

1 9 8 7 - A

079295698

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ESTUDIO ANATOMICO PRELIMINAR DEL TALLO EN PITAYO

(Stenocereus queretaroensis) (Web) Buxb.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A

GLORIA MAGDA JIMENEZ LOPEZ

GUADALAJARA, JAL. FEBRERO DE 1993

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Guadalajara bajo la dirección del Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

Dedicatorias:

A mis Padres con amor y respeto:
Guadalupe y María Luisa
por permitirme formar parte de ellos.

A mis abuelos Rodolfo y María:
A quienes debo parte de mi vida.

A mis hermanos:
Fernando, Hugo, Guadalupe, Lourdes, Luisa, Rodolfo,
José, Gaby y Aide a quienes invito a seguir superandose,
pero especialmente a Teresita quien sin comprender me
a enseñado a luchar.

A mi esposo Alejandro:
quien con su amor, confianza y apoyo me a ayudado
seguir adelante.

Agradecimientos

Al Sr. Enrique Castañeda González quien amablemente nos permitió trabajar en su huerto.

Al Biol. Alejandro Muñoz Urias por su valiosa ayuda, consejos y observaciones.

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios por su apoyo y ayuda para la realización de este trabajo.

A la Sra. Teresita Aldana Navarro por la valiosa ayuda que me otorgó durante la traducción de algunos artículos.

Al Lic. Javier Magallanes Montero por toda la ayuda que me prestó cuando la requerí.

Al Ing. Miguel de Santiago Ramírez por su ayuda en la elaboración de las figuras.

A mis amigos, compañeros y maestros que de una manera u otra han contribuido en mi educación.

CONTENIDO.

	Pag.
1. INTRODUCCION.	1
2 HIPOTESIS.	2
3 OBJETIVOS.	3
4 ANTECEDENTES	4
5 REVISION DE LITERATURA.	5
5.1 Descripción de las Cactaceas.	5
5.1.1 Origen de las Cactaceas	5
5.1.2 Distribución de la Familia Cacateceae	6
5.1.3 Clasificación de las Cactaceas.	6
5.1.4 Descripción del Género <i>Stenocereus</i> .	7
5.1.4.1 Características Botánicas del Género.	7
5.1.4.2 Clasificación de <i>Stenocereus</i> .	7
5.1.4.3 Morfología y Anatomía general de la planta.	8
5.1.4.3.1 Cutícula.	8
5.1.4.3.2 Tricomas.	9
5.1.4.3.3 Estomas.	11
5.1.4.3.4 Epidérmis.	12
5.1.4.3.5 Colénquima.	13
5.1.4.3.6 Parénquima.	14
5.1.4.7.7 Cristales de Oxalato de Calcio.	15
5.1.4.3.8 Xilema.	16
5.1.4.3.8.1 Origen del Xilema primario y secundario.	16
5.1.4.3.8.2 Elementos del xilema.	17
5.1.4.3.8.3 Estructura de la pared secundaria del xilema.	18
5.1.4.3.9.4 Placas de perforación.	19
5.1.4.3.9.5 Especialización Filogenética del xilema.	19

6.	MATERIALES Y METODOS.	21
6.1	Estudio Anatómico de la Epidermis.	21
6.2	Estudio Anatómico de la Corteza.	22
6.3	Estudio Morfológico del Xilema.	24
6.4	Análisis estadístico.	27
7.	RESULTADOS.	28
7.1	Estudio anatómico de la Epidermis.	28
7.1.1.	Longitud de estomas.	28
7.1.2	Ancho de estomas.	29
7.1.3	Area de estomas.	30
7.1.4	Frecuencia de estomas.	31
7.1.5	Tipo de estomas.	32
7.1.6	Coefficientes de correlación entre las variables anatómicas de la epidermis.	34
7.2	Estudio anatómico de la corteza.	35
7.2.1	Grosor cuticular.	35
7.2.2	Presencia y tipo de tricomas.	37
7.2.3	Grosor y número de capas celulares de la epidermis.	37
7.2.4	Grosor y número de capas celulares del colénquima.	38
7.2.5	Grosor del tejido clorenquima.	41
7.2.6	Presencia de cristales de oxalato de calcio y cuerpos sílicos.	43
7.2.7	Coefficientes de correlación entre las variables anatómicas de la corteza del pitayo.	43
7.2.8.	Estudio morfológico del Xilema.	44
7.2.8.1	Descripción de las paredes secundarias.	44
7.2.8.2	Placas de perforación.	47
7.2.8.8	Inclinación de la pared terminal.	47
8.	DISCUSION.	49
9.	CONCLUSIONES.	52
10	LITERATURA CITADA.	53
	APENDICE.	

INDICE DE FIGURAS.

	PAG.
Figura 1. Tipos de Estomas.	23
Figura 2. Estructura de la pared secundaria de los miembros de los vasos del xilema.	25
Figura 3. Placas de perforación de los miembros de los vasos.	26
Figura 4. Inclinación de las paredes terminales.	26
Figura 5. Estoma tipo actinocítico. Célula epidermal, célula subsidiaria, célula oclusiva y poro estomático	33
Figura 6. Corte transversal de la epidermis y corteza en el que se obseva un estoma, células epidermales, cavidad subestomática y colénquima.	36
Figura 7. Corte transversal de la epidermis y corteza diferenciando cutícula, epidermis y colénquima.	40
Figura 8. Corte transversal de la corteza diferenciando el colénquima, clorénquima, y espacios aerequimáticos.	42
Figura 9. Elemento de vaso mostrando paredes secundarias escaleriformes con inclinación de las paredes terminales oblicuas y fibras de tipo libriforme	45
Figura 10. Elemento de vaso mostrando la pared secundaria escaleriforme y la placa de perforación simple	46
Figura 11. Elemento de vaso mostrando la pared secundaria escalariforme, placa de perforación simple y la inclinación de la pared terminal.	48

INDICE DE CUADROS.

	Pag.
Cuadro 1. Longitud promedio de estomas.	29
Cuadro 2. Ancho promedio de estomas.	30
Cuadro 3. Area promedio de estomas.	31
Cuadro 4. Frecuencia promedio de estomas.	32
Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre las variables anatómicas de la epidermis.	34
Cuadro 6. Grosor promedio de cutícula.	35
Cuadro 7. Grosor promedio de la epidermis.	38
Cuadro 8. Grosor promedio del colénquima.	39
Cuadro 9. Grosor promedio del clorénquima.	41
Cuadro 10. Coeficientes de correlación entre las variables anatómicas del pitayo.	43

1. INTRODUCCION.

En algunos estados de la región occidental de México, se encuentran diferentes especies del género *Stenocereus*, productores de frutos comestibles que se conocen vulgarmente como "pitayas". Por ejemplo *S. thurberi*, se localiza en los estados de Baja California Norte, Sonora y parte de Sinaloa (Gates, 1987; Gates, 1958; UNAM, anónimo, 1989; Gibson 1990); *S. montanus*, en la vertiente del Pacífico desde Sonora hasta Nayarit; *S. queretaroensis* en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Querétaro (Bravo, 1978; Gibson, 1990); *S. quevedonis* desde Sinaloa hasta Guerrero (Sánchez, 1984). En el estado de Jalisco se reporta la existencia de poblaciones silvestres en los municipios de Chapala, Cd. Guzmán, Sayula, Autlán, Atoyac, Techaluta, San Martín de Bolaños y en las cañadas aledañas a Guadalajara. En estas poblaciones se registra una amplia variación de formas taxonómicas de *S. queretaroensis*, y en las cuales se diferencian una amplia variación de atributos de fenología (períodos de floración y maduración de frutos), forma y color de frutos.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación biosistemático orientado en primera instancia a realizar un estudio anatómico preliminar, sobre las principales estructuras anatómicas del tallo de pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) el cual ayudará para fortalecer el marco teórico que servira de base para la fundamentación de estudios posteriores y para comprender algunos aspectos funcionales de esta especie.

Por otro lado, los estudios de algunas modificaciones adaptativas de tipo anatómico, fisiológico y bioquímico en plantas de zonas áridas y semiáridas ofrecen la oportunidad de identificar tendencias de especialización estructural que ayuden a explicar las relaciones filogenéticas-adaptativas entre miembros de las cactaceas (Freeman, 1970; Conde, 1975; Boke, 1980).

2. HIPOTESIS.

La evolución de especies vegetales en ambientes en los que prevalece las condiciones de aridez se ha acompañado de modificaciones estructurales y funcionales que les han permitido desarrollarse en ambientes donde el agua es el principal factor limitante, por lo que cabe esperar que el pitayo durante el proceso evolutivo en este tipo de ambientes haya sufrido modificaciones morfológicas, anatómicas que le han permitido adaptarse a las condiciones adversas, características de los ambientes semiáridos.

3. OBJETIVOS

1. Describir los aspectos anatómicos y morfológico de la epidermis, la corteza y el xilema del tallo en pitayo, con el fin de:
2. Identificar y caracterizar modificaciones anatómicas que han contribuido la adaptación del pitayo a las condiciones ambientales de aridez en que se desarrollan.
3. A través de la morfología del xilema se pretende establecer el grado evolutivo de esta especie.

4. ANTECEDENTES.

La mayor parte de los estudios que se han realizado en cactus columnares han sido enfocados a describir su taxonomía y sistemática (Gibson, 1990), y muy rara vez se han descrito rasgos como los fisiológicos, bioquímicos genéticos, ecológicos y anatómicos (Gibson y Horak, 1978).

Entre los trabajos relacionados con los problemas bioquímicos se encuentran los reportados por Gibson y Horak (1978), los cuales reportan que en algunas especies de cactus columnares se han identificado ácidos triterpénicos oleanólicos. Estos ácidos se encuentran en especies como *Stenocereus montanus*, *S. quevedonis*, *S. beneckei* y *S. queretaroensis* (Gibson, 1990). También se han realizado descripciones de granos de polen los cuales se han utilizado en estudios florísticos (Martin y Dew, 1969)

Gibson y Horak (1978) reportan estudios de la estructura vegetativa los cuales se han realizado en miembros pequeños de especies no especificadas

Por otro lado, las observaciones sobre aspectos anatómicos han sido limitadas. Gibson y Horak (1978) mencionan resultados de observaciones anatómicas del tallo en cactus columnares. Gibson (1990), también reporta un estudio realizado en especímenes cultivados y silvestres de cactus columnares, así mismo Gibson (1990) reporta también observaciones realizadas en un solo espécimen cultivado y dos recolectados en el campo de *S. montanus*, y en dos especímenes cultivados de *S. queretaroensis*.

5. REVISION DE LITERATURA

5.1. Descripción de las Cactaceas

5.1.1. Origen

Las cactáceas son originarias del Continente Americano, en la ausencia de restos fósiles no se puede establecer su época de aparición y diferenciación (Earle, 1963; Bravo, 1978; Boke, 1980).

En la actualidad se supone que las formas ancestrales de las cactaceas fueron plantas foliadas extintas que vivieron en territorios emergidos del Caribe. Bravo, (1978); Boke (1980) Gibson (1973) apoyados en estudios morfológicos presentan evidencias de que las cactaceas se originaron de las Phytolaccaceae.

De acuerdo con la hipótesis de Buxbaum (1969) citado por Bravo (1978), los géneros mexicanos comprendidos taxonómicamente en las subfamilias Pereskioideae, Opuntioideae y Cereoideae tuvieron su origen, como las demás cactaceas, en las formas ancestrales del Caribe que emigraron hacia el noroeste, diferenciándose durante su trayecto en los géneros actuales que crecen en la mayoría de los tipos de vegetación de México.

Los géneros de la subfamilia Cereoideae se encuentran en gran cantidad y sus géneros más primitivos están relacionados con las opuntias. Las formas ancestrales de esta subfamilia emigraron tanto al norte y el sur adaptándose durante dicha emigración a diversas condiciones ecológicas alcanzando un gran endemismo (Bravo, 1978; Gibson, 1990).

5.1.2 Distribución de la Familia Cactaceae.

Las cactaceas se encuentran distribuidas en el Continente Americano desde Canada hasta América del Sur y están representadas en los distintos tipos de vegetación. Es en los medios áridos y semiáridos donde están distribuidos el mayor número de géneros y especies (Gibson, 1973; Bravo, 1978; Rzedowski, 1981).

En México las cactaceas del género *Stenocereus* se encuentran ampliamente distribuidas en grandes áreas del Bosque Tropical Caducifolio y en el desierto de Sonora (Rzedowski, 1981), extendiéndose además, en los Estados de Jalisco, Michoacán y también al suroeste del país incluyendo el Estado de Queretaro (Gibson, 1990).

En el Estado de Jalisco el género se encuentra representado por las siguientes especies: *Stenocereus montanus*, *S. Fricci*, *S. Standleyi*, *S. dumortieri* y *S. queretaroensis* (Arreola, 1990; Salcedo, 1991), sobresaliendo esta última por ser la única que se comercializa.

5.1.3 Clasificación de las Cactaceas.

Actualmente la taxonomía de las cactaceas es complicada, ya que la mayoría de los sistemas de clasificación tienen confusiones y una enorme sinonimia. La causa principal radica no solo en la ignorancia que se tuvo del concepto de especie, sino también en la falta de comprensión ya que estas plantas se encuentran en un proceso activo de evolución, y por lo tanto de diferenciación, dando como resultado que exista entre ellas intergradación de caracteres que hace difícil en la práctica de limitar las especies y los géneros (Earle, 1963; Bravo, 1978).

5.1.4 Descripción del Género *Stenocereus*.

5.1.4.1 Características Botánicas del Género

La presencia de un tronco bien desarrollado es un rasgo sobresaliente de estas plantas. La altura varía de 4 a 7 m; el tronco es leñoso y por lo general corto, típico en esta especie; sus ramas son como de 15 cm. de diámetro, de color verde claro y algunos presentan tonos grisáceos en el tallo viejo; comunmente tiene 8 costillas, en algunos casos pueden encontrarse solamente 6 costillas; las areolas tienden a estar elípticas; espinas radiales de 6 a 9 y centrales de 2 a 4; las flores se encuentran a los lados de las ramas pero hacia la extremidad; su fruto es de globoso a ovoide. La forma de crecimiento de este género es candelabriforme (Bravo, 1978; Gibson 1990).

5.1.4.2 Clasificación.

REINO	Vegetal
SUBREINO	Embriophyta
DIVISION	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	Cactaceae
SUBFAMILIA	Cereoideae
TRIBU	Pachycereae
GENERO	<i>Stenocereus</i>
ESPECIE	<i>Queretaroensis</i>
NOMBRE COMUN	Pitaya de Querétaro

5.1.4.3 Morfología y Anatomía general de la planta.

Los pitayos, al igual que otras cactáceas, son plantas resistentes a la sequía debido a determinadas modificaciones estructurales y fisiológicas. Bravo (1978) menciona que las cactáceas presentan hábitos y estructuras anatómicas de adaptación altamente especializadas, siendo responsable el medio desértico en el que la mayoría crece.

Entre los cambios estructurales que estas plantas experimentan en relación con la aridez, se encuentran aquellas que favorecen la economía hídrica de la planta como es la transpiración; presencia de espinas; desarrollo de hojas pequeñas o ausencia de estas; cutícula gruesa (Conde 1975; Gibson y Nobel, 1986); estomas hundidos en criptas estomáticas; presencia de cristales de oxalato de calcio (drusas) en diferentes tejidos (López, 1991; Franceschi y Honer, 1980; Doaigey, 1991; Pimienta et al. en revisión). y el desarrollo de elementos parenquimatosos que permanecen distendidos y turgentes (Bravo, 1978).

5.1.4.3.1 Cutícula.

La cutícula es la capa continua que se encuentra recubriendo las células de las plantas expuestas al contacto del ambiente como en la epidermis de tallos, hojas, flores y frutos. Esta capa da a las células una protección eficaz contra la acción de ciertos agentes externos, pero sobre todo evita la pérdida de agua por transpiración epidermal (Conde, 1975; Oronoz et al., 1983; Cronquist, 1984; Chistiansen y Lewis, 1991).

En plantas jóvenes la cutícula es delgada y facilita la transpiración, pero a medida que la planta madura aumenta su grosor, aumentando la resistencia al intercambio de gases epidermales y por consecuencia la actividad clorofílica se ve disminuida (Conde, 1975; López, 1991; Oronoz et al., 1983). Este engrosamiento cuticular puede verse incrementado por factores tanto

internos como externos, así mismo como genéticos, los cambios en grosor de cutícula son frecuentes en plantas xerófilas, características de climas desérticos (Conde, 1975; Heat, 1981). Martin y Juniper (1970), mencionan que la radiación ultravioleta puede aumentar el grosor de la cutícula. Por otro lado Christiansen y Lewis (1991) menciona que la impermeabilidad de la cutícula al agua esta determinada completamente por la cantidad de ceras en la cutícula y la cual puede ser incrementada por el estrés de agua y temperaturas altas. Sin embargo, en algunas plantas desérticas se ha observado un bajo grosor en la cutícula, lo cual es contrario a lo que debería ser esperado de un ambiente donde prevalecen las altas temperaturas, insolación y déficit de agua (López, 1991).

La cutícula es empleada con frecuencia como un importante carácter de diagnóstico en determinaciones taxonómicas (Farooqui et al., 1989). Especies como *Dalbergia sissooides* y *D. latifolia* se encuentran entre aquellas que pueden ser distinguidas basándose en caracteres cuticulares (Farooqui et al., 1989).

5.1.4.3.2. Tricomas.

Los tricomas son apéndices epidérmicos de forma, estructura y funciones diversas, los que presentan una amplia diversidad de funciones entre los cuales se destacan los siguientes: pelos glandulares, protectores, de sostén, escamas y papilas diversas (Esau, 1976). La presencia de esta pubescencia en las plantas es un rasgo común y pueden persistir durante toda la vida de un órgano o ser efímeros y se localizan tanto en los tallos, hojas y raíces (Werker y Fahn, 1981; Uphof 1962 citado por Maxwell y Jennings, 1984; Bell y Curtis, 1985).

Esta pubescencia se origina por el crecimiento y diferenciación de una o varias células epidérmicas, de las cuales pueden encontrarse diversas clases morfológicas y distintos tamaños (Oronoz et al., 1983).

Entre esta gran diversidad de formas y dimensiones se encuentran los pelos que pueden ser: a) unicelulares, ya sea sencillos, bifurcados o ramificados, y b) pluricelulares, como los pelos glandulares (Cutter, 1969; Oronoz et al., 1983).

Reportes hechos por Doalgey y Harkiss (1982) y Amarasinghe et al., (1991) mencionan numerosas variaciones en la densidad y morfología de tricomas dentro de especies del género *Cuphea* (Lythraceae) y *Antirrhinum meonanthum* (Scrophulariaceae), respectivamente.

Estos tricomas realizan funciones fisiológicas y ecológicas importantes. Cronquist (1984), Franceshi y Giaquinta (1983) y Maxwell y Jennings (1984) mencionan que una cubierta densa de estas papiloidades pueden reducir la evaporación en ciertas condiciones ambientales, jugar un papel protector contra el exceso de radiación y formar barreras protectoras contra el ataque de insectos. Según Silva y Anderson (1985), los tricomas están relacionados con las tasas de transpiración por lo cual pueden tener implicaciones fisiológicas. Loera (1990) reportar resultados obtenidos de especies desérticas de *Encelia firsosa* Gray, de la familia Compositae, donde la radiación es un factor importante para el desarrollo de la pubescencia. Las hojas bajo una radiación alta son más pubescentes y, por consecuencia, poseen menos absorbancia de la radiación solar protegiéndose de la radiación excesiva (Smith y Nobel, 1978).

También, los tricomas tienen la capacidad de reflejar la radiación fotosintéticamente activa (RAF), no afectando la absorción de la cantidad necesaria de RAF para la realización de la fotosíntesis.

Por otro lado la clase de pubescencia, su distribución y en cierta forma su cantidad pueden ser utilizadas como significancia taxonómica (Cutter, 1969; Cronquist, 1984).

5.1.4.3.3. Estomas.

Una de las más importantes funciones fisiológicas de las plantas es el intercambio de gases entre la atmósfera y la superficie de la planta (Ting, 1982). Esta función se lleva a cabo

a través de los estomas, los cuales se encuentran en la epidermis de las hojas, y tallos (Cronquist, 1984). Cada estoma esta compuesto por un par de células oclusivas que rodean un poro y dos o más células subsidiarias adyacentes.

Los estomas son estructuras especializadas que se encuentran involucradas en los procesos de fotosíntesis y transpiración y son sensores que reaccionan a casi todos los componentes del medio ambiente como son: luz, temperatura, concentración de bióxido de carbono en el aire, estímulos mecánicos y stress de agua (Heath, 1981; Ruiz y Larque, 1990). Sin embargo, la sensibilidad de los estomas a estos factores ambientales es variable y sus interacciones varían mucho de una especie a otra (Heath, 1981).

La frecuencia, tamaño y disposición de los estomas, están en razón directa con la velocidad de transpiración (Cutter, 1976; Maya y Kohashi-Shibata, 1976; Heath, 1981).

La frecuencia estomática esta relacionada de acuerdo a la posición, edad y región de la hoja muestreada y varía ampliamente de acuerdo a los diferentes materiales genéticos muestreados (Pérez y Chan, 1986; Christiansen y Lewis, 1991). Observaciones realizadas en diferentes especies vegetales han encontrado que las condiciones ambientales en que se desarrollan las plantas influyen grandemente en el número de estomas ya que elevadas concentraciones de CO₂ pueden bajar el índice estomal y por consecuencia la pérdida de H₂O es mínima lo cual incrementa la tolerancia a la sequía (León y Fanjul, 1983; Barraza y Castañeda, 1986; Smith y McClean, 1989; Ruiz y Larque, 1990).

La temperatura es un factor que afecta la densidad estomatal, ya que el sombreado la reduce y una alta intensidad luminosa la aumenta, tal y como ocurre en cultivos de alfalfa, trigo, cebada y algodón (León y Fanjul, 1983).

Por otro lado, el tamaño o longitud de los estomas puede ser afectado por temperaturas bajas y alta intensidad luminosa (Penfound (1931) y Gindel (1969) citados por Loera, 1990). Esta longitud puede llegar a ser más pequeña hacia el ápice del tallo que hacia la parte inferior del mismo, pero por lo general tiende a ser estable (Ruiz y Larque, 1990; Christiansen y Lewis, 1991). Por lo general la longitud de estomas esta determinada genéticamente y

no es modificada por el medio ambiente (Conde, 1975). Pryzwara et al. (1988) reportan que la longitud de estomas se puede usar como un método para la identificación de niveles de ploidía en plantas. Estos autores mencionan que éste método se ha empleado en *Actinidia deliciosa*, *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, *Lolium perenne*, *L. multiflorum* y *Bromus inermis*.

Para la identificación del tipo de estoma se han utilizado como caracter la forma y el arreglo de las células subsidiarias (Cronquist, 1984; Sena y Kozlowski, 1988), aunque también algunas veces se a tomado en cuenta la ontogenia del aparato estomático, sin embargo Baranova (1987) propone que tanto la forma del estoma como su ontogenia deberían de ser utilizados independientemente para usos taxonómicos, debido a la diversidad que presentan, de acuerdo con el estadio de desarrollo de la planta.

Rasgos como las ceras epicuticulares y forma del estoma han sido tomados en cuenta para la clasificación taxonómica de especies del género *Quercus* y en algunas familias tales como Umbelliferae, Saxifragaceae, Ranunculaceae y Papilionaceae (Safou citado por Loera, 1990).

5.1.4.3.4 Epidermis.

La epidermis es el tejido celular externo de hojas, tallos y raíces, y que cubre además a los otros tejidos. Esta epidermis puede persistir durante toda la vida de la planta o en especies que presentan crecimiento secundario (Cutter, 1969; Cronquist, 1984).

Su función principal es regular la evaporación de agua de los tejidos internos, evitando su desecación y permitir que el agua y el CO₂ se difundan uniformemente en el sistema de espacios intercelulares además provee protección para evitar infecciones y lesiones mecánicas (Oronoz et al., 1983; Cronquist, 1984; Rost et al, 1985).

Las formas de las células epidérmicas son variables, vistas superficialmente pueden ser elongadas en dirección de la

longitud del tallo o bien se presentan en forma plana o combada y en su superficie interior son por lo común planas (Cronquist, 1984; Rost et al., 1985).

Comunmente las células que integran la epidermis son grandes y forman generalmente una sola capa, aunque a veces pueden existir dos o más capas, estas últimas capas son originadas por divisiones periclinales y se les denomina epidermis múltiple o pluriestratificada (Cutter, 1969; Esau, 1976; Gibson y Horak, 1978; Oronoz et al., 1983).

En la mayoría de las cactáceas se presenta una epidermis simple (una sola capa), pero muchas especies tienen una epidermis múltiple, que además de sufrir divisiones periclinales pueden presentar también divisiones anticlinales u oblicuas, las cuales producen agrupamientos de células de varios tamaños (Cutter, 1969; Gibson y Horak, 1978).

5.1.4.3.4 Colénquima

Las células más externas de los tallos, que se encuentran inmediatamente después de la epidermis, constituye el tejido que se conoce como colénquima. La forma de estas células puede ser prismáticas o elongadas (Rost et al., 1985). Este tejido puede ser una cierta categoría de las células parenquimáticas (Esau, 1976). La estructura y distribución de las células colenquimatosas en el cuerpo de la planta indican que su función principal es la de sostén en tallos, hojas y partes florales (Cutter, 1969; Esau, 1976). Estas células combinan una considerable resistencia con la flexibilidad y pueden continuar creciendo después que la pared se ha engrosado; por lo tanto, están idealmente adaptadas para el soporte de órganos en crecimiento (Cronquist, 1984). Por lo general se presentan tres tipos diferentes de tejido colenquimatoso: 1) angular, 2) laminar y 3) lagunar. Este último tipo se caracteriza por la presencia de espacios intercelulares (Cutter, 1969; Esau, 1976).

5.1.4.3.6 Parénquima.

El parénquima es el tejido compuesto por células aparentemente sin especialización. Estas células son muy alargadas y con frecuencia son isodiamétricas (Cutter, 1969; Cronquist, 1984).

Este tejido se localiza en el cortex del tallo y raíces, el mesófilo de las hojas, el endospermo de las semillas, en la pulpa de frutos y en los rayos medulares, también se presenta en los elementos de conductancia de el floema y el xilema (Cutter, 1969).

Estas células parenquimatosas además de intervenir en los fenómenos de cicatrización de heridas y regeneración de tejido llevan a cabo una gran variedad de actividades funcionales tales como la fotosíntesis, respiración, almacenamiento, secreción y excreción (Cutter, 1969; Esau, 1982). Debido a la gran cantidad de clorofila que contiene este tejido se le designa en ocasiones como clorénquima (Esau, 1976; Rost et al., 1985).

Este tejido se caracteriza por la presencia de espacios aéreos intercelulares que reciben el nombre de aerénquima, los cuales varían considerablemente en tamaño (Kawase and Whitmoyer, 1980; Rost et al., 1985).

La formación de estos espacios intercelulares se debe a una saturación de agua en el suelo donde se desarrolle la planta, lo que provoca una reducción de oxígeno, y por consecuencia activa una serie de eventos bioquímicos; trastorna el balance hormonal entre las raíces y el tallo y además afecta a la planta tanto morfológica y anatómicamente (Kawase and Whitmoyer, 1980; Kawase, 1981). Estos espacios aéreos intercelulares se puede originar a partir de esquizogénesis o lisigénesis y se presentan en ciertas plantas acuáticas y en algunas raíces de monocotiledoneas, en dicotiledoneas tales como *Hordeum vulgare*, *Triticum vulgare* y *Zea mays* (Kawase and Whitmoyer, 1980) así como en las cavidades secretoras de ciertas plantas como por ejemplo *Eucalyptus*, *Citrus* y *Gossypium* (Esau 1976).

5.1.4.3.7 Cristales de Oxalato de Calcio.

En plantas superiores que crecen bajo condiciones naturales pueden presentar cristales que consisten principalmente de oxalato de calcio (Al-Rais et al., 1971).

Los cristales de oxalato de calcio en angiospermas se presentan en cinco formas principales: a) prismáticos: cristales que presentan varias formas de prismas; b) estiloides: cristales elongados con puntas o arrugas; c) rafidios: cristales en forma de agujas que ocurren en bultos o paquetes de muchos cristales por célula; d) drusas: agregados esféricos de cristales pequeños e individuales y e) cristales de arena: masa de muchos cristales individuales y pequeños en una única célula (Franceschi y Horner, 1980; Doaigey, 1991).

Cutter (1969), Franceschi y Horner (1980) y Doaigey (1991) mencionan que estos cristales pueden estar asociados con tejidos específicos, tales como la epidermis, cortex, floema y xilema, o pueden estar distribuidos al azar en toda la planta.

López (1991) reporta la presencia de cristales de oxalato de calcio (tipo drusa) en los tejidos epidérmicos, colenquimatosos, clorenquimático y tejido medular de *Opuntia*. Es en el clorénquima donde reporta un mayor número de estos cristales.

Franceschi y Horner (1980), enlistan 215 familias de plantas en las que algunas tuvieron cristales de oxalato de calcio, en otras plantas como *Cactus senilis*, por ejemplo, se encontró que el 85% de su peso seco correspondió a cristales de oxalato de calcio.

La función de los cristales en plantas a sido estudiada por muchos investigadores, algunos creen que el oxalato es un producto final del metabolismo y que los excesos pueden ser tóxicos para la planta. Doaigey (1991) reportó que los cristales de oxalato de calcio pueden funcionar como una protección contra animales herbívoros, causando irritación y una sensación de ardor en el hocico; ayudan a reducir la pérdida de agua y actúan disminuyendo la absorción de energía luminosa, además de ser refractaria (Conde, 1975).

Por otra parte hay evidencias de que la sístesis de oxalato de calcio esta relacionado con el balance iónico, así, los cristales pueden ser una manifestación para mantener su equilibrio.

La forma, tamaño y localización de estos cristales dentro de un taxón puede ser específico algunas veces y algunos investigadores los han usado para su clasificación (Franceshi y Horner, 1980).

5.1.4.3.8 Xilema.

El xilema es el principal tejido conductor de agua y minerales en la planta, además cumple con la función de proporcionar soporte mecánico a las plantas. Debido a sus paredes rígidas, el xilema puede ser estudiado con mayor facilidad por lo que es empleado para la identificación de plantas vasculares (Cronquist, 1984; Esau, 1976).

Para comprender mejor la ontogenia del xilema Esau (1982) propone distinguir el desarrollo entre el xilema primario y secundario ya que los dos tipos de xilema tienen diferencias histológicas.

Tanto el xilema primario como el secundario contienen los mismos tipos celulares como son los elementos traqueales, fibras y células parenquimáticas; sin embargo el xilema primario, no esta organizado en combinación de los sistemas axiales y radiales porque no contiene radios, mientras que en el xilema secundario se pueden distinguir un sistema axial y radial en forma combinada (Esau, 1982).

5.1.4.3.8.1 Origen del Xilema Primario y Secundario.

El xilema primario se diferencia durante la formación del cuerpo primario de la planta y se deriva de la diferenciación de elementos procambiales que son formados a su vez de meristemas apicales; en cambio el xilema secundario se produce

durante la segunda etapa de desarrollo (crecimiento secundario) donde aumenta el espesor a causa de la adición de nuevos tejidos y esto es debido a la actividad del cambium vascular (Cutter, 1969; Torrey et al., 1971; Esau, 1982).

Por otro lado, estudios morfogénéticos han suministrado evidencias de que existe un control hormonal en la diferenciación del xilema. Hormonas tales como la auxina y la citoquinina juegan un papel importante para que esta diferenciación se lleve a cabo (Torrey et al., 1971).

La auxina ayuda a que la diferenciación del xilema primario se lleve a cabo, aunque su función es muy limitada en esta xilogenésis (Torrey et al., 1971). La citoquinina se encuentra involucrada en la regulación de la formación de elementos traqueales. Esta hormona aumenta la regulación de la actividad mitótica y estimula la formación y diferenciación del xilema en una mayor cantidad, incluyendo el xilema secundario (Torrey et al., 1971).

5.1.4.3.8.2 Elementos del Xilema

El xilema esta compuesto por las células traqueales y los elementos de vasos, asociadas a estos elementos se encuentran las fibras y celulas parenquimáticas.

Las fibras xilemáticas son células elongadas con paredes secundarias lignificadas cuya función es la de sostén. Estas fibras varían en su tamaño, forma, espesor de la membrana y abundancia de punteaduras (Esau, 1976). Según Gibson (1973) la longitud de la fibra en leña madura del tallo puede aumentar linealmente con el aumento en la altura de la planta, pero en los tallos de las cactáceas son cortas y no hay correlación entre la longitud de la fibra y la altura de la planta o el habitat.

Las traqueidas vasculares son células imperforadas normalmente elongadas y punteadas en ambos extremos (Esau, 1982). Estas traqueidas son generalmente más anchas que los elementos de vaso, sin embargo debido a los engrosamientos secundarios son casi similares y estan consideradas como miembros de los vasos

incompletamente desarrolladas (Cutter, 1969; Gibson, 1973). Gibson (1973) menciona que no es posible una distinción clara entre las traqueidas y los elementos de vaso a menos que sea observada una placa de perforación.

En contraste con las traqueidas, los miembros de vaso son elementos perforados, con una o más perforaciones en cada extremo o a veces también en una pared lateral lo que permite el contacto con otros vasos formando así tubos largos continuos (Esau, 1982).

A menudo, estos vasos en algunas especies son anchos y se extienden a lo largo de casi toda la altura de la planta (Rost et al., 1985). Sin embargo, en algunas cactaceas los elementos de vaso son mas cortos, pero en especies que presentan tallos de mayor crecimiento tales como *Carnegia*, *Cephalocereus*, *Cereus* y *Pachycereus* estos elementos vasales llegan a alcanzar longitudes grandes (Bailey citado por Gibson, 1977).

5.1.4.3.8.3 Estructura de la pared secundaria del xilem

Las células de los elementos traqueales primarios tienen recubrimientos de capas de la pared secundaria. Estas diferentes formas de pared que aparecen en series ontogénicas específicas son utilizadas como indicadores del grado evolutivo del xilema (Esau, 1982).

En los elementos traqueales tempranos o precoces las paredes secundaria se van depositando en forma de anillos no conectados entre si. A este engrosamiento de la pared secundaria se le denomina **espesamiento anular**; poco después estos anillos van teniendo comunicación unos con otros hasta llegar a formar **engrosamientos espiralados (engrosamiento helicoidal)**; las células posteriores que presentan engrosamientos alargados en sentido transversal se conoce como **escaleriforme**, a este le continúan **espesamientos en forma de red** y se le denomina **reticulado**; finalmente se presenta un engrosamiento mayor el cual es acompañado por puntuaciones (vaso punteado) (Cutter, 1969; Esau, 1982).

5.1.4.3.8.4 Placas de Perforación.

En la región terminal de un miembro de vaso se presenta una perforación o un poro al cual se le denomina placa de perforación. Estas placas de perforación se pueden presentar también en una posición lateral (Cutter, 1969; Gibson, 1973).

Estas perforaciones de los miembros de vasos pueden ser simples, con una sola perforación o multiperforada, con mas de una perforación. Las placas de perforación multiple presentan un arreglo paralelo y alargado por lo cual se le denomina escalariforme; y reticulado si esta placa de perforación presenta un diseño en forma de red (Cutter, 1969; Esau, 1982).

Las placas de perforación simples son derivadas filogenéticamente del tipo multiple por perdida del engrosamiento de las membranas (Cutter, 1969; Gibson, 1973).

Simultaneamente a esto, los miembros de vaso van desarrollando en forma paulatina paredes terminales bien definidas con un cierto grado de inclinación (Cutter, 1969).

5.1.4.3.8.5 Especialización Filogenética del Xilema.

Las líneas de especialización de las células y tejidos son bastante claras en el xilema que en cualquier otra célula o tejido presente en plantas vasculares. Entre las características estructurales del xilema se han estudiado especialmente los elementos traqueales (Esau, 1982; Jones, 1988).

Se ha establecido que las traqueidas son elementos mas primitivos que los miembros de vaso ya que son la única clase de elementos encontrados en plantas fósiles, de las plantas vasculares inferiores y en las gimnospermas (Esau, 1982; Friis et al., 1987). Estas traqueidas no se eliminaron cuando los elementos de vaso evolucionaron, pero en cambio experimentaron cambios filogenéticos;

se volvieron mas cortos, no aumentaron en espesor y la puntuación de sus paredes evolucionó paralelamente a la de los miembros de vaso (Esau, 1982).

Los miembros de vaso evolucionaron a partir de las traqueidas y se encuentran en las gnetales, las dicotiledoneas (grupos superiores) y en monocotiledoneas (Esau, 1976; Friis et al., 1987). En estos grupos los elementos de vaso se originaron independientemente mediante evolución paralela. En las dicotiledoneas, la especialización de las traqueidas en miembros de vaso se presenta primero en el xilema secundario y prosigue gradualmente en el xilema primario, donde empieza por la parte mas tardia de este tejido (Bailey citado por Esau, 1976).

Estos vasos probablemente se derivaron de traqueidas con puntuaciones escaleriformes, ya que los estudios ontogenéticos indican una tendencia evolutiva que va de vasos elongados estrechos con terminaciones afiladas y placas de perforación escaleriformes a vasos cortos y anchos con placas de perforación simples (Gibson, 1973; Friis et al., 1987). Estas células se acortaron progresivamente, se ensancharon, y sus paredes terminales quedaron menos inclinadas y finalmente transversales (Esau, 1976; Gibson, 1973).

Por otro lado, las diferentes tendencias de especialización de los elementos traqueales pueden ser acelerados o retardados, de tal forma que es posible encontrar combinaciones entre caracteres más especializados y los menos especializados (Bailey 1953 y Cheadle 1953 citados por Aceves, 1991).

En las cactaceas la degeneración evolutiva de los miembros de los vasos trae consigo una disminución en diametro de las células y la falta de desarrollo de las perforaciones (Bailey citado por Esau, 1976; Gibson, 1977). Las células imperforadas resultantes, al tener el mismo tipo de punteaduras que los asociados miembros vasales, son designadas con el nombre de traqueidas vasculares. Sin embargo, a pesar de estas incongruencias, las principales tendencias de especialización de los vasos desempeñan un papel importante en la determinación de otras estructuras del xilema (Esau, 1982).

6. MATERIAL Y METODOS

Este estudio se dividió en tres partes: la primera de ellas se orientó a la caracterización de la epidermis en 6 variedades cultivadas de pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) (Web.) Buxb.; la segunda parte consistió en un estudio anatómico preliminar de la corteza de tallos maduros de las variedades seleccionadas; y la última parte consistió en un estudio de la morfología del xilema de las mismas variedades.

Las morfoespecies que se utilizaron fueron colectadas en los Municipios de Amacueca y Techaluta, ubicados en la subcuenca de Sayula, que son las principales zonas productoras de pitaya en el estado de Jalisco. Los nombres comunes de estas variedades son: 1) pitayo blanco, 2) pitayo morado; 3) pitayo rojo silvestre; 4) pitayo amarillo; 5) pitayo solferino y 6) pitayo mamey.

6.1 Estudio Anatómico de la Epidermis.

Para este estudio se disectaron cinco tiras epidermales de cada una de las variedades de aproximadamente 1 cm., tanto de ápice, centro y base del brazo de la planta. Estas se deshidrataron en alcohol al 95% durante 24 horas. Una vez deshidratadas se tificaron con azul de toluidina (Jensen 1963) por un espacio de 5 a 10 minutos. El exceso de tinción se removió con agua destilada. En cada una de las tiras epidermales se registraron los siguientes datos:

- a) Tamaño de estomas (μm).
- b) Número de estomas.
- c) Tipo de estomas.

Para la determinación del tamaño de estomas (μm) se utilizó un microscopio óptico (Zeiss) al que se le adaptó un micrómetro ocular. Se utilizaron cinco tiras epidermales por morfoespecie y cada una de estas se dividieron en cinco campos oculares. El largo y ancho del estoma se determinó con el objetivo 40X. La densidad o número de estomas se determinó con estas mismas tiras de epidermis utilizando el objetivo de 10X. El número que se registró por cada campo se expresó en número de estomas por milímetro cuadrado.

Los tipos de estomas se determinaron con el objetivo 40X. La identificación del tipo de estomas se llevo a cabo empleando la clasificación reportada por Radford et al., (1974) (Figura 1).

6.2 Estudio Anatómico de la Corteza

De cada una de las variedades se tomaron una muestra de dos costillas y se hicieron cortes trasversales a mano con navaja de rasurar. Estos cortes se colocaron inmediatamente en un porta objetos y se tñieron con azul de toluidina (Jensen 1963). Las observaciones y mediciones se realizaron con un microscopio óptico (Zeiss) equipado con un micrómetro ocular. En cada una de las variedades se hicieron cinco cortes trasversales de cada morfoespecie y en cada corte se registro información en cinco campos diferentes. Las variables anatómicas que se registraron de cada preparación son las siguientes:

- A. Grosor de cutícula (μm).
- B. Presencia y tipo de tricomas.
- C. Grosor (μm) y tipo de capas celulares de la hipodermis.
- D. Presencia de cristales de oxalato de calcio y cuerpos sílicos.
- E. Presencia de ductos de mucilago.

TIPOS DE ESTOMAS

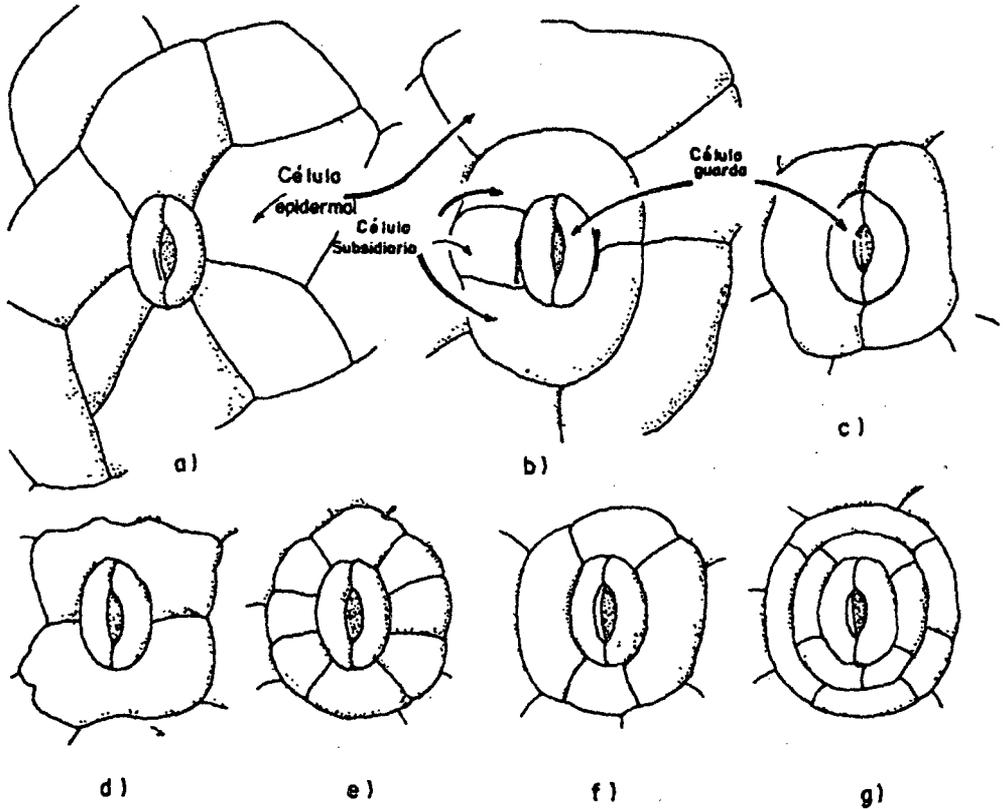


Figura 1. Tipo de estomas: a) Anomocítico; b) Anisocítico; c) Paracítico; d) Diacítico; e) Actinocítico; f) Tetracítico; g) Ciclocítico.

6.3 Estudio Morfológico del Xilema.

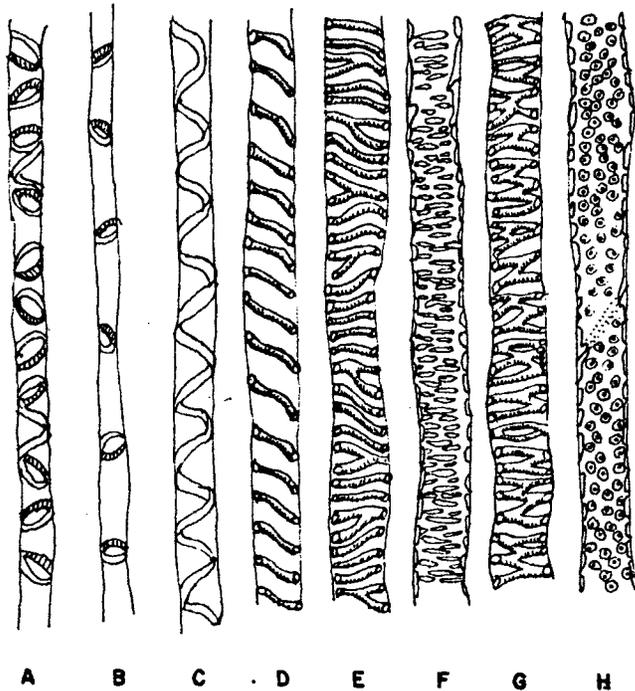
De cada una de las variedades anteriormente mencionadas se tomaron trozos del tejido vascular los que posteriormente se maceraron para separar el xilema de los demás tejidos utilizando la técnica de Jeffrey, descrita por Gifford (1978). Esta técnica se describe a continuación : los trozos del tejido vascular de cada especie se colocaron en frascos en una solución formada por 5 partes de ácido acético glacial, 4 partes de agua destilada y una parte de peróxido de hidrógeno (30%). Luego se colocaron en una estufa de incubación (56 a 60° C), hasta que el tejido quedo totalmente blando y traslúcido. Cuando esta condición se cumplió se lavaron con alcohol al 50% por 1 hora y se tificaron con safranina (1%) por 2 horas.

Después se procedió al montaje de pequeñas cantidades del tejido macerado de las distintas especies en una preparación de glicerogelatina; posteriormente en un porta objetos se colocaron con una pipeta Pasteur 4 gotas del sedimento que contiene xilema y 10 gotas de glicerogelatina, se homogenizaron las mezcla con un cubre objetos y se cubrieron con el mismo.

Las placas preparadas se colocaron en una estufa de incubación a una temperatura (50 °C), para adelgazar la muestra y se sellaron con barniz de uñas. Se prepararon 7 placas por cada especie y se registraron los siguientes datos:

- A. Forma del engrosamiento secundario.
- B. Tipo de lámina perforada.
- C. Terminación e inclinación de las paredes terminales.

Para el registro de éstos datos se elaboró previamente una escala morfológica evolutiva del xilema apoyada en la escala establecida por Esau (1984), y la que se ilustra en las Figuras 2 3 y 4. Con esta escala se cuantificaron los tipos de cada una de las características consideradas y se determino su porcentaje para establecer el grado evolutivo de *Stenocereus queretaroensis* en relación al xilema.



Estructura de la pared secundaria de los miembros de los vasos del xilema. A. anular B. anular despues del alargamiento del vaso C,D,E, espiral F, escalariforme. G. reticulado. H, punteado.

Figura 2.

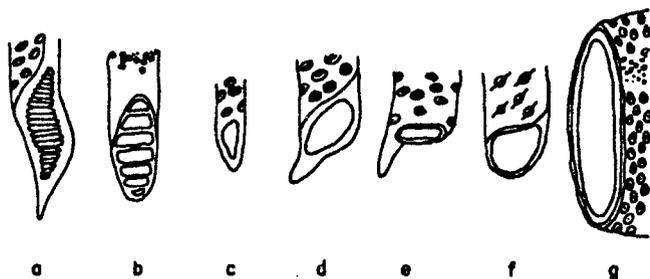
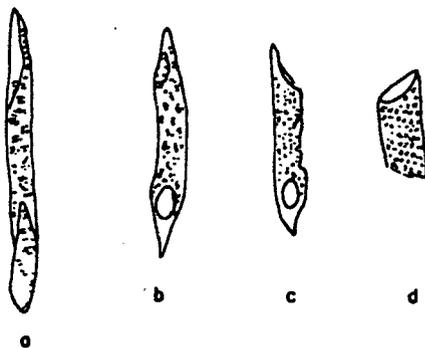


Figura 3.

Placas de perforación de los miembros de los vasos.

- a.** placa de perforación escalariforme con pared oblicua;
- b.** placa de perforación reticulada con pared oblicua;
- c. d. e. f. g.** placa de perforación simple con pared transversa.



Inclinación de los paredes terminales.

- a.** Pared oblicua con placas de perforación reticulada.
- b.** Pared oblicua con placas de perforación escaliforme y simple.
- c.** Pared oblicua con transición a pared transversa.
- d.** Pared transversa con placa de perforación simple.

Figura 4.

6.4 Análisis Estadístico.

Con los datos que se obtuvieron se llevaron cabo las determinaciones estadísticas descritas por Little y Hills (1976) que se enlistan:

1. Media aritmética
2. Desviación estandar
3. Coeficiente de variación
4. Análisis de correlación simple
5. Análisis de varianza
6. Prueba de comparación de medias de Duncan

7. RESULTADOS

7.1 Estudio Anatómico de la Epidermis.

7.1.1 Longitud de Estomas

La longitud de estomas se ha utilizado como un indicador del grado de ploidia en especies vegetales. Generalmente se ha encontrado una correlación positiva directa entre la longitud de estomas y el número de cromosomas (Przywara et al., 1988), de tal manera que las especies poliploides se caracterizan por presentar estomas de mayor tamaño.

La evaluación de la longitud de estomas en las seis variedades de pitayo reveló que esta varío de 43.6 μm a 39.4 μm . El valor más alto se registró en la variedad Amarilla Silvestre y el menor en la variedad Mamey. El análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas al ($P= 99$), por lo cual se procedio a realizar el análisis de comparación de medias (Duncan), el cual mostró que las variedades Amarilla y Morada son iguales estadísticamente, y ambas son mayores al resto de las variedades. Las variedades Rojo Silvestre, Solferino y Mamey son estadísticamente inferiores al resto de las variedades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Longitud promedio de estomas en 6 variedades de pitayo.

Variedad	Longitud promedio de estomas (μm)
Amarilla Silvestre	43.6 a*
Morada	42.8 ab
Blanca	42.1 bc
Rojo Silvestre	40.1 d
Solferino	40.1 de
Mamey	39.4 de

$$\bar{x} = 41.4 \pm 3.20$$

$$C. V. = 7.7\%$$

* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente, prueba de Duncan (P= 0.05).

C.V. = Coeficiente de Variación.

7.1.2 Ancho de Estomas

El ancho de estomas es un caracter poco estudiado por lo que es común no encontrar reportes que incluyan esta variable en estudios sobre tamaño de estomas.

En el presente estudio se evaluó el ancho de estomas de seis variedades de pitayo el cual osciló de 27.2 μm en la variedad Morada a 23.5 μm en la variedad Solferino. El análisis de varianza reveló que los tratamientos son estadísticamente diferentes con un nivel de significancia del 99% y la prueba de comparación de medias de Duncan reveló que la variedad Morada es estadísticamente superior al resto de las la variedad (27.2 μm) y la variedad Solferino es estadísticamente menor (23.5 μm) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ancho promedio de estomas en 6 variedades de pitayo.

Variedad	ancho promedio de estomas (μm)
Morada	27.2 a*
Mamey	26.3 b
Amarilla Silvestre	26.0 bc
Rojo Silvestre	25.7 bc
Blanca	24.3 d
Solferino	23.5 e

$$\bar{x} = 25.5 \pm 2.86$$

$$C. V. = 11.2\%$$

* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente, prueba de Duncan (P= 0.05).

C.V. = Coeficiente de Variación.

7.1.3 Area de Estomas.

El área de estomas también a sido utilizado como un indicador de poliploidia en especies vegetales que se encuentran relacionadas Conde (1975) encontró correlación positiva directa entre el área de estomas y el nivel de ploidia.

El área de estomas en las 6 variedades de pitayo varió de 916.0 μm^2 en la variedad Morada a 751.7 μm^2 en la Solferino. La prueba de comparación de medias mostró diferencias entre tratamientos, en el cual las variedades Morada y Amarilla Silvestre son estadísticamente similares y superiores al resto de las variedades; la variedad Solferino fue la que presentó el área menor de estomas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Area promedio de estomas en 6 variedades de pitayo.

Variedad	Area promedio de estomas (μm^2)
Morada	916.0 a*
Amarilla Silvestre	898.6 ab
Mamey	816.6 c
Rojo Silvestre	808.2 cd
Blanca	804.4 cd
Solferino	751.7 e

$$\bar{x} = 832.6 \pm 121$$

$$C. V. = 11.2\%$$

* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente, prueba de Duncan (P= 0.05)

C.V. = Coeficiente de Variación.

7.1.4 Frecuencia de Estomas

La frecuencia de estomas, es una variable útil para medir la velocidad de transpiración y la tasa fotosintética. Esta frecuencia esta relacionada con la edad y región de la parte muestreada, por lo cual varía entre los diferentes materiales genéticos utilizados.

En el presente estudio la frecuencia de estomas varió entre 23.0 por mm^2 y 42.7 por mm^2 . El análisis de varianza muestra diferencias estadísticas. La prueba de comparación de medias de Duncan reveló que la variedad Solferino presenta mayor frecuencia de estomas con respecto al resto de las variedades y la variedad Amarilla es la que presenta la menor frecuencia (Cuadro 4).

Cuadro 4. Frecuencia promedio de estomas en 6 variedades de pitayo.

Variedad	Frecuencia promedio de estomas (mm ²)
Solferino	42.7 a*
Rojo Silvestre	37.7 b
Mamey	36.8 b
Morada	33.4 c
Blanca	31.5 d
Amarilla Silvestre	30.0 e

$$\bar{x} = 35.3 \pm 6.20$$

$$C. V. = 17.5\%$$

* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente, prueba de Duncan (P= 0.05)

C. V. = Coeficiente de Variación.

7.1.5 Tipo de estomas.

El tipo de estomas corresponde al arreglo de las células guardas y a las células acompañantes. En ocasiones son utilizadas para clasificación taxonómica, ya que se presentan aproximadamente 31 patrones en las plantas vasculares superiores (Jones, 1987).

El tipo de estomas que se encontró corresponde al tipo actinocítico el cual se caracteriza por que el poro está rodeado de cuatro o más células subsidiarias y elongadas radialmente (Figura 5).



Figura 5. Estoma tipo actinocítico. Célula epidermal (ce.), célula subsidiaria (cs.), célula oclusiva (co.), poro estomático (pe.).

7.1.6 Coeficientes de Correlación entre las variables anatómicas de la epidermis.

En el cuadro 5 se presentan los coeficientes de correlación entre las variables anatómicas de la epidermis, en la cual se observó que solamente hay correlación positiva entre la longitud y área y ancho y área.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre las variables anatómicas de la epidermis.

	Longitud	Ancho	Area
Frecuencia	-0.37 ^{N.S}	-0.12 ^{N.S}	-0.31 ^{N.S}
Longitud		0.12 ^{N.S}	0.63 ^{**}
Ancho			0.81 ^{**}

N.S. No significativo

** Significativo al 0.01

7.2 Estudio Anatómico de la Corteza.

7.2.1 Grosor Cuticular

La evaluación de el grosor cuticular en las 6 variedades de pitayo nos reveló que es en la variedad Rojo Silvestre donde encontramos un mayor grosor de cutícula (16.5 μm) y el menor en la variedad Solferino (13.7 μm) (Figura 6). Al realizar el análisis de varianza (ANDEVA) no mostro diferencias significativas del grosor de cutícula entre variedades (Cuadro 6).

Cuadro 6. Grosor promedio de cutícula en micrometros (μm) de variedades de pitayo.

Variedad	grosor cuticular (μm)	C. V. (%)
Solferino	13.7 \pm 4.5	33.29
Morada	15.6 \pm 5.4	34.69
Mamey	15.0 \pm 4.3	29.16
Blanca	15.2 \pm 4.1	26.92
Rojo silvestre	16.5 \pm 4.6	27.73
Amarillo silvestre	14.3 \pm 5.2	36.63

$$\bar{x} = 15.0 \pm 4.8$$

$$\text{C. V.} = 32.0\%$$

C. V. = Coeficiente de Variación.

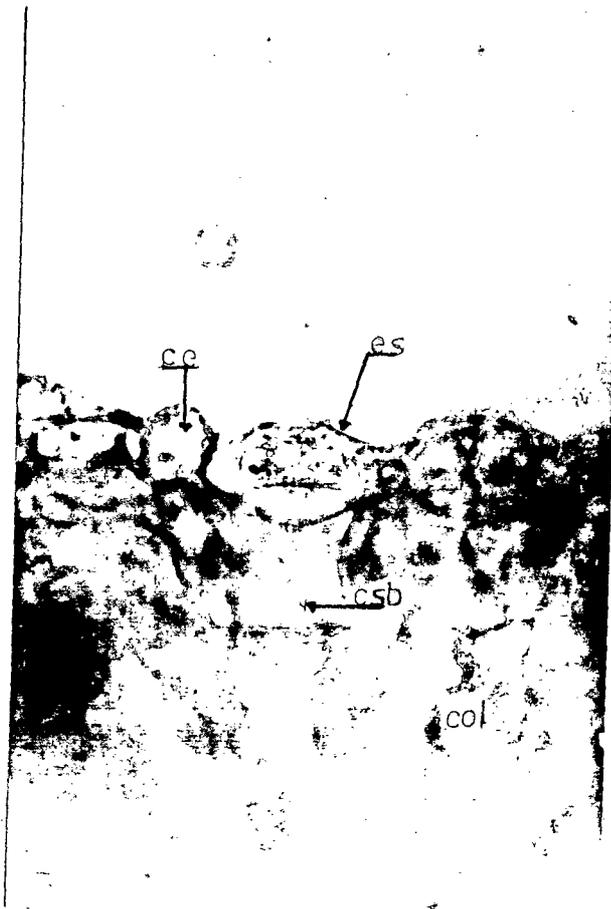


Figura 6. Corte transversal de la epidermis y corteza, en el que se observa un estoma (es.), células epidermales (ce.), cavidad subestomática (csb.) y colénquima (col.).

7.2.2 Presencia y tipo de tricomas

En las observaciones que se realizaron de las 6 variedades de pitayo ninguna de estas presentan pelos epidérmicos.

7.2.3 Grosor y número de capas celulares en la epidermis.

Las variedades de pitayo estudiadas presentaron epidermis simple, con evidencias de divisiones periclinales. Las células epidérmicas se presentan totalmente lisas (Figura 7). El grosor de la epidermis de las variedades observadas vario de 26.8 μm a 33.6 μm . La variedad que presento el mayor grosor fue la Morada y el menor se encontró en la variedad Mamey. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas por lo que se procedió a realizar la prueba Duncan. Esta reveló que la variedad Morada fue estadísticamente superior al resto de las variedades, seguido por las variedades Blanca, Rojo Silvestre, Amarillo Silvestre y Solferino. La variedad Mamey fue la que presentó el menor grosor epidérmico (Cuadro 7).

Cuadro 7. Grosor promedio de la epidermis en variedades de pitayo.

Variedad	grosor de la epidermis (μm)
Morada	33.6 a*
Blanca	30.5 b
Rojo Silvestre	30.2 bc
Amarilla Silvestre	29.2 bc
Solferino	29.0 bc
Mamey	26.8 d

$$\bar{x} = 29.9 \pm 5.61$$

$$C. V. = 18.8 \%$$

* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba de Duncan (P= 0.05)

C.V. = Coeficiente de Variación.

7.2.4 Grosor y número de capas celulares del colénquima.

El grosor del colénquima osciló de 212.2 μm en pitayo Morado a 199.2 μm en la variedad Blanca. El análisis de varianza no mostro diferencias estadísticas significativas entre variedades en el grosor de colénquima por lo que se considera como un caracter estable dentro de todas las variedades estudiadas (Cuadro 8).

Este colénquima es interrumpido en intervalos regulares por cavidades subestomáticas que se extienden hasta el clorénquima.

Por otro lado en todas las variedades observadas este tejido presentó espacios intercelulares los cuales fueron considerados como espacios aerenquimáticos, por lo que se puede considerar que es un colénquima de tipo lagunar.

Cuadro 8. Grosor promedio del colénquima en micrometros (μm) de variedades de pitayo.yo.

Variedad	grosor del colenquima (en μm)	C. V. (%)
Solferino	209.4 \pm 4.6	11.7
Morada	212.2 \pm 15.6	7.4
Mamey	206.6 \pm 15.1	7.3
Blanca	199.2 \pm 14.8	7.4
Rojo silvestre	205.1 \pm 17.7	8.6
Amarillo silvestre	202.3 \pm 16.7	8.2

$$\bar{x} = 205.8 \pm 18.3$$

$$C. V. = 8.9\%$$

C.V. = Coeficiente de Variación.

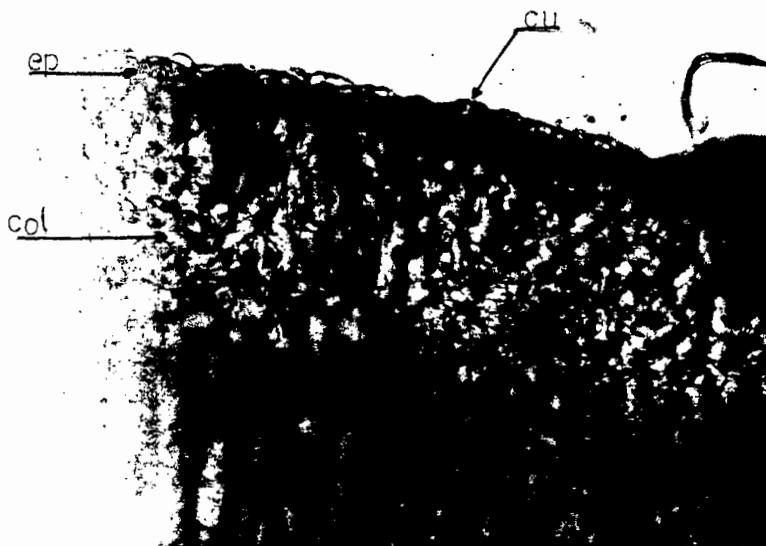


Figura 7. Corte transversal de la epidermis y corteza diferenciando cutícula (cu.), epidermis (ep.) y colénquima (col.).

7.2.5 Grosor del Clorénquima.

En el presente estudio se observó la presencia de grandes cantidades de cloroplastos (que es característico del tejido del clorénquima), los cuales se localizaron en la región dorsal próxima al colénquima. En todas las variedades se observó la presencia de grandes espacios aéreos, los cuales invadían casi todo el tejido del clorénquima. Estos espacios de aire se formaron a través de lisigénesis. Otro rasgo característico que se presentó en todas las variedades observadas fue la presencia de grandes células mucilaginosas esferoidales (Figura 8).

La medición reveló que este varía de 844.6 μm en la variedad Amarillo Silvestre a 1190.0 μm en la Blanca. El análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas (99%), por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación de medias (Duncan), encontrando que la variedad Blanca y Rojo Silvestre fueron superiores estadísticamente en comparación a el resto de las variedades (Cuadro 9).

Cuadro 9. Grosor promedio del Clorénquima (μm).

Variedad	Grosor del parénquima (μm)
Blanca	1190.0 a*
Rojo Silvestre	1048.1 ab
Solferino	973.4 bc
Morada	866.7 cd
Mamey	863.6 cd
Amarillo Silvestre	844.6 cd

$$\bar{x} = 984.4 \pm 287$$

$$C. V. = 29.7\%$$

* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba de Duncan (P= 0.05).

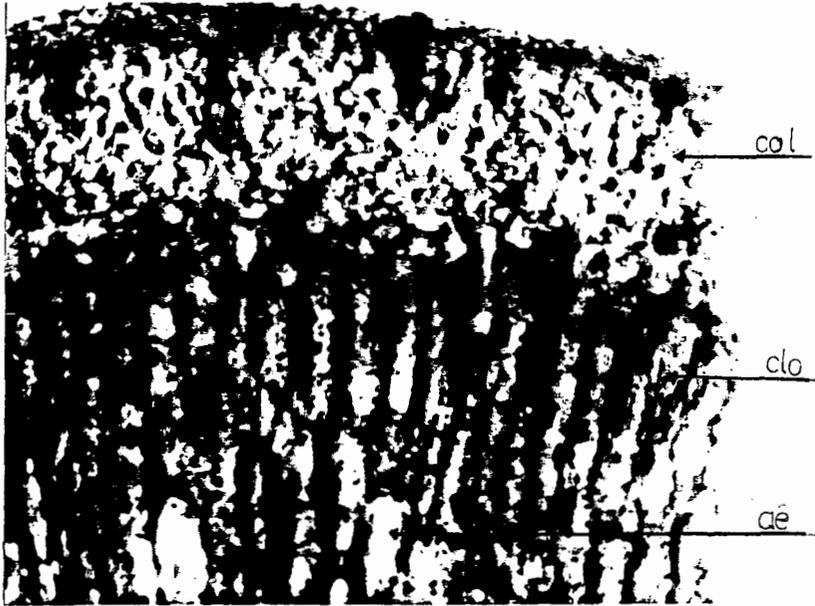


Figura 8. Corte transversal de la corteza diferenciando el colénquima (co.), clorénquima (cl.) y espacios aerenquimáticos (cae.).

7.2.6 Presencia de Cristales de Oxalato de Calcio y Cuerpos Silicos.

En el presente estudio no se registró la presencia de cristales de oxalato de calcio y de cuerpos silicos en los tejidos evaluados de las diferentes variedades. Se observaron ductos de mucilago en la corteza, estos se localizaron en el parénquima.

7.2.7 Coeficientes de correlación entre las variables anatómicas de la corteza del Pitayo.

En el cuadro 10 se presentan los coeficientes de correlación entre las variables anatómicas de las variedades de Pitayo y en el cual se puede apreciar que no hay correlación entre estas.

Cuadro 10. Coeficientes de correlación entre las variables anatómicas de pitayo.

	Epidérmis	Colénquima	Parénquima
Cutícula	N. S. 0.063	N. S. 0.032	N. S. 0.015
Epidérmis		N. S. 0.013	N. S. 0.017
Colénquima			N. S. -0.036

N. S. No Significativas

7.2.9 Estudio Morfológico del Xilema.

7.2.9.1 Descripción de las Paredes Secundarias.

La evaluación de atributos morfológicos del xilema tales como las paredes secundarias, las placas de perforación y la inclinación de las paredes terminales en las diferentes variedades de pitayo nos mostró los siguientes resultados:

En relación a la ornamentación de la pared secundaria de los miembros de vasos se encontró que el tipo escalariforme es el más común, ya que en 764 observaciones el 95.54% fue del tipo escalariforme. El resto (4.46%) correspondió al tipo reticulado.

Los espesamientos escalariformes de los elementos de vaso del xilema encontrados en las variedades de pitayo, se caracterizan por su tendencia a alargarse. Estos alargamientos recubren casi en toda su totalidad la pared celular secundaria del elemento de vaso. En ocasiones se dificulta determinar si es escalariforme o reticulado, ya que se observa transición del primero al segundo (Figuras 9 y 10).

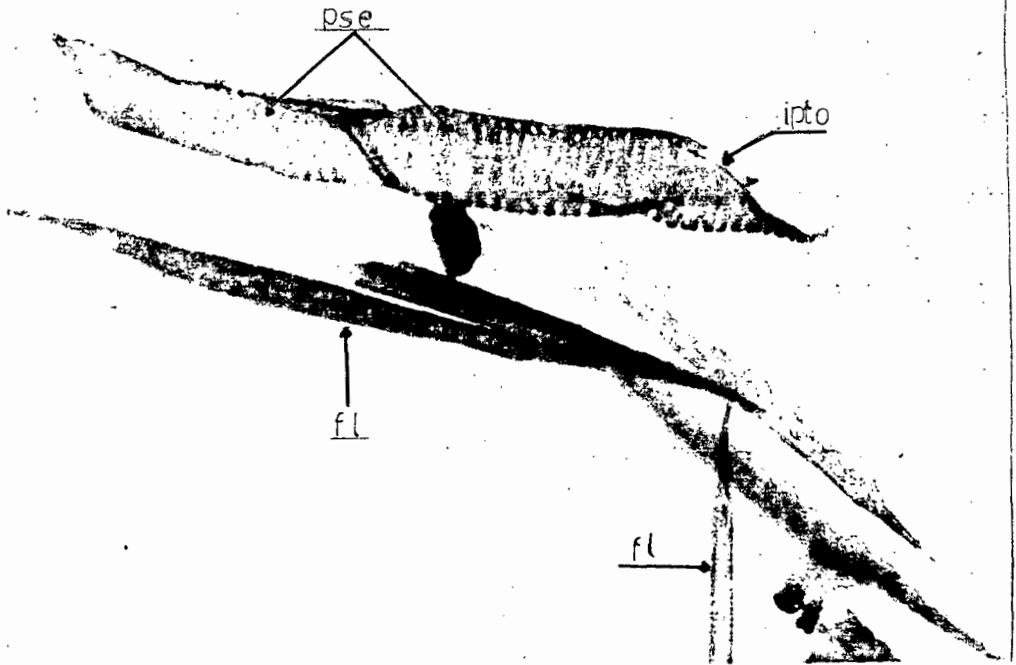


Figura 9. Elemento de vaso mostrando paredes secundarias escaleriformes (pse.) con inclinación de las paredes terminales oblicuas (ipto.) y fibras de tipo libriforme (fl.).

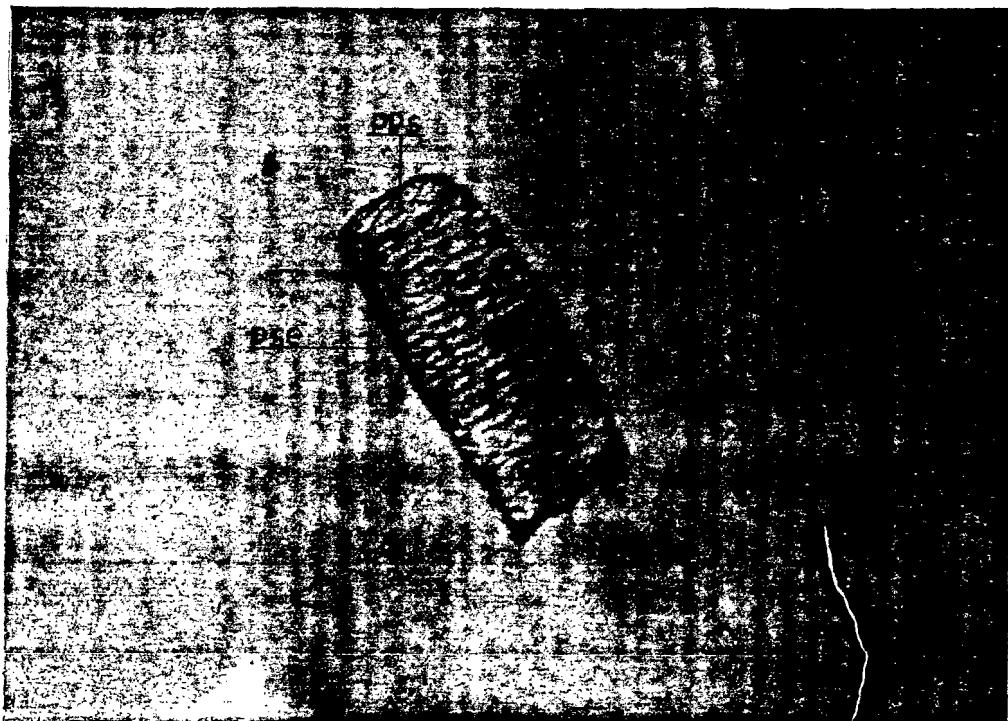


Figura 10. Elemento de vaso mostrando la pared secundaria escalariforme (pse) y la placa de perforación simple (pps.).

7.2.9.2. Placas de Perforación.

En los extremos de los miembros de vaso se presentan perforaciones las que se denominan placa de perforación. Esta placa de perforación se presenta en la región terminal o también se puede presentar lateralmente, estas perforaciones pueden ser simples, escalariforme o reticulada.

En los miembros de los vasos observados en este estudio es común la presencia de placas de perforación simple. Esta perforación se encuentra en la parte terminal de los vasos (Figura 11), aunque pudo observarse doble placa de perforación en la parte terminal de algunos elementos de vaso. No se tomaron datos de este rasgo porque no fue constante.

7.2.9.3 Inclinação de la Pared Terminal.

En relación a la inclinación de la pared terminal, se encontró que de las 764 placas de tejido xilemático observado se encontró que el 71.20% presentan paredes terminales en transición que van de oblicuas a transversas, y encontrando solamente el 28.8% con inclinación terminal transversa.

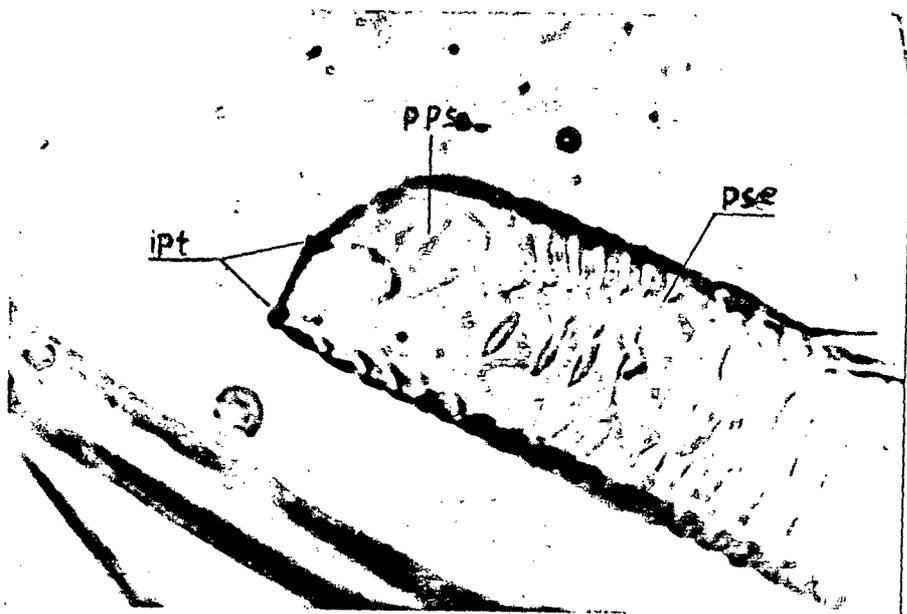


Figura 11. Elemento de vaso mostrando la pared secundaria escalariforme (pse), la placa de perforación simple (pps.) y la inclinación de la pared terminal (ipt.).

8. DISCUSION

Uno de los objetivos establecidos en el presente trabajo, es caracterizar las principales modificaciones estructurales que han contribuido a la adaptación del pitayo a las condiciones de aridez. Las observaciones realizadas en este estudio revelan que en el pitayo se registran pocos cambios estructurales anatómicos que contribuyan a la adaptación de esta planta a las condiciones que se presentan en los ambientes semiáridos, en los que el principal factor limitante es el agua. En contraste con miembros del subgénero *Opuntia*, en el pitayo no se encontraron tricomas, los cuales ejercen un papel protector contra el exceso de radiación y la pérdida de agua (Maxwell y Jennings (1984); también llama la atención que los estomas son superficiales, contrario a lo que se ha observado en *Opuntias*, donde estos se encuentran hundidos en criptas estomáticas (Pimienta et al., en prensa); además la cutícula es delgada, lo cual coincide con los reportes hechos anteriormente por Gibson y Horak (1978) en *S. queratarioensis*, *S. eruca*, *S. beneckeii*, y *P. weberi*, sin embargo, Gibson (1990), reporta cutícula gruesa en especímenes de *Stenocereus* cultivados y silvestres.

Gibson y Horak (1978) y Gibson (1990), reportan la presencia de cristales de oxalato de calcio y cuerpos silíceos en los tejidos epidérmicos, colenquimatosos y clorenquimáticos en géneros de la familia *Stenocereus*, sin embargo en las variedades de pitayo observadas no se presentaron estas sustancias ergásticas las cuales actúan disminuyendo la absorción excesiva de energía luminosa (Jacobsen, 1960).

En contraste con el nopal, en el que se encontró colénquima de tipo laminar (López, 1991), en el pitayo se observó que es del tipo lagunar lo que confirma los reportes hechos previamente por Esau (1976) en los cuales este tipo de colénquima puede ser una categoría de aerénquima. La presencia de estos espacios aéreos intercelulares, tanto en el colénquima como en el parénquima, se debe al almacenamiento de agua en estos tejidos, como una respuesta adaptativa que tienen estas plantas a los

períodos de sequía, y lo cual sugiere que existe cierto grado de control de factores ambientales, más que genéticos. En especies tales como *Carnegie gigantea*, *Ferocactus acanthea* y *Opuntia basilaris* estos tejidos pueden perder hasta un 80% del agua contenida, sin llegar a sufrir daños irreversibles (Goldstein et al., 1991).

La epidermis que se encontró en las variedades evaluadas es uniseriada lo cual es un rasgo común para la mayoría de las cactáceas (Gibson, 1990), aunque se pueden observar epidermis múltiple tal y como ocurre en *Opuntias* (López, 1991). Una de las modificaciones que contribuyen a regular la economía hídrica del agua es la densidad o frecuencia de estomas. La frecuencia estomática que presentan las variedades de pitayo es baja si se compara con los reportados para especies frutales perennes de clima templado y especies perennes de clima tropical, como por ejemplo *Eucalyptus globulus* y *Tilia europea* presentan una frecuencia de 370 estomas por mm^2 y *Populus deltoides* 187 estomas por mm^2 (Fitter and Hay, 1987; Sena-Gómez y Kozlowski, 1988). Incluso, en especies nativas de zonas áridas como la jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link Schneider) la densidad de estomas, aunque no es alta (150 estomas por mm^2) (León y de la Luz y Fanjul, 1983), no se compara con la encontrada en este estudio, ya que *Stenocereus* que crecen en una zona semiárida presentó de 35 estomas por mm^2 . Estos resultados de pitayo concuerdan con los reportes hechos por Loera (1990) en los que reportó una frecuencia de estomas de 34 estomas por mm^2 para especies de *Opuntias*. Esta observación nos permite suponer que a menor frecuencia de estomas es menor la transpiración (Quizenberry, 1987), por lo tanto la densidad baja de estomas es la única característica anatómica que se puede considerar como una adaptación a zonas áridas.

La longitud de estomas es una variable que se ha utilizado como un indicador del nivel de ploidía en algunas especies vegetales (Conde 1975; Przywara et al., 1988), de tal manera que las especies poliploides se caracterizan por presentar estomas de mayor tamaño que las diploides (Przywara et al., 1988; Pimienta, 1988). Los resultados de la longitud de estomas del presente estudio coinciden con los reportados por Conde (1975) en especies de *Opuntia* el cual el tamaño de los estomas osciló de 28 μm a 52 μm . Sin embargo, en contraste con *Opuntia*, no presentan una

variación amplia en el tamaño que se pueda atribuir a la existencia de diferentes niveles de ploidía en pitayo. En esta característica el coeficiente de variación es bajo (7.7) por lo que podemos inferir que esta variable está determinada por factores genéticos más que ambientales y cabe esperar que todas las variedades puedan tener el mismo nivel de ploidía. Por otro lado los coeficientes de variación de ancho estomático (11.2), frecuencia (17.5) y área (14.5) se presentan altos en relación a la longitud.

Por otro lado, los resultados que se obtuvieron con la caracterización del xilema, demuestran que en las variedades de pitayo evaluadas han alcanzado niveles altos de especialización filogenética. La principal característica para valorar esta especialización, es la presencia de placas de perforación simples en los elementos de vaso. Esta observación coincide con los resultados obtenidos por Gibson (1973) en estudios realizados en diversos géneros de la familia Cactaceae. Sin embargo, con lo que respecta a la ontogenia de la pared secundaria de los elementos de vaso, Gibson (1973) menciona que en cactus con crecimiento de tipo arboreo es común encontrar elementos de vaso con pared secundaria escaleriforme o transitiva, pero en cactus de crecimiento pequeño se puede caracterizar por presentar elementos de vaso con engrosamiento helicoidal o anular.

Carlquist (1986) menciona que la evolución en las paredes en los elementos de vaso está influenciada por la demanda de agua de la planta. Sin embargo, Gibson (1973) reporta que debe tomarse también en consideración la edad de la planta, por lo que en tal caso podemos inferir que los miembros del género *Stenocereus* han tenido un período de vida más largo y por consecuencia una evolución más lenta, independiente de la demanda de agua.

9. CONCLUSIONES.

1. La única modificación anatómica de la corteza relacionada con la adaptación del pitayo a un ambiente semiárido es la baja densidad o frecuencia de estomas, ya que es una de las más bajas que se han reportado en especies perennes de origen templado e incluso semiárido.
2. En contraste con otras especies que se desarrollan en ambientes semiáridos, en el pitayo es evidente la ausencia de estructuras anatómicas que se relacionan como modificaciones que contribuyan a la adaptación de estas a la aridez como son: tricomas, cutícula gruesa, cristales de oxalato de calcio, cuerpos silíceos y estomas hundidos entre otros.
3. Las observaciones sobre la morfología del xilema revelaron que las variedades de pitayo evaluadas han alcanzado niveles altos de especialización, lo cual fue evidente por la presencia de placas de perforación simples en los elementos de vaso y la ausencia de traqueidas.
4. La variación en tamaño de estomas es baja en las variedades estudiadas, por lo que se puede inferir que en esta especie es poco probable que exista variación en niveles de ploidía.

10. LITERATURA CITADA.

1. Aceves, E.T.J., 1991. Variación en la Morfología del Xilema en Morfoespecies Silvestres y Cultivadas de Nopal (*Opuntia spp.*) Tunero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad de Guadalajara. 58p.
2. Al-Rais, A.H.A.M. Myers and L. Watso, 1971. The Isolation and properties of oxalate crystals from plants. *Ann. of Bot.*, 35: 1213-1218.
3. Amarasinghe, V.; S.A. Graham and A. Graham, 1991. Trichome Morphology in the Genus *Cuphea* (Lythraceae). *Bot. Gaz.*, 152(1): 77-90.
4. Anónimo, 1989. Cactus. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
5. Arreola, N., 1990. Inventario de las Cactaceas de Jalisco y su distribución. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*, 35(1).
6. Baranova, M.A., 1987. Historical Development of Present Clasification of Morphological Types of Stomates. *Bot. Rev.* 53(1): 53-79.
7. Bell, J.M. y J.D. Curtis, 1985. Development and Ultrastructure of Foliar Glands of *Comptonia peregrina* (Myricaceae). *Bot. Gaz.* 146(3): 286-292.
8. Boke, N.H., 1980. Developmental Morphology and Anatomy in Cactaceae. *BioScience* 30(9): 605-610.
9. Bravo, H.H., 1978. Las cactaceas de México. Vol. I Universidad Nacional Autónoma de México. México 735p.

10. Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: A summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Alison* 6(2): 25-66.
11. Conde, L.F., 1975. Anatomical Comparisons of Five Species of *Opuntia* (Cactaceae). *Ann Missouri Bot. Gard.* 62: 425-473.
12. Cronquist, A., 1984. *Introducción a la Botánica*. Ed. C.E.C.S.A. México. 848p.
13. Cutter, E.G., 1969. *Plant Anatomy: Experiment and Interpretation*. Addison-Wesley. Reading, Massachusetts. 168p.
14. Doaigey, A.R., 1991. Occurrence, Type, and Localitation of Calcium Oxalate Crystals in Leaves and Stem of 16 Species of Poisonous Plants. *Am. J. Bot.* 78(12): 1808-1816.
15. Doaigey, A.R. and K.J. Harkiss, 1982. Development of the Gandular Leaf of *Antirrhinum meonanthurum* Hoffmanns & Link, (Scrophulariaceae). *Pak. J. Bot.*, 14(1): 103-106.
16. Earle, W.H., 1963. *Cacti of the Southwest*. Desert Botanical Garden of Arizona. 4: 5-10.
17. Esau, K., 1976. *Anatomía vegetal*. Omega Barcelona 3ra. ed 778p.
18. Esau, K., 1982. *Anatomía de las Plantas con Semilla*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 512p.
19. Farooqui, P., N. Venkatasubramanian and V.K. Nallasamy, 1989. Use of cuticular studies en distinguishing species of *Dalbergia*. *Plant Sci.*, 99(1): 7-14.
20. Fitter, A.H. and K.M.Hay, 1987. *Environmental Physiology of Plant*. Academic Press, London. 423p.

21. Franceshi, V.R. and H.T. Horner, 1980. Calcium Oxalate Crystals in Plants. Bot. Rev., 46(4): 361-427.
22. Franceshi, V.R. and R.T. Giaquinta, 1983. Glandular Trichomes of Soybean Leaves: Cytological Differentiation from Initiation through Senescence. Bot. Gaz. 144(2): 175-184.
23. Freeman, T.P., 1969. The Developmental Anatomy of *Opuntia basilaria*. I. Embryo, root and transition zone. Amer. J. Bot. Card. 56(9): 1067-1074.
24. Friis, E.M., W.G. Chaloner and P.R. Crane, 1987. The origins of angiosperms and their biological consequences. Cambridge University Press. Cambridge, 358p.
25. Gates, E. H., 1957. Distribución de las cactáceas de Baja California. Cact. Suc. Mex. 2(4): 69-75.
26. Gates, E. H., 1958. The dwarf pithaya dulce of Baja California. Cact. Suc. J. Soc. Amer. 30(4): 114-115.
27. Gibson, A.C., 1973. Comparative Anatomy of Secondary Xylem in Cactoideae (Cactaceae). Biotropica, 5(1): 29-65.
28. Gibson, A.C., 1977. Wood Anatomy of *Opuntias* with Cylindrical to Globular Stem. Bot. Gaz. 138(3): 334-351.
29. Gibson, A.C., 1990. The Systematic and Evolution of Subtribe *Stenocereinae*: *Stenocereus queretaroensis* and its closest relatives. Cact. and Succ. J. 62: 170-176.
30. Gibson, A.C. and K.E. Horak, 1978. Systematic Anatomy and Phylogeny of Mexican Columnar Cacti. Ann. of the Missouri Bot. G., 65(4): 999-1057.
31. Gibson, A.C. and P.S. Nobel, 1986. The cactus primer. Harvard University Press. Cambridge Massachusetts. 286p.

32. Gifford, E.M., 1978. Plant microtechnique Course Notes, Botany Department University of California Davis.
33. Goldstein, G., J.L. Andrade and P.S. Nobel, 1991. Differences in Water Relations Parameters for the Chlorenchyma and Parenchyma of *Opuntia ficus-indica* under Wet versus Dry Conditions. Aust. J. Physiol., 18: 95-107.
34. Heath, O.V.S., 1981. Stomata. J.J. Head. Burlington, North Carolina, 80p.
35. Jones, B.S., 1988. Sistemática Vegetal. Ed. Limusa, Argentina. 587 p.
36. Kawase, M. and R.E. Whitmoyer, 1980. Aerenchyma Development in Waterlogged Plants. Amer. J. Bot. 67(1): 18-22.
37. Kawase, 1981. Effect of Ethylene on Aerenchyma Development. Amer. J. Bot. 68(5): 651-658.
38. León de la Luz, J.L. y L. Fanjul, 1983. Densidad Estomática en Plantas Masculinas y Femeninas de Jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider) Procedentes de la Costa de Sonora, México. Biótica, 8(3): 303-307.
39. Little, T.M. y F.J. Hills, 1976. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Ed. Limusa. México 270p.
40. Loera, Q.M.M., 1990. Estudio morfológico-anatómico de la epidermis en morfoespecies cultivadas y silvestres de nopal (*Opuntias.p.p.*) Tunero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara, 49p..
41. López, A.L.O., 1991. Estudio anatómico-fisiológico comparativo entre morfoespecies de nopal (*Opuntia spp.*) tunero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara, 48p.

42. Maldonado, J.J., 1983. Caracterización y usos de recursos naturales de las zonas áridas. En: Recursos Agrícolas de las zonas Áridas y Semiáridas de México. Simposio Vigésimo Aniversario del Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 159p.
43. Martin, J.T. and B.E. Juniper, 1970. The cuticles of Plants. Edwards Arnold, London.
44. Martin, P. S. and C. Drew, 1969. Scanning electron micrographs of southwestern pollen grains. J. Arizona Acad Sci. 5: 147-176.
45. Maxwell, F.G. y P.R. Jennings, 1984. Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed. Limusa. México
46. Maya, A.C. y J.B. Kohashi-Shibata, 1976. Distribución de estomas en la primera hoja de plántulas de cuatro razas de maíz. Agrociencia, 24: 3-22.
47. Oronoz, M.R., D.N. Roaro e I.L. Rodriguez, 1983. Tratado de Botánica. E.C.L.A.S.A. México. 15ed. 730p.
48. Pérez, B.H. y J.L.C. Chan, 1986. Densidad Estomatal del Duraznero y Nectarino de Riego y del Duraznero de Temporal. Fitotecnia, 8: 177-186.
49. Pimienta B. E. 1990. El Nopal Tunero. Universidad de Guadalajara. Guadalajara México 246 p.
50. Pimienta , B.E.; M.M. Loera Q. y L.O. López A. (en revisión). Estudio anatómico comparativo en morfoespecies del subgénero *Opuntia*.
51. Przywara, L., K.K. Pandey and P.M. Sanders, 1988. Length of stomata as an indicator of ploidy level in *Actinidia deliciosa*. Journal of Botany, 26: 179-182.

52. Quizenberry, E.J. 1987. Mejoramiento de la planta para resistencia a la sequía y el aprovechamiento de agua. pp. 223-256. En: Christiansen, N.M. y C.F. Lewis (eds.). Mejoramiento de plantas en ambientes pocos favorables. Ed. Limusa, México.
53. Radford, A.E., W.C. Dickison, J.R. Massey and C.R. Bell, 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row, USA. p. 185.
54. Rost, T.L. et al., 1985. Botánica: Introducción a la Biología Vegetal. Ed. Limusa, México. 466p.
55. Ruiz, P.L.M. y A.S., Larque, 1990. Los Estomas de *Solanum cardiophyllum* Longitud, Frecuencia e Índice Estomático. *Fitociencia*, 1(3): 7-14.
56. Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa. México 432p.
57. Salcedo, P.E., 1991. Aspectos taxonómicos y etnobotánicos del pitayo *Stenocereus queretaroensis* (Web) Buxb. en el Municipio de Techaluta Jalisco. Tesis profesional. Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara, 79p.
58. Sánchez, M. R.H., 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. En: Simposio sobre el aprovechamiento del pitayo. Universidad Autónoma Metropolitana. pp. 6-21.
59. Sena, G.A.R. and T.T.Kozlowski, 1988. Stomatal characteristics, leaf waxes, and transpiration rates of *Theobroma cacao* and *Hevea brasiliensis* seedlings. *Ann. of Bot.*, 61: 425-432.
60. Silva, E.A.M. and C.E. Anderson, 1985. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) R. *Ceres*, 32: 1-11.

61. Smith, W.K. and P.S. Nobel, 1978. Influence of irradiation, soil, water potential and leaf temperature on leaf morphology of a desert broad leaf, *Encelia farinosa* gray (Compositae). Ann. J. Bot., 65: 429-432.
62. Smith, W.K. and T.M. McClean, 1989. Adaptative relationship between leaf water reppellency stomatal distribution, and gas exchange. Amer. J. Bot., 76(3): 465-469.
63. Stace, C.A., 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bull. Ber. Mus. (Nat. Hist.) Bot. 41: 78.
64. Ting, E.P., 1982. Plant Physiology. Addison-Wesley. Philippines, p.p. 101-130.
65. Torrey, J.G., D.E. Foosket and P.K. Hepler, 1971. Xylem formation : a paradigm in higher plants. Amer. Sci. 59: 338-352.
66. Werker, E. and A. Fahn, 1981. Secretory hairs of *Inula viscosa* (L) AIT. - development, ultraestructure and secretion. Bot. Gaz. 142(4): 461-47.

APENDICE

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE ESTOMAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	1006.38	2201.27	24.68
Error	444	3620.40	8.15	
Total	449	44626.78		

$\bar{x} = 41.43 \pm 3.20 \mu\text{m}$ C. V. = 7.73 PR>F= 0.01

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL ANCHO ESTOMATICO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	678.37	135.67	19.96
Error	444	3017.06	679.52	
Total	449	3695.44		

$\bar{x} = 25.50 \pm 2.86 \mu\text{m}$ C. V. = 11.23 PR>F= 0.01

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL AREA DE ESTOMAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	1462688.46	292537.60	25.36
Error	444	5121470.80	11534.84	
Total	449	6584159.25		

$\bar{x} = 832.59 \pm 121 \mu\text{m}$ C. V. = 14.52 PR>F= 0.01

C.V. = Coeficiente de Variación.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE FRECUENCIA DE ESTOMAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	8151.03	1630.20	80.47
Error	444	8994.37	20.25	
Total	449	17145.40		

$\bar{x} = 35.33 \pm 6.17/\text{cm}^2$ C. V. = 17.46 PR>F= 0.01

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE CUTICULA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	119.44	23.88	1.02
Error	144	3350.85	23.26	
Total	149	3470.29		

$\bar{x} = 15.04 \pm 4.8 \mu\text{m}$ C. V. = 31.97 PR>F=N.S.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE EPIDERMIS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	634.33	126.86	4.45
Error	144	4096.56	28.44	
Total	149	4730.89		

$\bar{x} = 29.87 \pm 5.61 \mu\text{m}$ C. V. = 18.79 PR>F= 0.01

C.V= Coeficiente de Variación.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE COLENQUIMA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	2808.90	561.38	1.71
Error	144	4726.05	328.19	
Total	149	5006.74		

$\bar{x} = 205.80 \pm 18.26 \mu\text{m}$ C. V. = 8.87 PR>F= N. S.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE PARENQUIMA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. C.
Tratamiento	5	2301589	460317.90	6.60
Error	144	10031420	69662.63	
Total	149	12333010		

$\bar{x} = 964.40 \pm 286.74 \mu\text{m}$ C. V. = 29.73 PR>F= 0.01

C. V. = Coeficiente de Variación.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Expediente

Número

Sección

C. GLORIA MAGDA JIMENEZ LOPEZ
P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado el tema de Tesis "ESTUDIO ANATOMICO PRELIMINAR DEL TALLO EN PITAYO (Stenocereus queretaroensis)" para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicha Tesis el Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

A T E N T A M E N T E
" PIENSA Y TRABAJA "
"AÑO DEL BICENTENARIO"

Guadalajara, Jal., 17 de Septiembre de 1992.

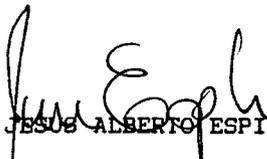
EL DIRECTOR



FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

M. EN C.  JUAN LUIS CIFUENTES LEMUS

EL SECRETARIO



BIOL. JESUS ALBERTO ESPINOSA ARIAS

c.c.p. Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de tesis pte.-
c.c.p. El expediente del alumno.

JLCL>JAEA>Cg1r.

Al contestar este oficio citese fecha y número

M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus
Director de la Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad de Guadalajara.

P R E S E N T E.

Me permito informarle a usted que una vez hecho el seguimiento al trabajo de Tesis Titulado "Estudio Anatómico Preliminar del Tallo en Pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) (Web.) Buxb." desarrollado por la pasante en Biología Gloria Magda Jiménez López y habiendo revisado el documento final del mismo, en calidad de Director de dicha Tesis, no tengo inconveniente alguno para su impresión definitiva.

Por lo cual solicito a usted tenga el bien de dirigir sus apreciables ordenes para que se realicen los tramites correspondientes que lleven a su presentación.

Sin otro particular reciba Ud. mi consideración más distinguida y un afectuoso saludo.

A T E N T A M E N T E

Guadalajara, Jal. 12 de Diciembre de 1992.



Dr. Eulogio Pimienta Barrios.