protoxilema y metaxilema dispuesto radialmente; **F. *M. pringlei***. Células corticales internas sin estratos lignificados o suberizados. **ex**=exodermis, **cce**=células corticales externas, **ccm**=células corticales medias; **cci**=células corticales internas, **ra**=rafidios, **cen**=células corticales internas con paredes engrosadas, **fr**=fibras, **en**=endodermis, **pe**=periciclo, **px**=protoxilema, **mx**=metaxilema, **fl**=floema, **me**=médula



4.2.2 Cormos

La peridermis es unidireccional en todas las especies, el felógeno está conformado por sus células irregulares, alargadas horizontalmente; únicamente forma felema hacia el exterior constituida por varios estratos de células, sin una forma bien definida, dispuestas de manera irregular, sin idioblastos, ni espacios intercelulares, cualidades que no permitieron cuantificar el número de estratos del felema (Fig. III, A).

Por debajo de la peridermis las células parenquimáticas son irregulares, ligeramente alargadas horizontalmente y tienden a ser isodiamétricas a medida que se acercan al meristemo de engrosamiento secundario (MES) (Fig. III, A, B). En esta región se encontraron idioblastos con estiloides, rafidios y cuerpos de sílice (Fig. III, B). Las observaciones en las partes basal y apical en cortes transversal y longitudinal indicaron que estas sustancias ergásticas son muy variables aun entre individuos de la misma especie, e inclusive pueden estar ausentes en alguna de estas porciones. Por esta razón únicamente se describe la parte media del cormo. En el parénquima de esta se observan estiloides abundantes en *Manfreda elongata*, *M. guerrerensis*, *M. nanchititlensis* y *M. scabra*; escasos en *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. maculata*, *M. potosina*, *M. pringlei* y *M. singuliflora*; en *M. pubescens* y *M. galvaniae* varían de abundantes a escasos. Cabe mencionar que en cualquiera de los casos antes mencionados, los idioblastos tienden a disponerse en mayor cantidad cercanos al MES y disminuyen hacia la peridermis.

Los rafidios son abundantes en la parte media del cormo y generalmente se localizan cercanos al MES. En *Manfreda guttata*, *M. elongata*, *M. longiflora*, *M. potosina*, *M. pubescens* y *M. galvaniae*, son abundantes, mientras que, en *M. guerrerensis*, *M. maculata*, *M. nanchititlensis*, *M. potosina* y *M. singuliflora*, son escasos. Por otra parte, pueden ser escasos o abundantes en *M. pringlei* y *M. scabra*. En el parénquima de esta región, la presencia de cuerpos de sílice está restringida a cuatro especies: *M. elongata*, *M. nanchititlensis*, *M. potosina* y *M. pubescens*. En todas ellas son escasos, también siempre orientados cerca del MES.

Por debajo del parénquima se localiza el MES dispuesto radialmente, con células rectangulares en proceso de diferenciación, hasta casi cuadradas a alargadas radialmente en la madurez. Algunas hileras radiales del MES se introducen hacia la atactostela. El número de

estratos de este meristemo, es generalmente constante entre ejemplares de la misma especie, pero cuando llega a fluctuar, la diferencia es de uno a cuatro estratos (Cuadro II) (Fig. III, D, E). El mayor número de hileras se localiza en la parte media del cormo y es muy variable en *Manfreda scabra*.

CUADRO II. NÚMERO DE ESTRATOS DEL MERISTEMO DE ENGROSAMIENTO SECUNDARIO (MES) DEL CORMO

| ESPECIE | NÚM. DE ESTRATOS |
|---------------------------|------------------|
| <i>Manfreda elongata</i> | 8 |
| <i>M. galvaniae</i> | 11 |
| <i>M. guerrerensis</i> | 11 |
| <i>M. guttata</i> | 11 a 14 |
| <i>M. longiflora</i> | 4 a 6 |
| <i>M. maculata</i> | 11 |
| <i>M. nanchititlensis</i> | 8 a 9 |
| <i>M. potosina</i> | 9 a 10 |
| <i>M. pringlei</i> | 12 a 14 |
| <i>M. pubescens</i> | 10 a 16 |
| <i>M. scabra</i> | 11 a 19 |
| <i>M. singuliflora</i> | 7 |

En agaváceas como *Polianthes* (González, 1998), *Agave*, *Furcraea* y *Yucca*, (Tomlinson y Zimmermann, 1969; Diggle y DeManson, 1983) también se encuentra un MES. En otras monocotiledóneas entre ellas: *Alöe*, *Aphyllanthes*, *Aristea* (*Nivenia*), *Beucarnea*, *Cordilyne*, *Dracaena*, *Klattia*, *Kingia*, *Lomandra*, *Patersonia*, *Veratrum*, *Witsenia* y *Xanthorrhoea* se presenta este tejido ya sea antes de completar su desarrollo o en la madurez (Tomlinson y Zimmermann, 1969; Lu y Tsai-Chiang, 1976; Stevenson, 1980; Rudall, 1984).

De acuerdo con Lu y Tsai-Chiang (1976), Stevenson (1980), Esau (1982), Diggle y DeManson (1983) y González (1998), el MES forma haces vasculares colaterales y parénquima hacia el centro del tallo y una pequeña cantidad de parénquima hacia el exterior. En todas las especies estudiadas del género *Manfreda* se encuentran en el MES haces vasculares en desarrollo, diferenciándose primero los elementos cribosos y posteriormente los traqueales, esta misma situación también se presenta según González (1998) en *Polianthes* (Fig. III, C, D). Por debajo del MES, los haces vasculares colaterales se encuentran rodeados

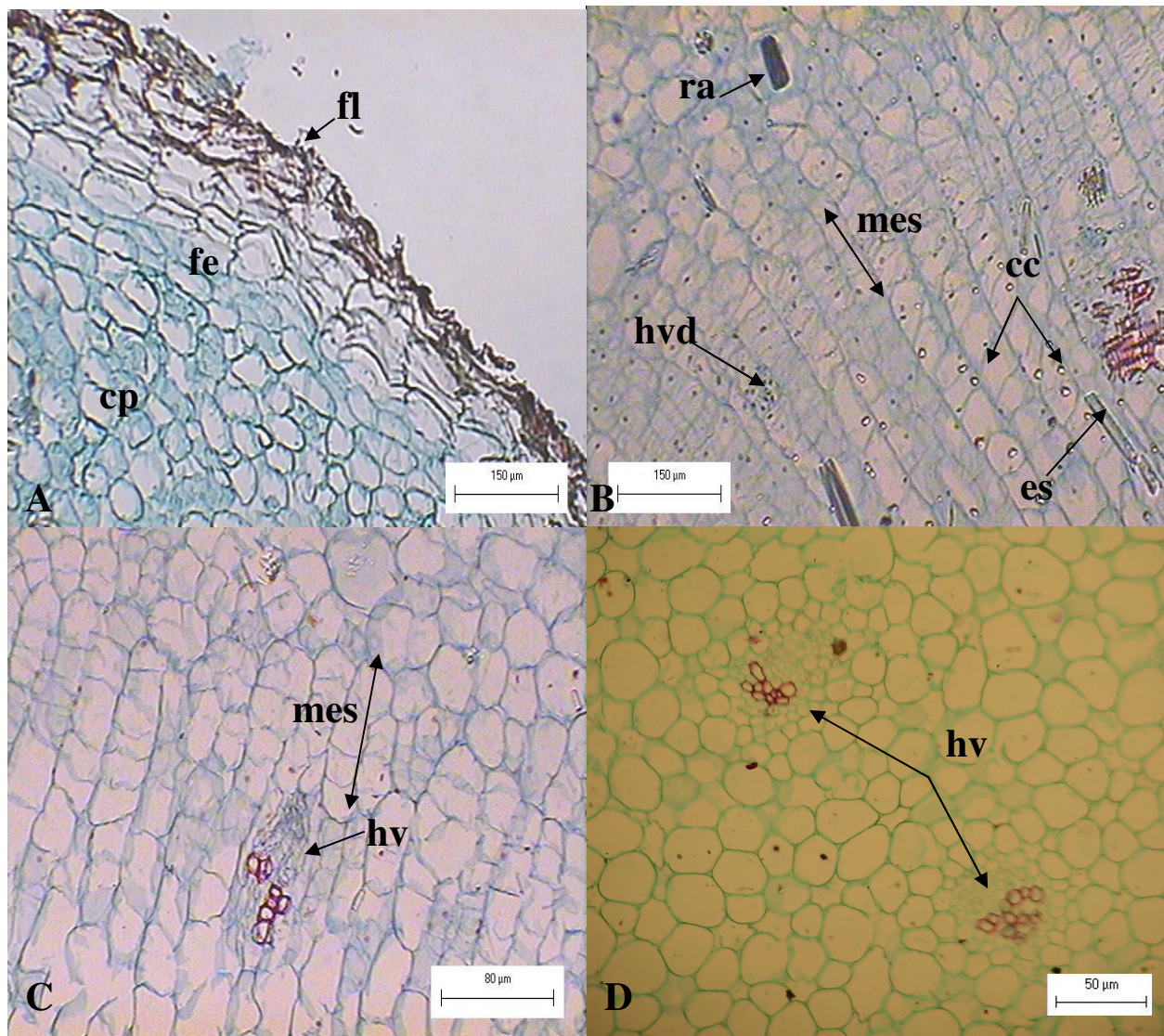
por células parenquimáticas, poliédricas o alargadas radialmente, con espacios intercelulares. El parénquima de la atactostela presenta estiloides y rafidios en todas las especies. La mayor concentración de estas sustancias ergásticas, generalmente se encuentra cerca del MES, disminuyen hacia el centro y en otros casos, aún entre ejemplares de la misma especie, se distribuyen de manera uniforme. Los cuerpos de sílice también se localizan frecuentemente cercanos al MES y están presentes en *Manfreda elongata*, *M. guttata*, *M. nanchititlensis*, *M. potosina*, *M. pringlei*, *M. pubescens* y *M. galvaniae*; entre ellas, únicamente *M. elongata*, *M. galvaniae* y *M. nanchititlensis* estos cuerpos también están presentes en la región central del cormo. En *M. scabra* los cuerpos de sílice son variables (Cuadro III).

CUADRO III. IDIOBLASTOS CONTENIDOS EN EL PARÉNQUIMA DEL CORMO

| ESPECIE | ESTILOIDES | RAFIDIOS | CUERPOS DE SÍLICE CERCANOS AL MES | CUERPOS DE SÍLICE EN CENTRO DEL CORMO |
|---------------------------|------------|----------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Manfreda elongata</i> | A* | A | A | A |
| <i>M. galvaniae</i> | A ó E | A | Au | A |
| <i>M. guerrerensis</i> | A | A | Au** | Au |
| <i>M. guttata</i> | E*** ó A | A | E ó A | Au |
| <i>M. longiflora</i> | E | A | Au | Au |
| <i>M. maculata</i> | E | A | Au | Au |
| <i>M. nanchititlensis</i> | A | A | E | E |
| <i>M. potosina</i> | A | A | A | Au |
| <i>M. pringlei</i> | E | E | E | Au |
| <i>M. pubescens</i> | E | A | Au o A | Au |
| <i>M. scabra</i> | A | A | E o Au | E o Au |
| <i>M. singuliflora</i> | A | E | E | Au |

*A=abundantes, **Au=Ausentes, ***E=escasos,

Fig. III. Anatomía del corno. **A.** *M. potosina*. Peridermis (felógeno y felema); **B.** *M. potosina*. Meristemo de engrosamiento secundario (MES) e idioblastos en parénquima **C.** *M. longiflora*. MES con menor número de estratos celulares, haces vasculares originados del MES; **D.** *M. maculata*. Haces vasculares desarrollados. **fl**=felema, **fe**=felógeno, **cp**=células parenquimáticas, **cc**=cuerpos de sílice, **es**=estiloides, **ra**=rafidios, **hvd**=haz vascular en diferenciación, **mes**=meristemo de engrosamiento secundario.



5.2.3. Bulbos

La cutícula varía en grosor. En la mayoría de las especies es moderadamente gruesa y varía entre 3 a 4 μm . Se consideró delgada en *Manfreda singuliflora* (2.57 μm), gruesa en *M. guerrerensis* (4.1 μm), *M. scabra* (4.14 μm), *M. pringlei* y *M. pubescens* (4.47 μm) y muy gruesa en *M. nanchititlensis* (5.28 μm), además en esta última especie la cutícula se introduce ligeramente entre las paredes anticlinales de las células (Fig. IV, A). *Manfreda pubescens* se distinguió por presentar cutícula estriada en la parte apical del bulbo, mientras que, hacia la base del mismo es lisa (Fig. IV, B). En las demás especies es lisa. Estos resultados coinciden con Álvarez (1987), quien también registró cutícula lisa en *M. brachystachya* (*M. scabra*) y *M. virginica*, además señaló que en *M. guttata* es estriada, aunque en este trabajo se observó lisa, probablemente existe variación entre los individuos de esta especie.

La epidermis es uniestratificada, con células cuadradas, a veces alargadas verticalmente o irregulares, sin idioblastos, con o sin papilas. En *Manfreda potosina*, la epidermis forma invaginaciones a lo largo del margen de las bases foliares (Fig. IV, C) En algunas especies como *M. elongata*, *M. nanchititlensis* y *M. pubescens* se desarrolla un estrato de células parecidas en talla y disposición a las epidérmicas (Fig. IV, D).

Por debajo de la epidermis se presenta parénquima esponjoso con células isodiamétricas o irregulares, espacios intercelulares e idioblastos en forma de estiloides y rafidios. Estos idioblastos se presentan tanto en la parte basal, media y apical del bulbo, en mayor proporción en la base. Ambos cristales se distribuyen en todo el tejido parenquimático sin orden, y también por debajo de la epidermis. En esta región, solamente los estiloides algunas veces no se depositan en *M. elongata*, *M. longiflora* y *M. scabra*, mientras que, la presencia de rafidios bajo la epidermis distingue a *M. pubescens* (Fig. IV, D). Los estiloides y rafidios del parénquima varían en abundancia entre las especies y muy poco entre ejemplares de la misma especie (Cuadro IV).

CUADRO IV. IDIOBLASTOS CONTENIDOS EN EL PARÉNQUIMA DEL BULBO

| ESPECIE | ESTILOIDES | RAFIDIOS |
|---------------------------|-------------------|-----------------|
| <i>Manfreda elongata</i> | A* | A |
| <i>M. galvaniae</i> | A | E |
| <i>M. guerrerensis</i> | E** ó A | A |
| <i>M. guttata</i> | E | A |
| <i>M. longiflora</i> | A | A |
| <i>M. maculata</i> | E ó A | E ó A |
| <i>M. nanchititlensis</i> | A | E ó A |
| <i>M. potosina</i> | E | E |
| <i>M. pringlei</i> | E | E |
| <i>M. pubescens</i> | A | A |
| <i>M. scabra</i> | A | A |
| <i>M. singuliflora</i> | E | A |

***A=abundantes, E**=escasos**

En *Manfreda elongata* el parénquima cercano a la epidermis contiene una capa continua de fibras. Estas fibras son de paredes gruesas con respecto al lumen celular; es discontinua en *M. galvaniae*, *M. guerrerensis*, *M. guttata*, *M. maculata*, *M. nanchititlensis* y *M. pringlei* cuyas fibras son de grosor moderado ya que el lumen celular es mayor. Es variable en ejemplares de *M. pubescens* y *M. scabra*. Los haces vasculares son colaterales y se localizan dispersos en el parénquima. Los más externos son pequeños e indiferenciados, en ellos, los elementos cribosos se diferencian antes que los elementos traqueales y algunas veces se encuentran acompañados por fibras y asociadas a ellas estiloides. Los haces vasculares más internos son más grandes y desarrollados, ovoides, o irregulares, las fibras acompañan al floema y al xilema, en algunas especies únicamente al floema y en otras están ausentes. En el primer caso se encuentran *Manfreda guerrerensis*, *M. nanchititlensis*, *M. pringlei*, *M. pubescens* y *M. galvaniae*, en este grupo únicamente *M. nanchititlensis* presenta una gran cantidad de fibras que encierran completamente a los haces vasculares; mientras que, *M. guttata*, *M. elongata*, *M. maculata* y *M. scabra* las fibras únicamente se asocian al floema y en *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. singuliflora* están ausentes, quizá la ausencia de fibras se deba a que estas especies presentan hojas ligeramente crasas o muy crasas (Fig. IV, G, H).

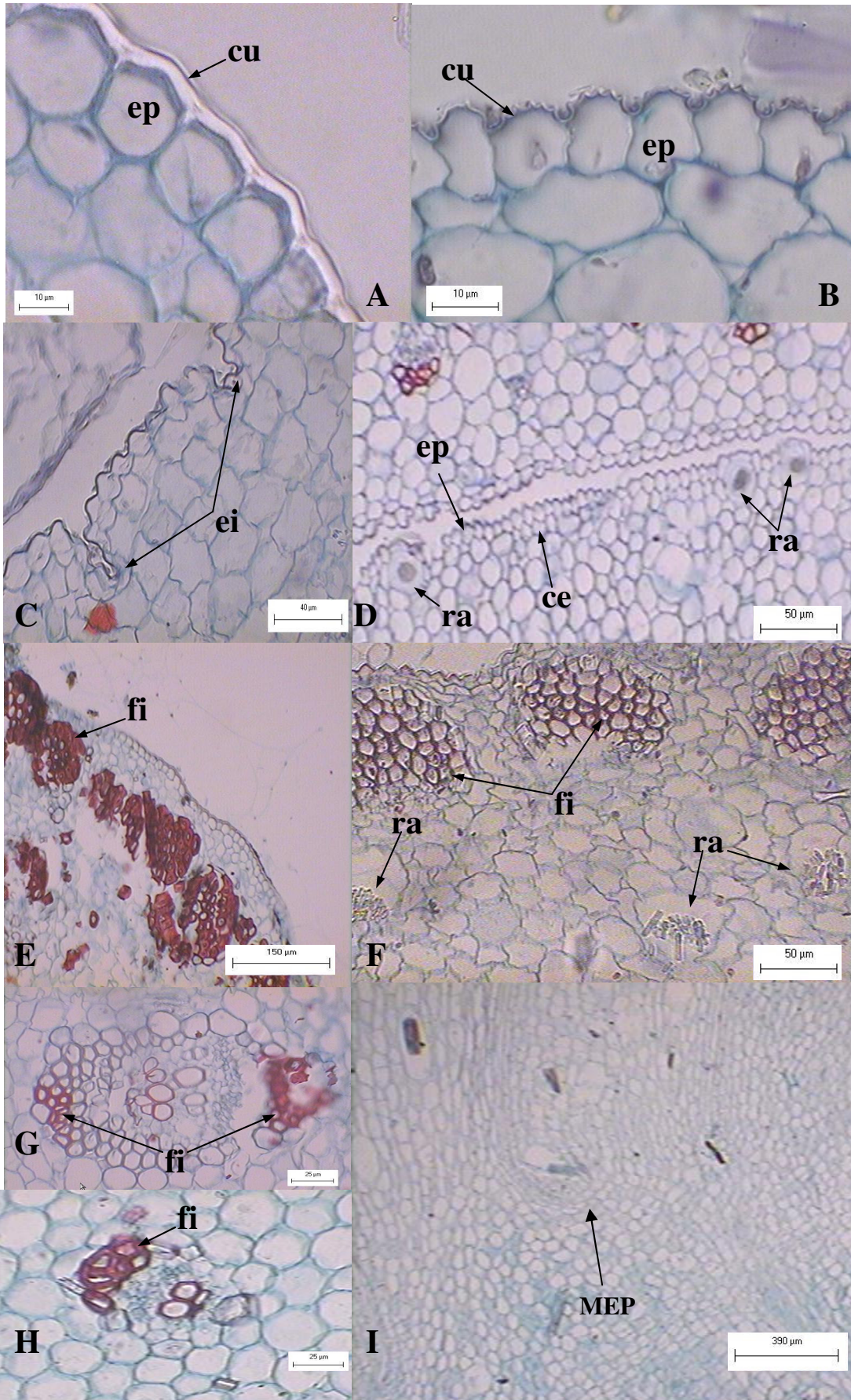
En general, la cantidad de fibras asociadas a los haces vasculares aumentó hacia el ápice de los bulbos y de acuerdo a su contenido se tiene que las especies con fibras

abundantes son *Manfreda galvaniae*, *M. guttata*, *M. nanchititlensis*, *M. pringlei* y *M. scabra*; medianamente fibrosas son *M. elongata*, *M. gerrerensis*, *M. maculata* y *M. pubescens*. La ausencia de fibras en el parénquima de las hojas del bulbo permitió separar a *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. singuliflora*. La presencia o ausencia de fibras se reflejan en las cubiertas fibrosas o membranáceas de las bases de las hojas de una estación de crecimiento anterior que aparecen protegiendo a los bulbos.

Por otra parte, el meristemo de engrosamiento primario (MEP) se observó en cortes longitudinales de la parte basal del bulbo. Se distinguió por la presencia de células dispuestas radialmente y en división en la base de las hojas, próximas al meristemo apical (Fig. IV, I).

Figura IV. Anatomía del bulbo del género *Manfreda* (CT). A. *M. nanchititlensis*.

Cutícula lisa, muy gruesa, en forma de “U” invertida; **B. *M. pubescens*.** Cutícula estriada, gruesa; **C. *M. potosina*.** Epidermis con invaginaciones en el margen de las bases foliares; **D. *M. pubescens*.** Hipodermis; **E. *M. elongata*.** Fibras en línea continúa cerca de la epidermis; **F. *M. pringlei*.** Fibras discontinuas cerca de la epidermis; **G. *M. nanchititlensis*.** Haz vascular con fibras asociadas al floema y xilema; **H. *M. maculata*.** Haz vascular con fibras asociadas al floema; **I. *M. singuliflora*.** Corte longitudinal (CL). MEP. **cu**=cutícula, **ep**=epidermis, **ei**=epidermis con invaginaciones, **ce**=células parecidas a las endodérmicas, **es**=estiloide, **ra**=rafidios, **fi**=fibras,.



4.2.4 Base del pedúnculo floral

El pedúnculo floral está constituido de epidermis, una banda de fibras intermedia y la atactostela. La cutícula es lisa, únicamente se presentan estrías en *Manfreda pubescens*, es muy gruesa en *M. potosina* (5.79 μ m), moderadamente gruesa (3 a 4 μ m) en la mayoría de las especies, gruesa en *M. maculata* (4.03 μ m), *M. nanchititlensis* (4.17 μ m), *M. scabra* (4.54 μ m), *M. galvaniae* (4.67 μ m) y delgada en *M. guerrerensis* (2.56 μ m) y *M. pringlei* (2.73 μ m) (Fig. V. A, B). El grosor de la cutícula está estrechamente relacionado con el ambiente en el cual se desarrollan cada una de las especies. Las de clima templado presentan cutícula de menor grosor, mientras que las que crecen en zonas áridas como *M. potosina* tienen cutícula muy gruesa. En *Polianthes* González (1998) indicó que la cutícula de esta parte de la inflorescencia es generalmente delgada, rara vez gruesa y en forma de “U” invertida en *P. graminifolia* y *P. plathyphylla*.

La epidermis es uniestratificada, con células cuadradas, generalmente papilosa y sin idioblastos (Fig. V. A, B).

La región de la atactostele ubicada entre la epidermis y la banda de fibras está conformada de parénquima con células isodiamétricas a irregulares, espacios intercelulares triangulares, romboides o irregulares. Por debajo de la epidermis se distribuyen escasos estiloides, excepto en *Manfreda longiflora* y *M. singuliflora*, mientras que, *M. pringlei* y *M. pubescens* pueden o no presentarlos. En el resto de las células parenquimáticas los idioblastos con estiloides y rafidios, pueden estar ausente o presentes, en este último caso varían de abundantes a escasos (Cuadro V). Los estiloides generalmente se encontraron cercanos a los haces vasculares o asociados a las fibras tanto del xilema como del floema, mientras que, los rafidios se distribuyen de manera irregular en todo el parénquima.

CUADRO V. IDIOBLASTOS CONTENIDOS EN EL PARÉNQUIMA DE LA BASE DEL PEDÚNCULO

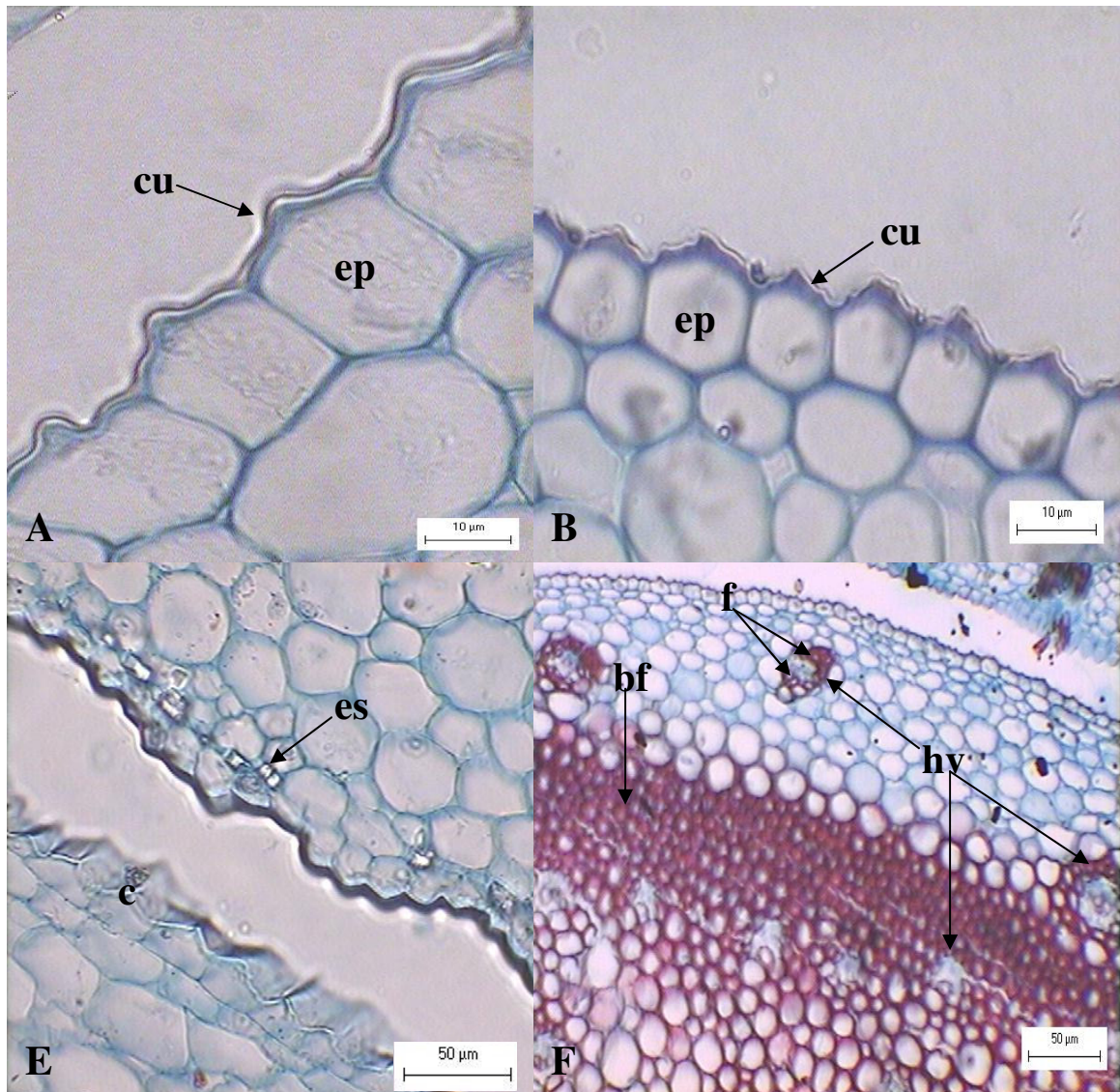
| ESPECIE | ESTILOIDES | RAFIDIOS |
|---------------------------|-------------------|-----------------|
| <i>Manfreda elongata</i> | P* | P |
| <i>M. galvaniae</i> | P | P |
| <i>M. guerrenensis</i> | P | P |
| <i>M. guttata</i> | P | P |
| <i>M. longiflora</i> | Au** | P |
| <i>M. maculata</i> | P | Au |
| <i>M. nanchititlensis</i> | P | P |
| <i>M. potosina</i> | Au | P |
| <i>M. pringlei</i> | P ó Au | P ó Au |
| <i>M. pubescens</i> | P ó Au | P ó Au |
| <i>M. scabra</i> | P | P ó Au |
| <i>M. singuliflora</i> | Au | P |

***P=Presentes, **Au=ausentes**

La banda de fibras forma un anillo y en ambos lados se desarrollan haces vasculares (Fig. V. D). Esta banda funciona como una estructura de sostén del eje de la inflorescencia y según González (1998), también se presenta en la mayoría de las especies del género *Polianthes* con la misma función, excepto en *Polianthes howardii*, donde se sustituye por una banda de parénquima, probablemente su ausencia provoca que las inflorescencias de *P. howardii*, se inclinen. Por su lignificación centrífuga y grosor de las paredes secundarias, maduran primero las fibras cercanas a la epidermis.

Los haces vasculares son colaterales, se disponen en tres regiones, 1) entre la epidermis y la banda de fibras, 2) dentro de la banda y 3) después de esta banda (Fig. V. D). En las tres zonas se encuentran tanto haces maduros como inmaduros, estos últimos de menor tamaño, ambos con fibras abundantes asociadas al floema y en menor proporción al xilema, aunque los que se localizan en la banda de fibras están completamente rodeados de éstas. Por debajo de esta banda, las fibras asociadas al tejido vascular, son útiles taxonómicamente; se encontraron fibras asociadas al floema en *M. elongata*, *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. maculata*, *M. potosina*, *M. singuliflora* y *M. galvaniae*; asociadas al floema y al xilema en *M. guerrenensis* y *M. nanchititlensis*. En *M. scabra* este carácter es variable. En algunas especies como *Manfreda pringlei*, *M. pubescens* y *M. scabra* esta región también presenta fibras por lo que rodean completamente a los haces vasculares.

Fig. V. Anatomía de la base del pedúnculo floral (ST). **A.** *M. potosina*. Cutícula lisa, muy gruesa, epidermis papilosa; **B.** *M. pubescens*. Cutícula estriada, moderadamente gruesa, epidermis papilosa; **C.** *M. pringlei*. Estiloides bajo la epidermis; **D.** *M. pubescens*. Haces vasculares con fibras asociadas al floema y xilema; **bf**=banda de fibras, **cu**=cutícula, **es**=estiloide, **ep**=epidermis, **f**=fibras, **hv**=haz vascular.



V. CONCLUSIONES

El género *Manfreda* presenta dos tipos de tallos hipógeos: un cormo y un bulbo, también propuestos para *Polianthes* por González (1998). Las raíces contráctiles fusiformes caracterizan a *Manfreda longiflora* y *M. potosina*; la cubierta membranácea separa a *M. longiflora*, *M. maculata*, *M. potosina* y *M. singuliflora* mientras que en las demás especies esta cubierta es fibrosa. Los tricomas unicelulares son propios de *M. pubescens* y *M. maculata*. Por lo que son caracteres con importancia taxonómica.

Anatómicamente, la presencia de rafidios en el parénquima de las raíces distingue a *Manfreda guerrerensis*, *M. longiflora* y *M. potosina*. El parénquima colindante con la endodermis forma un anillo de células lignificadas; el número de estratos separó a las especies. La ausencia de este anillo distinguió a *M. galvaniae*, *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. pringlei*. La endodermis con paredes engrosadas por la acumulación de lignina, en las paredes colindantes con el periciclo, es característica de *M. nanchititlensis*.

En el cormo de todas la especies se desarrolla un meristemo de engrosamiento secundario (MES). En este órgano únicamente *M. galvaniae*, *M. elongata* y *M. nanchititlensis* presentan cuerpos de sílice en la región central.

La cutícula muy gruesa del bulbo, es característica de *M. nanchititlensis* mientras que, la cutícula estriada distingue a *M. pubescens*. En este órgano, una línea continua de fibras cercana a la epidermis se encuentra en *Manfreda elongata* mientras que es discontinua en *M. galvaniae*, *M. guerrerensis*, *M. guttata*, *M. maculata*, *M. nanchititlensis* y *M. pringlei*. Las fibras asociadas a los haces vasculares son un carácter diagnóstico; en *Manfreda galvaniae*, *M. guerrerensis*, *M. nanchititlensis*, *M. pringlei* y *M. pubescens* se asocian al floema y xilema y únicamente en *M. elongata*, *M. guttata*, *M. maculata* y *M. scabra*, las fibras se asocian al floema. La ausencia de fibras en los haces vasculares permitió separar a *M. longiflora*, *M. potosina* y *M. singuliflora*.

En la base del pedúnculo, la cutícula es muy gruesa en *Manfreda potosina* y únicamente en *M. pubescens* esta estructura es estriada. Las fibras asociadas a los haces vasculares localizados por debajo de la banda de fibras son útiles taxonómicamente; se encontraron fibras asociadas al floema en *M. elongata*, *M. guttata*, *M. longiflora*, *M. maculata*, *M. potosina*, *M. singuliflora* y *M. galvaniae*; asociadas al floema y al xilema en *M. guerrerensis* y *M. nanchititlensis*.

ANEXO
FORMATOS DONDE SE REGISTRARON LOS CARACTERES
MORFOLÓGICOS Y ANATÓMICOS DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO
***MANFREDA* SALISB.**

FORMATO I
CARACTERES MORFOLÓGICOS

DATOS GENERALES

ESPECIE _____

RECOLECTOR _____

NÚMERO _____ ESTADO _____

LOCALIDAD _____

TIPO DE VEGETACIÓN _____

DEPOSITADO EN _____

RAIZ

LONGITUD _____ cm DIÁMETRO _____ cm

FORMA _____ OBSERVACIONES _____

TALLOS

BULBO

LONGITUD _____ cm DIÁMETRO _____ cm

FORMA _____

CUBIERTA FIBROSA: PRESENTE _____ AUSENTE _____

CUBIERTA MEMBRANÁCEA: PRESENTE _____ AUSENTE _____

OBSERVACIONES _____

CORMO

LONGITUD _____ cm DIÁMETRO _____ cm

FORMA _____ OBSERVACIONES _____

BASE DEL PEDÚNCULO FLORAL

DIÁMETRO _____ cm

TRICOMAS: PRESENTE _____ AUSENTE _____

OBSERVACIONES _____

FORMATO II
CARACTERES ANATÓMICOS
RAÍZ

| | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Lisa | Estriada | Observaciones |
| CUTÍCULA | Delgada | Gruesa | Observaciones |
| EPIDERMIS | Uniseriada | Otra | Observaciones |
| EXODERMIS | Presente | Ausente | Observaciones |
| CORTEZA. FORMA DEL PARÉNQUIMA | Esférica | Otra | Observaciones |
| CORTEZA. COLÉNQUIMA | Presente | Ausente | Observaciones |
| CORTEZA. ESCLERÉNQUIMA | Presente | Ausente | Observaciones |
| CORTEZA. AERÉNQUIMA | Presente | Ausente | Observaciones |
| CORTEZA. GRANOS DE ALMIDÓN | Presente | Ausente | Observaciones |
| ENDODERMIS | Uniseriada | Otra | Observaciones |
| ENDODERMIS. PAREDES SECUNDARIAS | Gruesas | Delgadas | Observaciones |
| PERICICLO | Parénquima | Esclerénquima | Observaciones |
| PERICICLO | Parénquima | Esclerénquima | Observaciones |
| XILEMA | Diarco | Otro | Observaciones |
| VASOS. METAXILEMA ALREDEDOR MÉDULA | Sí | No | Observaciones |
| FLOEMA | Observaciones | | |
| METAXILEMA CENTRO | Si | No | Observaciones |

FORMATO III
CARACTERES ANATÓMICOS
CORMO

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------|-------------------------|---------------|
| EPIDERMIS | Presente | Ausente | | | Observaciones |
| PERIDERMIS | Unidireccional | Bidireccional | | | Observaciones |
| FELÓGENO DISTINTIVO DEL FELEMA | No | | | | Observaciones |
| | SI | | | | |
| | No. estratos de células del felógeno | No. estratos de células del felema | | | |
| FELÓGENO. Paredes de las células | Delgadas | Gruesas | | | Observaciones |
| FELÓGENO. Forma de las células | Rectangulares | Otra | | | Observaciones |
| FELÓGENO. Disposición de las células | Radial | Otra | | | Observaciones |
| FELEMA. Paredes de las células | Delgada | Gruesa | | | Observaciones |
| FELEMA. Forma de las células | Rectangular | Otra | | | Observaciones |
| FELEMA. Disposición de las células | Radial | Otra | | | Observaciones |
| FELEMA | Sin idioblastos | | | | Observaciones |
| | Con idioblastos | | | | |
| | Taninos | C. sílice | Estiloides | Rafidios | |
| PARÉNQUIMA. Paredes de las células | Rectangulares | Otra | | | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. Forma de las células | Rectangulares | Otra | | | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. | Sin idioblastos | | | | Observaciones |
| | Con idioblastos | | | | |
| | Taninos | C. sílice | Estiloides | Granos almidón Rafidios | |
| MES. No. de células | | | | | Observaciones |
| MES. Forma de las células | Rectangulares | Otra | | | Observaciones |
| MES. Disposición de las células | Radial | Otra | | | Observaciones |

| | | | |
|---|--------------------|----------------------|---------------|
| HACES VASCULARES INDIFERENCIADOS | Elementos cribosos | Elementos traqueales | Observaciones |
| PARENQUIMA. Células que rodean a los haces vasculares | Forma | | |
| | Tamaño | | |
| | Disposición | | |
| PARÉNQUIMA. Cuerpos de sílice en la región central | Presentes | Ausentes | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. Idioblastos en el cilindro central | Ausentes | | Observaciones |
| | Presentes | | |
| | Taninos | C. sílice | |
| HACES VASCULARES | Colaterales | Bicolaterales | Observaciones |

FORMATO IV
CARACTERES ANATÓMICOS
BULBO

| | | | | | | |
|---|-------------------------|---------------|----------------------|----------------|---------------|------------|
| CUTÍCULA | Lisa | Otra | Observaciones | | | |
| CUTÍCULA | Delgada | Gruesa | Observaciones | | | |
| CUTÍCULA. Forma | Ondulada | "U" invertida | | Observaciones | | |
| EPIDERMIS. Forma de las células | Irregulares | | Observaciones | | | |
| | Irregular a piramidal | | | | | |
| | Irregular a rectangular | | | | | |
| | Piramidal | | | | | |
| EPIDERMIS. Número de estratos | | Observaciones | | | | |
| EPIDERMIS | Taninos | | C. sílice | | Rafidios | Estiloides |
| PARÉNQUIMA | Esponjoso | | Observaciones | | | |
| PARÉNQUIMA. Forma de las células | Poliédricas | | Observaciones | | | |
| PARÉNQUIMA | Taninos | C. sílice | Estiloides | Granos almidón | Rafidios | |
| PARÉNQUIMA. Células que rodean a los haces vasculares | Iguales a las otras | | | | | |
| | No iguales | | | | | |
| | Forma | | | Tamaño | | |
| HACES VASCULARES | Colaterales | | Bicolaterales | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES. Forma, hacia el haz | Ovoides | | Otra | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES. Tamaño, hacia el haz | Pequeños | | Grandes | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES. Forma, hacia el envés | Ovoides | | Otra | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES. Tamaño, hacia el envés | Pequeños | | Grandes | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES INDIFERENCIADOS | Elementos cribosos | | Elementos traqueales | | Observaciones | |
| MEP. Posición | Base hojas, prox. MA | | Otra región | | Observaciones | |
| MEP. Forma de las células | Rectangulares | | Otra | | Observaciones | |
| MEP. Paredes de las células | Gruesas | | Delgadas | | Observaciones | |

FORMATO V
CARACTERES ANATÓMICOS
BASE DEL PEDÚNCULO

| | | | | | | |
|--|--------------------|--------|---------------------------|--------|---------------|---------------|
| CUTÍCULA | Lisa | | Estriada | | | Observaciones |
| CUTÍCULA | Delgada | | Gruesa | | | Observaciones |
| CUTÍCULA. Forma | Ondulada | | Otra | | | Observaciones |
| EPIDERMIS | Papilosa | | Lisa | | | Observaciones |
| EPIDERMIS. Forma de las células | Poliédricas | | Otra | | | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. Paredes de las células entre epidermis y banda de fibras | Delgadas | | Gruesas | | | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. Células entre epidermis y banda de fibras | Poliédricas | | Otra | | | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. Células entre epidermis y banda de fibras. | Núm. de estratos | | Observaciones | | | Observaciones |
| PARÉNQUIMA. | Taninos | Sílice | Estiloi | Gr.Al. | Rafidios | Observaciones |
| HACES VASCULARES INDIFERENCIADOS | Elementos cribosos | | Elementos traqueales | | | Observaciones |
| BANDA DE FIBRAS | Núm. de estratos | | Observaciones | | | |
| | 4-10 | 11-20 | | | | |
| BANDA DE FIBRAS | Grosor total | | Observaciones | | Observaciones | |
| BANDA DE FIBRAS.- Hacia donde van madurando. | Hacia la epidermis | | Hacia el cilindro central | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES.-en la banda de fibras. | Presentes | | Ausentes | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES | Colaterales | | Bicolaterales | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES.- Posición en la banda de fibras. | En medio | | En la parte superior | | Observaciones | |
| PARENQUIMIA | Poliédricas | | Otra | | Observaciones | |
| PARENQUIMIA.- Paredes de la Célula. | Delgadas | | Gruesas | | Observaciones | |
| PARENQUIMIA.-Idioblastos en el cilindro central. | Taninos | Sílice | Estiloi | Gr.Al. | Rafidios | Observaciones |
| HACES VASCULARES.- del Cilindro Central. | Presentes | | Ausentes | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES.- del Cilindro Central | Colaterales | | Bicolaterales | | Observaciones | |
| HACES VASCULARES.- fibras asociadas a los haces. | Presentes | | Ausentes | | Observaciones | |
| FIBRAS.-Asociadas a los haces vasculares (Cantidad) | 4-10 | 11-20 | Observaciones | | Observaciones | |

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Álvarez de Z., A. 1987. Sistemática y Filogenia de la familia Agavaceae Endlincher. Tesis, Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana. Facultad de Biología, Jardín Botánico Nacional. La Habana.
- André, R.-Ed. 1901. *Agave langlassei*. Paris. *Horticole* **26**: 319.
- Arnott, H. J. 1962. The seed, germination and seedling of *Yucca*. Berkeley.
- Ayala H., Ma. M. 2006. Patrones de diversidad y distribución del género *Manfreda* Salisb. Agavaceae. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México, D. F.
- Baker, J. G. 1888. Handbook of Amaryllideae. London.
- Berger, A. 1915. Die Agaven. Beiträge zuiner monographie. Jena.
- Bell, A. D. 1991. Plant form, an illustrated guide to flowering plant morphology. Oxford University Press. New York.
- Bentham, G. y J. D., Hooker. 1883. Genera Plantarum 3. London.
- Bogler, D. J. y B. B., Simpson. 1995. A chloroplast DNA study of Agavaceae. *Syst. Bot.* **20**: 191-205.
- Bogler, D. J. y B. B., Simpson. 1996. Phylogeny of Agavaceae based on ITS rDNA sequence variation. *Amer. J. Bot.* **83**: 1225-1235.
- Carlquist, S. 1982. The use of ethylenediamine in softening hard plant structures for paraffin sectioning. *Stain Tech.* **57**: 31-37.
- Castañeda Rojas, A., I. S., Franco Martínez y A. García-Mendoza, 2005. *Manfreda galvanie* (Agavaceae), especie nueva de México, con nota sobre la ubicación taxonómica de *M. malinaltenangensis* Matuda y su lectotipificación. *Act. Bot. Mex.* **72**: 65-76.
- Chakraverti, D. N. 1939. Secondary growth in the bulb of *Polyanthes tuberosa* L. *Curr. Sci.* **8**: 263-264.
- Chen, S. 1969. The contractile roots of *Narcissus*. *Ann. Bot.* **33**: 421-426.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1999. Síntesis del estado de las Colecciones Biológicas Mexicanas. Resultados de la encuesta: "Inventario y diagnóstico de la actividad taxonómica en México". México, D. F.
- Curtis P., J. 1986. Microtecnia vegetal. Trillas. Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F.
- Dahlgren, R. M. T. 1985. The families of the monocotyledons. Structure, evolution and taxonomy. Berlín: Springer-Verlag.
- Diggle, K. P. and D. A. DeManson. 1983. The relationship between the primary thickening meristem and the secondary thickening meristem in *Yucca whipplei* Torr. I. Histology of the mature vegetative stem. *Amer. J. Bot.* **70**: 1195-1204.
- Eguiarte, L. E. *et al.* 1995. Hutchinson (Agavales) vs Huber y Dahlgren (Asparagales). Análisis moleculares sobre filogenia y evolución de la familia Agavaceae *sensu* Hutchinson dentro de las monocotiledóneas. *Bol. Soc. Bot. Méx.* **56**: 45-56.
- Eguiarte, L. E. 1994. The systematic status of the Agavaceae and Nolinaceae and related Asparagales in the monocotyledons: An analysis based on the rbcL gene sequence. *Bol. Soc. Bot. Méx.* **54**: 36-56.
- Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Espejo, A. y A. R., López-Ferrari. 1993. Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Comisión Nacional de la Biodiversidad. México, D. F.
- Font-Quer, P. 1977. Diccionario de Botánica. 6ª. Reimpresión. Labor. Barcelona.
- García-Mendoza, A., A., Castañeda, R. y I. S., Franco M. 2000. *Manfreda littoralis* (Agavaceae), nueva especie de Guerrero y Oaxaca, México. *Act. Bot. Mex.* **50**: 39-45.
- García-Mendoza, A. y R., Galván V. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* **56**: 7-24.
- Gaviño D. L., T. G. et-al. 1999. Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y de Campo. 2ª ed. Limusa. México, D. F.
- Gentry, H. S. 1972. The Agave family in Sonora. Agriculture Handbook. Washington.
- González B., A. R. 1998. Descripción morfológica y anatómica del tallo de *Polianthes* L. (AGAVACEAE). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México, D. F.

- Guerrero G., A. N. 2006. Los suelos donde se distribuye el género *Manfreda* Salisb. AGAVACEAE, su caracterización ecológica y clasificación de acuerdo a la WRB. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México, D. F.
- Hernández, S. L. 1995. Análisis cladístico de la familia Agavaceae. México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* **56**: 57-68.
- Homlgrem, K., N. H., Homlgren & L. C., Barnett. 1990. *Index herbariorum*. Part. I: The Herbaria of the World. 9 ed. New York Botanical Garden. New York.
- Hutchinson, J. 1934. The families of flowering plants. Vol II. Monocotyledons. Macmillan Co. London.
- Jacobsen, J. 1960. A handbook of succulent plants. Blandford Press. London.
- Jernstedt, A. J. 1984. Root contraction in *Hyacinthus* I. Effects of IAA of differential cell expansion. *Amer. J. Bot.* **71**: 1080-1089.
- Johansen, 1940. Plant microtechnique. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- Linnaeus, C. 1753. Species plantarum. Tomo I. Stockholm.
- Lott, J. E. y S. E., Verhoek-Williams. 1991. *Manfreda chamelensis* (Agavaceae: *Poliantheae*), A New Species from western México. *Phytología.* **70**: 366-370.
- Lu, Chin-Yi and Su-Hwa, Tsai- Chiang. Lateral Thickening in the stem of AGAVE RIGIDA MILL. AND ALOE VERA L. *Taiwania.* **21**: 204-219.
- Mangin, L. 1882. Origine et insertion des racines adventives et modifications correlatives de la tige chez los monocotyledosnes. *Ann Sci. Nat. Bot.* **14**: 216-363.
- Matuda, E. 1960. Las Liliáceas del Estado de México. Toluca.
- Matuda, E. 1972. Plantas Nuevas de México. Ins. Biol. Universidad. Nacional Autónoma de México. *Ser. Bot.* **43**: 51-62.
- Matuda, E. 1975. Una Nueva *Manfreda* de Guerrero. *Cact. Suc. Mex.* **20**: 46-48.
- Matuda, 1976. Tres Nuevas Especies de Plantas Mexicanas. *Cact. Suc. Mex.* **21**: 74-76.
- McVaugh, R. 1909. Liliaceae. En: Anderson W. R. (ed.). *Flora Novo-Galicyana.* **15**: 120-293.

- Montenegro G., R. 1974. Desarrollo de raíces contráctiles en *Hippeastrum chilense*, neófito del matorral chileno. *Acta. Cient. Venezolana*. **25**: 82-86.
- Moreno P., N. 1984. Glosario Botánico Ilustrado. Continental. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa.
- Piña L., Y. 1985. Consideraciones sobre el género *Manfreda* I. *Cact. Suc. Mex.* **30**: 27-32.
- Ravena, P. 1987. Notes on AGAVACEAE I. A New Species of *Manfreda*. INTA, Universidad de Santiago, Chile. *Herb.* **43**: 17-19.
- Reyneke, W. F. and H. y P. Van Der Schiiff. 1974. The anatomy of contractile roots in *Eucomis* L'Hérit. *Ann. Bot.* **38**: 977-982.
- Rose, J. N. 1899. A proposed rearrangement to the suborder Agavaceae. *Contr. U. S. Natl. Herb.* **4**: 150-157.
- Rose, J. N. 1903. Amaryllidaceae. *Cont. U. S. Natl. Herb.* **8**: 8-23.
- Ruzin, E. S. 1979. Root contraction in *Fressia* (Iridaceae). *Amer. J. Bot.* **66**: 522-531.
- Salisbury 1866. The genera of plants. John Van Voorst. London.
- Shinners, H. L. 1966. Texas *Polianthes*, including *Manfreda* (*Agave* subgenus *Manfreda*) and *Runyonia* (Agavaceae). *Sida* **2**: 333-338.
- Shinners, H. L. 1967. *Polianthes rosei*. *Sida* **3**: 183.
- Solano C., E. 2000. Sistemática del género *Polianthes* L. (Agavaceae). Tesis, Doctor en Ciencias. Facultad de Ciencias, División de Estudios de Postgrado. México, D. F.
- Sterling, C. 1972. Mechanism of root contraction in *Gladiolus*. *Ann. Bot.* **36**: 589-598.
- Stevenson, D. W. 1980. Radial growth in *Beaucarnea recurvata*. *Amer. J. Bot.* **67**: 476-489.
- Thiede, J. 2001. Agavaceae. Pp 5-76. In Eggli, U. (ed.) Illustrated Handbook of Succulent Plants: Monocotyledons. Germany.
- Tomlinson, P. B. y M. H., Zimmermann 1969. Vascular Anatomy of Monocotyledons with Secondary Growth. An Introduction. *J. Arnold Arbor.* **50**: 160-179.
- Wunderlich, R. 1950. Die Agavaceae Hutchinsons in Lichte ihrer Embriologie, ihres Gynözeum, Stäubblatt und Blattbaues. *Österr. Bot.* **97**: 437-502. In: Álvarez de Z., A. 1987. Sistemática y Filogenia de la familia Agavaceae Endlicher. Tesis, Doctor en

Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana. Facultad de Biología, Jardín Botánico Nacional. La Habana.

Verhoek-Williams, S. E. 1975. A study of the Tribe *Poliantheae* (including *Manfreda*) and revision of *Manfreda* and *Prochnyanthes* (Agavaceae). Cornell Univ. Ph. D. Dissertation. Ithaca, New York.

Verhoek-Williams, S. E. 1978. Two new species and a new combination in *Manfreda* (Agavaceae). *Brittonia* **30**: 165-171.