

1989

081173575

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE CIENCIAS



ESTUDIO MORFOLOGICO - ANATOMICO DE LA
EPIDERMIS EN MORFOESPECIES CULTIVADAS
Y SILVESTRES DE NOPAL. (OPUNTIA. S.P.P.)
TUNERO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A

MARIBEL MARTINA LOERA QUEZADA

GUADALAJARA, JAL. 1990

ESTUDIO MORFOLOGICO-ANATOMICO
DE LA EPIDERMIS EN
MORFOESPECIES CULTIVADAS Y
SILVESTRES DE NOPAL
(*Opuntia spp.*) TUNERO.

*Con respeto y agradecimiento
dedico mi tesis al Dr. Eulogio
Pimienta Barrios*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios, director de la tesis, por toda la ayuda que me brindó para la realización de la misma.

A mi hermano Beto que me ayudó en todo lo que le pedí.

A Armando Arias García que me ayudó con la traducción de algunos artículos.

A Elba Leticia, que me facilitó su computadora.

A Betty que siempre me ayudó en todo lo que le fue posible.

A todo el personal del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias que de una u otra manera me ayudaron a realizar esta tesis.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 Origen y Distribución | 4 |
| 2.2 Descripción del Género <i>Opuntia</i> | 4 |
| 2.2.1 Clasificación taxonómica | 4 |
| 2.2.2 Morfología de la planta | 4 |
| 2.2.3 Biología floral y mecanismos de polinización | 5 |
| 2.2.4 Diferenciación floral | 6 |
| 2.2.5 Fecundación | 7 |
| 2.2.6 Morfología y desarrollo del fruto | 7 |
| 2.2.7 Genética y fitomejoramiento | 8 |
| 2.2.8 Fisiología | 10 |
| 2.3 Epidermis | 11 |
| 2.3.1 Estomas | 11 |
| 2.3.2 Cutícula | 14 |
| 2.3.3 Tricomas | 15 |
| 3. MATERIALES Y METODO | 16 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION | 22 |
| 4.1 Longitud de Estomas | 22 |
| 4.2 Ancho de Estomas | 23 |
| 4.3 Area de Estomas | 24 |
| 4.4 Frecuencia de Estomas | 25 |
| 4.5 Cavidad o Cripta Estomática | 27 |

| | |
|--|----|
| 4.6 Grosor Cuticular | 28 |
| 4.7 Tipos de Estomas | 30 |
| 4.8 Tipos de Tricomas | 31 |
| 4.9 Comparación Estadística de las Variables Morfológico-Anatómicas de la Epidermis de Nopal Tunero. | 32 |
| 4.10 Coeficientes de Correlación entre las Variables Morfológico-Anatómicas de la Epidermis de Nopal Tunero. | 35 |
| 5. DISCUSION | 37 |
| 6. CONCLUSIONES | 41 |
| 7. LITERATURA CITADA | 43 |

1. INTRODUCCION

La epidermis es el tejido externo de la planta y se le atribuyen una gran diversidad de funciones, entre las cuales destaca principalmente la regulación de la evaporación del agua (transpiración) contenida en los tejidos internos. De hecho, los únicos espacios intercelulares en la epidermis son los estomas, y tienen como función principal regular el intercambio de gases (CO_2 y H_2O) entre la planta y la atmósfera (Cronquist, 1986). Otros componentes importantes de la epidermis, son la cutícula y los tricomas. Las funciones de ambos componentes son variadas, entre las cuales destacan su función en la regulación de la economía hídrica de la planta y su papel como barreras bioquímicas y mecánicas que impiden la infestación por plagas y enfermedades.

Por otro lado, el estudio de la variación de algunos componentes de la epidermis (e.g. número y tamaño de estomas y grosor de la cutícula), ha servido para explicar diferencias en actividad fotosintética, de transpiración, variaciones en los niveles de ploidia y tendencias evolutivas en la especie en estudio.

Se menciona que cuando hay un número bajo de estomas, es menor la transpiración, o sea, que hay una menor pérdida de agua, lo cual a su vez incrementa la tolerancia a la sequía; sin embargo, el menor número de estomas reduce la tasa de fotosíntesis (Christiansen & Lewis, 1987). El número de estomas puede ser un indicador del grado evolutivo de especies vegetales (Christiansen & Lewis, 1987), y el tamaño de estomas un indicador del nivel de ploidia. Se ha registrado una relación positiva directa entre el tamaño de estomas y el nivel de ploidia, ya que

generalmente las plantas que presentan mayor tamaño de estomas tienen un nivel más elevado de ploidia (Sax & Sax, 1937; Wagner, 1954; Stone, 1961; Przywara, et al 1988).

El número, tamaño y tipos de estomas, ha sido de gran utilidad para establecer relaciones taxonómicas en grupos o familias de plantas con problemas de clasificación. También, la identificación de tipos de tricomas ha sido de gran utilidad para fines taxonómicos (Jones, Jr., 1987).

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación biosistemático orientado en primera instancia a la descripción de aspectos biológicos del nopal tunero (*Opuntia spp.*), tales como: anatomía, morfología, fisiología, reproducción, ecología, genética, evolución y composición química en tallos, frutos, semillas y flores, que ayuden a un mejor conocimiento de esta cactácea.

Es importante señalar que mi trabajo constituye una parte de este estudio biosistemático, que va a servir para fortalecer otros estudios posteriores y espero ayude a comprender mejor algunos aspectos funcionales en morfoespecies de nopal tunero, como serían transpiración y fotosíntesis, y así mismo ayude a esclarecer la clasificación taxonómica de las mismas, ya que existe una gran variación en cuanto a los nombres comunes que reciben, originando confusiones que pueden originar pérdidas económicas.

Así los objetivos que se pretenden en el presente estudio son: a) Registrar las diferencias morfológicas y anatómicas de la epidermis en morfoespecies silvestres, de solar y cultivadas. b) Identificar diferencias anatómicas y morfológicas, que revelen diferencias funcionales (e.g. transpiración y fotosíntesis) entre morfoespecies de nopal tunero y c) Identificar diferencias anatómicas y

morfológicas que nos revelen diferencias fenotípicas, que ayuden a establecer parte de los criterios para su uso futuro en estudios biosistemáticos, que ayuden a esclarecer la clasificación taxonómica de las principales morfoespecies de nopal tunero.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución.

Los nopales tuneros se originaron en la América Tropical, en la que probablemente sus ancestros fueron plantas sin espinas. Actualmente se encuentran distribuidos en todo el Continente Americano, desde los litorales hasta el altiplano (Bravo, 1978a). Las condiciones climáticas que prevalecen en México, colocan a nuestro país como el que alberga la mayor cantidad de especies, las que se encuentran distribuidas en las planicies áridas del Centro y Norte del país, y que se sitúan en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Chihuahua, Durango y Aguascalientes.

2.2 Descripción del Género *Opuntia*.

2.2.1 Clasificación taxonómica.

El género *Opuntia* pertenece al orden Cactales, a la familia Cactaceae, a la subfamilia Opuntioideae, a la tribu Opuntiae, y tiene cinco subgéneros: *Cylindropuntia*, *Grusonia*, *Corynopuntia*, *Opuntia* y *Stenopuntia*. Las especies que producen frutos comestibles son: *Opuntia ficus-indica*, *O. lindheimeri* y *O. streptacantha* (Bravo, 1978a).

2.2.2 Morfología de la planta.

La evolución de los nopales tuneros en ambientes adversos, en los cuales predominan los factores limitantes sobre los favorables ha conducido a que las diferentes

especies del subgénero *Opuntia* desarrollen características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que le permitan adaptarse a tales condiciones adversas (Pimienta, en prensa).

En el nopal tunero, una modificación importante para enfrentar estas condiciones, es la reducción en el tamaño de la lámina foliar y lo efímero de éstas. En ausencia de hojas permanentes, la fotosíntesis se realiza en los tallos verdes (Benson, 1963).

Otras adaptaciones importantes en esta planta se localizan en la epidermis de los cladodios, que se encuentra revestida de una cutícula gruesa que la protege de la evaporación (Conde, 1975).

La succulencia es la principal característica morfológica de los nopales y de la mayoría de las cactáceas, y se debe a la presencia de enormes vacuolas, las cuales ocupan el 95% del volumen celular (Gibson & Nobel, 1968). Técnicamente a este tejido se le conoce como parénquima medular, siendo su principal función el almacenamiento de agua.

Las espinas son comunes en los cladodios del nopal y reemplazan a las hojas pequeñas y efímeras en los estadios iniciales del desarrollo de los cladodios. En conjunto con las glóquidas ayudan a disminuir la tasa de transpiración, debido a que aumentan el grosor de la capa frontera.

Los nopales tuneros presentan un sistema radical superficial. Esta distribución obedece principalmente al hecho de que el nopal se propaga generalmente por la vía asexual (Pimienta, en prensa).

2.2.3 Biología floral y mecanismos de polinización.

Las flores del nopal son hermafroditas, es decir, que en la misma flor se encuentran los órganos reproductores de los dos sexos (estambres y carpelo).

El perianto de la flor presenta cambios en el color durante la apertura y cierre de la flor (Rosas, 1984). Los estambres son numerosos y el estilo es simple (Dawson, 1963; Benson, 1968); el estilo se caracteriza por presentar un estigma amplio y lobulado y por ser hueco. El ovario es ínfero. En la cavidad del ovario se diferencian los óvulos, los que se encuentran dispuestos en una placentación parietal (Pimienta y Engleman, 1981).

Las flores son efímeras, es decir, abren y cierran el mismo día; este comportamiento contrasta con el de la mayoría de las plantas, en que las flores que abren permanecen abiertas hasta que se caen. Este mecanismo probablemente contribuye a reducir la pérdida de agua (Rosas, 1984).

Las flores son visitadas principalmente por coleópteros, dípteros, lepidópteros e himenópteros, considerándose a las abejas y escarabajos como los principales insectos polinizadores (Grant & Grant, 1979).

2.2.4 Diferenciación floral

Un aspecto interesante es el hecho de que el proceso de diferenciación floral ocurre en un período de tiempo relativamente corto. Este proceso requiere de 50 a 60 días (Pimienta, *et al.*, 1985)

La floración en *Opuntia* ocurre en diversas épocas del año, aunque en la mayoría de las especies la floración se presenta durante los meses de marzo a junio (Bravo, 1937a). Las yemas florales del nopal tunero se diferencian durante los meses de marzo y abril y este evento ocurre en

el mismo año en que el fruto se desarrolla y madura, lo cual contrasta con otras especies frutales de clima templado (e.g. manzano, peral, ciruelo), que presentan diferenciación de las yemas florales en el año anterior al desarrollo de los frutos (Pimienta, *et al.*, 1985).

2.2.5 Fecundación

En condiciones naturales la depositación de granos de polen en los estigmas de las flores de nopal es abundante.

La germinación de los granos de polen empieza relativamente rápido, ya que 24 horas después de la polinización es posible observar tubos polínicos desarrollándose en la epidermis glandular del canal estilar. Los primeros tubos polínicos llegan a la cavidad locular de la flor 24 horas después de la apertura de la flor, y la mayoría la alcanzan en 48 y 72 horas. La fecundación de los óvulos empieza 48 horas después de la apertura de la flor y se prolonga durante 10 días. Sólo un tubo polínico penetra en cada óvulo, a través del micrópilo, por lo que es una fecundación de tipo porogámica (Rosas y Pimienta, 1986). El número de óvulos que se fecunda por flor es alto; de un promedio de 200 óvulos por flor, un 90% de éstos se fecundan y forman semillas (Rosas, 1984).

2.2.6 Morfología y desarrollo del fruto

El fruto es una baya unilocular, polispérmica y carnosa, que se origina de una flor con ovario ínfero (Bravo, 1978a), cuyos óvulos están dispuestos en una placentación parietal (Pimienta y Engleman, 1981). Un

estudio reciente sobre el desarrollo de la porción comestible del fruto (pulpa), reveló que ésta se origina de células papilares de la epidermis dorsal de la envoltura funicular y el funículo. La envoltura funicular contribuye con 90% de la parte comestible y el funículo con el 10% (Pimienta y Engleman, 1985).

Estudios anatómicos comparativos entre la cáscara y el cladodio mostraron que anatómicamente son similares, por lo que se considera a la cáscara (receptáculo) como un tallo modificado (Pimienta y Engleman, 1985). La curva de crecimiento del fruto es sigmoide simple, pudiendo ser de ciclo corto, intermedio y largo. En frutos de ciclo corto el período de floración y maduración oscila entre 120 y 140 días; en los de ciclo intermedio de 140 a 160 días y en los de ciclo largo es entre 170 y 180 días (Cruz, 1984; Robles, 1987).

2.2.7 Genética y fitomejoramiento

El nopal tunero es una planta que presenta un gran polimorfismo, lo cual se observa al estudiar la variación morfológica en poblaciones silvestres, cultivadas y de solar (Pimienta, *et al.*, 1987). Se cree que una de las causas de esta variación es el frecuente flujo genético natural entre las diferentes especies de *Opuntia* (Gibson & Nobel, 1986).

Se considera que el proceso evolutivo que posiblemente han seguido las formas de nopal para diferenciarse, involucra la hibridación entre especies distintas seguida por poliploidia, lo que dio origen a individuos alopoloides con dos genomas distintos (Mauricio, 1985).

No es rara la poliploidia en especies vegetales, ya que es más frecuente en plantas perennes que en anuales, y es más frecuente en las de reproducción asexual que en las sexuales (Brewbaker, 1967). Ambas características se combinan en las diferentes formas de nopal tunero. El número básico de cromosomas en el subgénero *Opuntia* es $n=11$ (Weddin & Powell, 1978).

En especies de *Opuntia* colectadas en México se han encontrado niveles de ploidia de $2n$, $4n$, $6n$ y $8n$ (Darlington & Wylie, 1955). Se estima que el 40% de las especies son diploides y el 60% son tanto diploides como poliploides (Lewis, 1980). En general los nopales tuneros considerados silvestres ("tapón", "cardón", "pachón", etc) son diploides ($2n$) o tetraploides ($4n$); el grado más alto de poliploidia corresponde a los nopales cultivados (Sosa, 1964).

Los nopales con los niveles más altos de poliploidia ($6n$ y $8n$) tienen mayor dispersión geográfica que los diploides ($2n$); de hecho la mayoría de las variedades de nopal tunero que se han dispersado en Europa, Africa, Australia y Sudamérica corresponden a la especie *Opuntia ficus-indica*, que es octaploide en la mayoría de sus formas y variedades (Brutsch, 1984).

Los crecientes niveles de ploidia en las diversas formas de nopal tunero, se reflejan en un incremento en vigor de cladodios, peso del fruto y tamaño de estomas. Por lo general en las formas con niveles más altos de ploidia, los frutos, cladodios y estomas son de mayor tamaño. Estas diferencias en vigor de las plantas y tamaño de los frutos han sido identificadas por los habitantes de las zonas áridas y semiáridas de México, quienes empíricamente han logrado seleccionar individuos sobresalientes en tamaño de fruto, que han sido la base para el establecimiento de las

actuales plantaciones comerciales de nopal tunero (Pimienta, en prensa).

La principal limitante para el mejoramiento genético de especies frutales como el nopal, a través del uso de métodos de mejoramiento convencionales, es el largo ciclo de vida de estas especies. Los principales métodos de mejoramiento que se han utilizado en especies frutales perennes son: a) selección de mutaciones de yema, b) selección individual de plántulas originadas por semilla, c) hibridaciones y d) inducción de mutaciones.

El hecho de que las nopaleras de solar sean más antiguas que las cultivadas, permite sugerir que los primeros fenotipos fueron acopiados en nopaleras de solar, para satisfacer las necesidades de autoconsumo y estéticas. Posteriormente, como resultado del incremento en la demanda de la tuna en diferentes mercados del país, se establecieron plantaciones cultivadas, utilizando material vegetativo seleccionado de las nopaleras de solar (Pimienta, *et al.*, 1987),

2.2.8 Fisiología

Una de las adaptaciones más importantes que el nopal tunero ha desarrollado, es el proceso fotosintético denominado metabolismo ácido crasuláceo (MAC). Este tipo de fotosíntesis se distingue del de la mayoría de las plantas en que los estomas están cerrados durante el día y abiertos durante la noche, cuando la temperatura y el déficit de presión de vapor son ordinariamente bajos. Una de las ventajas de esta ruta metabólica es que se abate la pérdida de agua por transpiración, debido a que los estomas están cerrados de día y abiertos durante la noche (Kluge & Ting, 1978; Whitting, *et al.*, 1979).

Además de su tolerancia a la sequía, las especies del género *Opuntia* se consideran resistentes a temperaturas extremas. La mayoría de los vegetales presentan temperaturas foliares cercanas a las del ambiente en que se desarrollan; en contraste con especies de *Opuntia*, la temperatura de los órganos fotosintéticos llega a ser 15°C superior a la del ambiente, indicando que estas plantas tienen la capacidad de soportar el calor en lugar de evitarlo (Gates, et al., 1968).

En el caso de bajas temperaturas, se ha observado también resistencia de estas especies; sin embargo, el grado de resistencia depende del sitio de origen o hábitat en el que se desarrollan. Las variedades de nopal tunero cultivadas en México presentan diversos grados de susceptibilidad a temperaturas inferiores a -6°C (Pimienta, en prensa).

Se ha observado también que la orientación de los cladodios tiene efectos fisiológicos particulares y en consecuencia en la productividad del nopal tunero, ya que su productividad esta fuertemente limitada por la disponibilidad de luz (Nobel, 1982b).

2.3 Epidermis

2.3.1 Estomas

La epidermis es el tejido más externo de la planta y se le atribuyen una gran diversidad de funciones, entre las cuales destaca principalmente la regulación de la evaporación del agua, (transpiración) contenida en los tejidos internos. De hecho, los únicos espacios intercelulares en la epidermis son los estomas.

Los estomas son estructuras especializadas, relacionados con la transpiración y fotosíntesis, muy sensibles a estímulos ambientales y edáficos (Maya & Kohashi-Shibata, 1976). Su principal función es regular el intercambio de gases (CO_2 y H_2O) entre la planta y la atmósfera (Cronquist, 1986).

Según Maya & Kohashi-Shibata (1976), la frecuencia, tamaño y disposición de los estomas, tanto en la epidermis adaxial y abaxial, como a lo largo de la lámina foliar, son características importantes en relación a la velocidad de transpiración.

La frecuencia estomática está relacionada con la posición, edad, epidermis y región de la hoja muestreada, y varía con los diferentes materiales genéticos utilizados (Maya & Kohashi-Shibata, 1976). Además de eso es influenciada por las condiciones ambientales en que las plantas se desarrollan, dentro de las cuales la luz es un importante factor: el sombreado reduce la frecuencia estomática, al paso que altas intensidades luminosas la aumentan en varios cultivos como: alfalfa y trigo (Cooper & Qualls, 1967), cebada (Miskin & Rasmusson, 1970), soja y algodón (Volkerburg & Davies, 1977) y frijol (Knecht & O'Leary, 1972; Crookston *et al.*, 1975; Silva, 1979); también la baja disponibilidad de agua incrementa la densidad de estomas (Brown, 1920; Gindel, 1969; Sharma, 1972).

Por otro lado parece ser que altas concentraciones de CO_2 , disminuyen la densidad de estomas (Madsen, 1973; O'Leary & Knecht, 1981; Imai, *et al.*, 1984; Woodward, 1987).

Se menciona que cuando hay un número bajo de estomas, es menor la transpiración, o sea, que hay una menor pérdida de agua, lo cual a su vez incrementa la

tolerancia a la sequía; sin embargo, el menor número de estomas reduce la tasa de fotosíntesis (Christiansen & Lewis, 1987). También el número de estomas puede ser un indicador del grado evolutivo de especies vegetales (Christiansen & Lewis, 1987).

Penfound (1931) y Gindel (1969) declararon que los estomas formados bajo condiciones de estrés, tales como alta intensidad luminosa y/o baja humedad del suelo, por lo general, pueden ser más pequeños que los formados bajo menos condiciones estresantes. Similarmente, Meidner y Mansfield (1968) declararon que las tallas de estomas, por lo general, son más pequeñas hacia el ápice de la planta. Por otro lado, Bright (1928) y Sharma & Dunn (1968) declararon que la longitud de estomas es ambientalmente estable.

Así, mientras que la longitud del estoma puede ser modificado hasta cierto punto por algunas condiciones del ambiente, es para la mayor parte, determinada genéticamente y completamente estable (Conde, 1975).

Es en parte a esta estabilidad que se ha permitido el uso de longitud de estomas o el área como un indicador de poliploidia en especies relacionadas estrechamente. La correlación de ploidia y talla de estomas ha sido comprobada en una variedad de plantas. Wagner (1954) fundamenta tal correlación para diploide, triploide y tetraploide en el helecho del género *Asplenium*; Stone (1961) indicó una correlación entre área de estomas y nivel de ploidia en *Carya* y Sax & Sax (1937) mostraron que la correlación existe para diploide y tetraploide en *Tradescantia*.

Por otro lado, Przywara *et al.*, (1988) concluyen que la medición de la longitud del estoma es un método

rápido y exacto para la identificación del nivel de ploidia en *Actinidia deliciosa*.

Algunos caracteres fitodermológicos, forma del estoma y ceras epicuticulares, son un buen criterio taxonómico en la clasificación de especies vegetales, como en el género *Quercus* (Safou, 1988). Los estomas han sido mostrados como un carácter taxonómico muy bueno en algunas familias de plantas como Umbelliferae, Saxifragaceae, Ranunculaceae y Papilionaceae (Safou, 1988).

2.3.2 Cutícula

En algunos casos los componentes de la epidermis (ticomas y cutícula) constituyen barreras bioquímicas y mecánicas que impiden la infestación por plagas y enfermedades. Presumiblemente la principal función de la cutícula es la prevención de la pérdida de agua por evaporación (transpiración) (Conde, 1975).

De ordinario la transpiración cuticular es variable entre especies, pero la causa de su variabilidad es incierta. Kamp (1930), declaró que, en general, la composición química y la estructura de la cutícula fue más importante en la determinación de la resistencia cuticular, que solamente el grosor. También indicó, no obstante, que entre especies estrechamente relacionadas, la resistencia cuticular a la pérdida de agua es correlacionada positivamente con el grosor cuticular.

El grosor y la composición de la cutícula es dependiente de un número de factores internos y externos. Skoss (1955) indicó que el grosor cuticular aumenta con la edad hasta que la madurez morfológica es alcanzada por la planta.

También hay algunas evidencias de que la radiación ultravioleta puede incrementar el grosor de la cutícula (Martin & Juniper, 1970).

Similarmente el estrés de agua y temperaturas altas han sido reportadas como causas del incremento en la cantidad de cera de la cutícula de la planta (Lee & Priestly, 1924; Skoss, 1955). Por otra parte, Krutz (1958) reportó que muchas plantas del desierto, incluidas especies de *Opuntia* tienen cutículas delgadas, contrario a lo que sería esperado en un ambiente caracterizado por alta temperatura e insolación y con un déficit severo de agua.

La epidermis de la hoja o la cutícula es por el momento, cada vez más empleada como un importante carácter diagnóstico en determinaciones taxonómicas (Metcalf & Chalk, 1950; Stace, 1965). Las especies *Dalbergia latifolia* y *D. sissooides* pueden ser distinguidas basándose en caracteres cuticulares (Farooqui, 1989).

2.3.3 Tricomas

Por otra parte, los patrones de variación en los pelos epidermicos o tricomas, pueden proporcionar caracteres para la clasificación a nivel de especie, género o familia. Por ejemplo, los tricomas son caracteres diagnósticos para ciertas especies como *Vernonia* (Jones, Jr., 1987).

Los tricomas son apéndices epidérmicos de forma, estructura y funciones diversas, representados por pelos protectores, sustentadores y glandulares, escamas y papilas diversas (Esaú, 1965). Ejercen un papel protector contra la pérdida de agua y contra el exceso de radiación. Según Sorokin & Thiman (1964), citados por Silva & Anderson (1985), los tricomas están relacionados en las tasas de

transpiración. Luego variaciones en su frecuencia podrán tener implicaciones fisiológicas.

Resultados obtenidos por Smith & Nobel (1978) con *Encelia farinosa* Gray, especie de la familia Compositae, de ambiente desértico, indicaron que la radiación es importante para el desarrollo de la pubescencia.

Las hojas bajo alta radiación son más pubescentes y, consecuentemente, poseen menor absorvancia de radiación solar, protegiéndose de la radiación excesiva (Smith & Nobel, 1978).

Los tricomas tienen la capacidad de reflejar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), no impidiendo, no obstante, la absorción de la cantidad necesaria para la relaización de la fotosíntesis.

Los tricomas pueden clasificarse en diferentes categorías morfológicas. Un tipo muy frecuente es el denominado pelo. Estructuralmente los pelos pueden subdividirse en unicelulares y pluricelulares. Los unicelulares pueden ser ramificados o no. Los pelos pluricelulares pueden constar de una simple fila de células o de varias. Normalmente los pelos pluricelulares constan de un pie, introducido en la epidermis, y del cuerpo, proyectado hacia afuera. Las células que rodean al pie son a veces morfológicamente distintas a las restantes células epidérmicas (Esaú, 1976).

3. MATERIALES Y METODO

Este estudio se llevó a cabo en 43 morfoespecies de nopal tunero (*Opuntia spp.*). Parte de este material fue colectado de un banco de germoplasma de nopal tunero que se encuentra establecido en el Campo Experimental de San Luis Potosí, dependiente del Centro de Investigaciones

+

Forestales y Agropecuarias de San Luis Potosí, y en poblaciones silvestres, de solar y cultivadas localizadas en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco y Guanajuato. Los cladodios (pencas) que se colectaron en las localidades arriba citadas fueron establecidas en recipientes de plástico de 15 litros de capacidad, en los jardines de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara. Estas plantas fueron fertilizadas con sulfato de amonio (0.86 g) y gallinaza (39.63 g); esta aplicación se realizó el 6 de junio y el 28 de septiembre de 1989. Las morfoespecies que se utilizaron en este estudio se alistan a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1. Lista de morfoespecies de nopal tunero utilizadas en este trabajo.

| MORFOESPECIE EVALUADA | NOMBRE CIENTIFICO | TIPO DE NOPALERA | LOCALIDAD DE COLECTA |
|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| Copena 5 | <i>Opuntia amyclaea</i> | C | Tecamachalco, Puebla. |
| Blanca de Alfa-jayucan | <i>O. amyclaea</i> | C | Tecamachalco, Puebla. |
| Pelón Liso Oj. | <i>O. ficus-indica</i> | C | Ojuelos, Jal. |
| Amarilla Hueso-na | <i>O. megacantha</i> | C | Pinos, Zac. |
| Pelón Liso 1 | <i>O. ficus-indica</i> | C | Zapopan, Jal. |
| Burrona | <i>Opuntia spp.</i> | C | Pinos, Zac. |
| Chapeada | <i>Opuntia spp.</i> | C | Pinos, Zac. |
| Naranjona | <i>Opuntia spp.</i> | C | Pinos, Zac. |
| Tlaconopal | <i>O. ficus-indica</i> | C | Chapingo, Mex. |
| Copo de Nieve | <i>O. ficus-indica</i> | C | Chapingo, Mex. |
| Pelón Liso L | <i>O. ficus-indica</i> | C | Pinos, Zac. |
| Papantón | <i>Opuntia spp.</i> | C | Ojocaliente, Zac. |
| Blanca Rincón de Romos | <i>Opuntia spp.</i> | C | Rincón de Romos, Ags. |
| Pelón San Elías L-3 | <i>O. ficus-indica</i> | C | San Elías, SLP |
| | <i>Opuntia spp.</i> | C | Ojocaliente, Zac. |
| Pepino | <i>Opuntia spp.</i> | C | Pánfilo Natera, Zac. |
| Blanca de Castilla | <i>Opuntia spp.</i> | C | Genaro Godina Zac. |
| Amarilla Huesona, Ags. | <i>O. megacantha</i> | C | Aguascalientes, Ags. |
| Camuesa | <i>Opuntia spp.</i> | C | San Pedro, SLP. |
| Cristalina | <i>Opuntia spp.</i> | C | Pinos, Zac. |
| Pelón Liso | <i>O. ficus indica</i> | C | Tesistán, Jal. |
| Guadalajara | | | |
| Tapón de Mayo | <i>O. robusta</i> | So | Pinos, Zac. |
| Pelón Liso Tonalá | <i>O. ficus-indica</i> | So | Tonalá, Jal. |
| Rojo de Tonalá | <i>O. ficus-indica</i> | So | Tonalá, Jal. |

C: Cultivado So: Solar Si: Silvestre

| MORFOESPECIE EVALUADA | NOMBRE CIENTIFICO | TIPO DE NOPALERA | LOCALIDAD DE COLECTA |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------|---|
| Pelón Liso San Martín | <i>Opuntia ficus- indica</i> | So | Tlaquepaque, Jal. |
| Morada Techaluta | <i>Opuntia spp.</i> | So | Techaluta, Jal |
| Blanco del Monte | <i>Opuntia spp.</i> | So | Tlaquepaque, Jal. |
| Charola | <i>Opuntia spp.</i> | So | Villa de Arri- aga, SLP. |
| San Pedrito | <i>Opuntia spp.</i> | So | Tlaquepaque, Jal. |
| Chamacuero | <i>Opuntia spp.</i> | So | Tlaquepaque, Jal. |
| Nopal Manso | <i>Opuntia spp.</i> | So | Tlaquepaque, Jal. |
| Zaeta | <i>Opuntia spp.</i> | So | Armadillo de los Días In- fante, SLP. |
| Fafayuco 82 | <i>Opuntia spp.</i> | So | Villa de Ramos SLP. |
| Fafayuco 83 | <i>Opuntia spp.</i> | So | Villa de Ramos SLP. |
| Fafayuco 84 | <i>Opuntia spp.</i> | So | Villa de Ramos SLP. |
| Fafayuco 85 | <i>Opuntia spp.</i> | So | Villa de Ramos SLP. |
| Fafayuco 88 | <i>Opuntia spp.</i> | So | Villa de Ramos SLP. |
| Cardón | <i>O. streptacantha</i> | Si | Ojuelos, Jal |
| Blanco Huerta | <i>Opuntia spp.</i> | Si | Tlaquepaque, Jal. |
| Tapón | <i>O. robusta</i> | Si | Ojuelos, Jal. |
| Xoconostle | <i>O. xoconostle</i> | Si | Ojuelos, Jal. |
| Xoconostle Rojo | <i>O. xoconostle</i> | Si | Pinos, Zac. |
| Xoconostle Blanco | <i>O. xoconostle</i> | Si | Ojuelos, Jal. |

C: Cultivado So: Solar Si: Silvestre

Muestras de epidermis (de aproximadamente 1 cm), se colectaron de la parte media de la penca madre, las que se deshidrataron en alcohol al 96%, por aproximadamente 24 horas. Una vez deshidratadas se tiñeron con azul de toluidina y se dejaron reposar durante 5 minutos o más, según se requirió. Se quitó el exceso de colorante con agua corriente. Después de esto, las muestras de epidermis, quedaron listas para su observación en el microscopio.

Las variables o caracteres evaluados en el presente estudio fueron: 1) longitud de estomas, 2) ancho de estomas, 3) área de estomas, 4) frecuencia de estomas, 5) profundidad de la cavidad o cripta estomática, 6) grosor cuticular, 7) tipos de estomas y 8) tipos de tricomas.

1. Longitud, ancho y área de estomas: se utilizó el objetivo 40X, usando un ocular micrométrico; se midieron el ancho y largo máximo y se aplicó la fórmula de área de la elipse, $A=1/4 \cdot 3.1415Dd$, dada por Gieck (1981), para obtener el área total del estoma. Por lo general, la forma de un estoma es casi similar a la de una elipse. Se tomaron como muestra 10 estomas.

2. Frecuencia de estomas: se utilizó el objetivo 10X. La muestra se dividió en 10 campos oculares (5 para cada muestra) y se contaron los estomas presentes en cada campo ocular.

3. Profundidad de la cavidad o cripta estomática: para medir la cavidad estomática se utilizó el objetivo 40X. Se hicieron cortes transversales de las muestras, lo más delgado posible y se midió la profundidad del estoma en relación a la epidermis, utilizando el ocular micrométrico.

4. Grosor cuticular: para su evaluación se utilizó el ocular micrométrico y el objetivo 40X. Sólo se midió el grosor de la cutícula.

5. Tipos de estomas: para determinar el tipo de estomas, se utilizó el objetivo 40X. La clasificación de tipos de estoma utilizada fue la descrita por Radford *et al.*, (1974).

6. Tipos de tricomas: para la determinación del tipo de tricomas se utilizó el objetivo 40X. Se utilizó la clasificación de tipos de tricomas descrito por Esaú, (1965).

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) para las siguientes variables: longitud de estomas, ancho de estomas, área de estomas, frecuencia de estomas, cavidad o cripta estomática y grosor cuticular.

En los casos en que el ANDEVA resultó estadísticamente significativo, se procedió a realizar la prueba de comparaciones múltiples de medias. Para esto se utilizó la prueba de Duncan.

También se realizaron correlaciones simples entre las variables arriba citadas, con el fin de conformar una matriz de correlación entre las variables evaluadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 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 longitud de estomas y número de cromosomas (Sax & Sax, 1937; Wagner, 1954; Stone, 1961; Przywara, *et al* 1988). De tal manera, que las especies vegetales poliploides se caracterizan por presentar estomas de mayor tamaño que las diploides (Sax & Sax, 1937; Wagner, 1954; Stone, 1961; Przywara, *et al* 1988; Pimienta, en prensa). Debido a que existen evidencias que en nopal tunero se presentan diferentes niveles de ploidia que varían de $2n$ a $8n$ (Sosa, 1964), es de esperarse que la evaluación de la longitud de estomas en morfoespecies de nopal tunero nos reporte variación en la longitud de este caracter.

La evaluación de la longitud de estomas en 43 morfoespecies de nopal tunero que difieren en su origen y condición de desarrollo (nopaleras silvestres, de solar y cultivadas) nos reveló diferencias en la longitud de estomas (Cuadro 2). La longitud de éstas varió de 33.33 micras a 61.92 micras. El valor promedio fue de 48.7 ± 2.9 micras. Las morfoespecies con mayor longitud de estomas (superiores a 50 micras) se registraron en las nopaleras cultivadas y de solar. La mayoría de las morfoespecies silvestres presentaron longitud de estomas inferior a 45 micras.

Conde (1975) en un estudio sobre la longitud de estomas en algunas especies de nopal tunero encontró que ésta varió de 43 a 57 micras. Al evaluar el número de

Cuadro 2. Longitud promedio de estomas (en micras) de 43 morfoespecies de nopal tunero seleccionadas y su comparación mediante la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

| | | | |
|-------------------|----|-------|---------------------------|
| Pelón Liso Guan. | C | 61.92 | a |
| Xoconostle Blanco | Si | 57.48 | b |
| Naranjona | C | 56.66 | b c |
| Pelón Liso 1 | C | 56.13 | b c d |
| Fafayuco 88 | So | 55.92 | b c d e |
| Ama. Huesona Ags | C | 55.15 | b c d e f |
| Fafayuco 85 | So | 54.97 | b c d e f g |
| L-3 | C | 54.20 | b c d e f g h |
| Fafayuco 82 | So | 53.71 | c d e f g h i |
| Fafayuco 83 | So | 53.61 | c d e f g h i j |
| Copena 5 | C | 53.23 | d e f g h i j k |
| Blanca Castilla | C | 53.22 | d e f g h i j k l |
| Camuesa | C | 53.22 | d e f g h i j k l m |
| Copo de Nieve | C | 52.45 | f g h i j k l m n |
| Xoconostle Rojo | Si | 51.88 | f g h i j k l m n o |
| Rojo de Tonalá | So | 51.87 | f g h i j k l m n o p |
| Fafayuco 84 | So | 51.48 | h i j k l m n o p q |
| Blanca R. Ramos | C | 51.29 | h i j k l m n o p q r |
| Cardón | Si | 51.28 | h i j k l m n o p q r s |
| Chapeada | C | 50.91 | h i j k l m n o p q r s t |
| Morada Techaluta | So | 50.72 | i j k l m n o p q r s t u |
| Pelón San Elías | C | 50.51 | j k l m n o p q r s t u v |
| Tlaconopal | C | 50.12 | k l m n o p q r s t u v x |
| Blan. Alfajayucan | C | 49.55 | n o p q r s t u v x y |
| Amarilla Huesona | C | 49.17 | n o p q r s t u v x y z |
| Cristalina | C | 48.78 | o p q r s t u v x y z A |
| Pepino | C | 47.82 | t u v x y z A B |
| Pelón Liso Tonalá | So | 47.23 | v x y z A B C |
| Charoia | So | 46.65 | y z A B C D |
| Zaeta | So | 46.06 | y z A B C D E |
| Burrona | C | 45.90 | z A B C D E F |
| San Pedrito | So | 45.30 | A B C D E F G |
| Pelón Liso L | C | 44.54 | B C D E F G H |
| Papantón | C | 44.35 | B C D E F G H I |
| Chamacuero | So | 43.36 | D E F G H I J |
| Tapón | Si | 43.01 | E F G H I J K |
| Tapón de Mayo | So | 42.42 | F G H I J K L |
| Xoconostle | Si | 42.04 | G H I J K L M |
| Pelón Liso Ojelos | C | 40.69 | J K L M N |
| Blanco Huerta | Si | 37.02 | O |
| Nopal Manso | So | 35.08 | O P |
| P.L. San Martín | So | 33.92 | O P Q |
| Blanco del Monte | So | 33.33 | P Q R |

Si: silvestre So: solar C: cultivada

cromosomas encontró que en las especies con longitud de estomas superior a 50 micras, el número de cromosomas es de 66 (hexaploide). Por lo que es probable que las morfoespecies evaluadas con longitud de estomas cercanas o superiores a 60 micras, el número de cromosomas sea cercano a 88 (octaploide) y las de menor longitud de estomas (< de 35 micras) correspondan a morfoespecies diploides y tetraploides. Sosa (1964) y Brutsch (1984), encontraron que los niveles más altos de ploidia ($n=88$), se encontraban en morfoespecies cultivadas y las menores en silvestres. Aparentemente las mediciones de longitud de estomas realizados en este trabajo revelan tendencias similares, lo cual es importante comprobar con estudios citogenéticos.

En el presente estudio la longitud de estomas es más estable que cualquier otro caracter evaluado, como indicó el bajo promedio de coeficiente de variación (6.2%). El rango varió entre 2.2 y 12.7%. Similar rango de variación para especies de nopal tunero fue reportado por Conde (1975).

4.2 Ancho de Estomas

El ancho de estomas es un caracter poco estudiado, por lo que no es común que se reporte la medición de esta variable en estudios sobre tamaño de estomas.

En el presente estudio se evaluó el ancho de estomas en 43 morfoespecies de nopal tunero, que difieren en su origen y condición de desarrollo (nopaleras cultivadas, de solar y silvestres), encontrando que el rango de variación es menor que para la longitud de estomas, además no se detectaron tendencias claras de mayor o menor ancho de estomas entre las morfoespecies colectadas

en los tres tipos de nopaleras. La media osciló entre 20.2 micras y 35.8 micras, con un promedio de 27.08 ± 2.7 micras.

El ancho de estomas es un caracter estable en relación a los demás caracteres evaluados, como indicó el promedio del coeficiente de variación (10.3%). El rango de variación osciló entre 4.6 y 19%.

Aunque la prueba de medias reveló diferencia estadística (Cuadro 3), esta diferencia no es muy notable, ya que el ancho de estomas se mantuvo con un rango mínimo de diferencia en los tres tipos de nopalera y para todas las morfoespecies en general.

4.3 Area de Estomas

El área de estomas también ha sido utilizada como un indicador de poliploidia en especies vegetales estrechamente relacionadas (Conde, 1975). Sax & Sax (1937), Wagner (1954) y Stone (1961), mostraron una correlación positiva directa entre el área de estomas y el nivel de ploidia.

La evaluación del área de estomas en 43 morfoespecies de nopal tunero, pertenecientes a tres tipos de nopalera (cultivada, de solar y silvestre), reveló diferencias significativas para este carácter. El área de estomas osciló entre 591.4 y 1610.9 micras², con un promedio de 1049.9 ± 142.8 micras². La mayoría de las morfoespecies de solar y cultivadas presentaron áreas mayores de 1000 micras².

El coeficiente de variación de 13.7% (valor promedio), nos indica que el área de estomas presenta una ligera variación entre las morfoespecies, contrario a lo que sucede con el ancho y la longitud de estomas. El coeficiente de variación osciló entre 6.3 y 25.9%, por lo

Cuadro 3. Ancho promedio de estomas (en micras) de 43 morfoespecies de nopai seleccionadas y su comparación mediante la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

| | | | |
|-------------------|----|-------|-----------------------------------|
| Narnajona | C | 35.85 | a |
| Rojo de Tonalá | So | 34.71 | a b |
| Copo de Nieve | C | 34.31 | a b c |
| Xoconostle Blanco | Si | 33.36 | a b c d |
| Blanca R. Romos | C | 32.58 | b c d e |
| Fafayuco 82 | So | 30.83 | d e f |
| Charola | So | 30.65 | e f g |
| Chapeada | C | 29.86 | e f g h |
| Camuesa | C | 29.29 | f g h i |
| Xoconostle Rojo | Si | 29.29 | f g h i j |
| Chamacuero | So | 29.29 | f g h i j k |
| Fafayuco 88 | So | 29.11 | f g h i j k l |
| Fafayuco 85 | So | 28.90 | f g h i j k l m |
| Blanca Castilla | C | 28.52 | f g h i j k l m n |
| Tapón | Si | 28.51 | f g h i j k l m n o |
| Pelón Liso Guad. | C | 28.51 | f g h i j k l m n o p |
| Norada Techaluta | So | 28.12 | f g h i j k l m n o p q |
| L-3 | C | 27.75 | f g h i j k l m n o p q r |
| Burrona | C | 27.75 | f g h i j k l m n o p q r s |
| San Pedrito | So | 27.74 | f g h i j k l m n o p q r s t |
| Ara. Huesona Ags. | C | 27.35 | h i j k l m n o p q r s t u |
| Fafayuco 83 | So | 27.16 | h i j k l m n o p q r s t u v |
| Amarilla Huesona | C | 26.51 | i j k l m n o p q r s t u v x |
| Tlaconopal | C | 26.28 | i j k l m n o p q r s t u v x y |
| Tapón de Mayo | So | 26.01 | i j k l m n o p q r s t u v x y z |
| Copena 5 | C | 25.61 | m n o p q r s t u v x y z A |
| Pelón San Elías | C | 24.84 | q r s t u v x y z A B |
| Pepino | C | 24.84 | q r s t u v x y z A B C |
| Fafayuco 84 | So | 24.83 | q r s t u v x y z A B C D |
| Pelón Liso Tonalá | So | 24.66 | r s t u v x y z A B C D E |
| P. L. San Martín | So | 24.66 | r s t u v x y z A B C D E F |
| Blan. Alfajayucan | C | 24.46 | u v x y z A B C D E F G |
| Cardón | Si | 24.28 | u v x y z A B C D E F G H |
| Pelón Liso L | C | 24.25 | u v x y z A B C D E F G H I |
| Cristalina | C | 24.18 | u v x y z A B C D E F G H I J |
| Pelón Liso 1 | C | 23.69 | x y z A B C D E F G H I J K |
| Papantón | C | 23.49 | x y z A B C D E F G H I J K L |
| Nopai Manso | So | 23.13 | y z A B C D E F G H I J K L M |
| Blanco del Monte | So | 23.11 | y z A B C D E F G H I J K L M N |
| Pelón Liso Djuel. | C | 22.92 | z A B C D E F G H I J K L M N O |
| Blanco Huerta | Si | 21.97 | B C D E F G H I J K L M N O P |
| Xoconostle | So | 21.20 | G H I J K L M N O P Q |
| Zaeta | So | 20.23 | L M N O P Q R |

Si: silvestre So: solar C: cultivado

que es una característica con mayor variabilidad que longitud de estomas.

Concidiendo con Sosa (1964) y Brutsch (1984), los cuales indicaron que el número mayor de cromosomas se encuentra en variedades cultivadas, los resultados obtenidos en este estudio indican que las morfoespecies cultivadas y de solar presentan áreas de estomas mayores, o sea, que un mayor tamaño de estomas en nopal tunero, es un indicador de un mayor grado de ploidia.

La prueba de comparaciones múltiples de medias (prueba de Duncan), reveló diferencia estadística (Cuadro 4), indicando que este carácter bien podría ser utilizado como indicador indirecto del nivel de ploidia, al igual que la longitud de estomas.

Esta es una observación relevante, que de encontrarse en trabajos posteriores de conteos de cromosomas, un alto grado de correlación estadística entre longitud de estomas y nivel de ploidia, sería de gran utilidad para separar de una manera sencilla plantas con diferentes niveles de ploidia, como se ha logrado con otras especies vegetales (Przywara, *et al.*, 1988).

4.4 Frecuencia de estomas

La frecuencia de estomas ha sido utilizada como una característica para determinar la velocidad de transpiración y la tasa de fotosíntesis (Maya & Kohashi-Shibata, 1976; Christiansen & Lewis, 1987).

La frecuencia estomática está relacionada con la posición, edad, epidermis y región de la hoja muestreada, y varía con los diferentes materiales genéticos utilizados (Maya & Kohashi-Shibata, 1976). Además es influenciada por diversas condiciones ambientales, entre las cuales destaca

Cuadro 4. Área promedio de estomas (en micras cuadradas) de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas y su comparación mediante la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

| | | | |
|-------------------|----|---------|-------------------------------|
| Naranjona | C | 1610.98 | a |
| Xoconostle Blanco | So | 1507.95 | b |
| Rojo de Tonalá | So | 1415.84 | b c |
| Copo de Nieve | C | 1412.67 | b c d |
| Pelón Liso Guad. | C | 1385.65 | b c d e |
| Blanca R. Romos | C | 1312.04 | c d e f |
| Fafayuco 82 | So | 1307.67 | c d e f g |
| Fafayuco 88 | So | 1278.49 | c d e f g h |
| Fafayuco 85 | So | 1249.44 | e f g h i |
| Camuesa | C | 1227.17 | e f g h i j |
| Xoconostle Rojo | Si | 1196.18 | f g h i j k |
| Chapeada | C | 1195.95 | f g h i j k l |
| Blanca Castilla | C | 1193.93 | f g h i j k l m |
| L-3 | C | 1183.50 | f g h i j k l m n |
| Ama. Huesona Ags. | C | 1182.72 | f g h i j k l m n o |
| Morada Techaluta | So | 1144.81 | g h i j k l m n o p |
| Fafayuco 83 | So | 1140.50 | h i j k l m n o p q |
| Charola | So | 1123.04 | h i j k l m n o p q r |
| Copena 5 | C | 1073.10 | j k l m n o p q r s |
| Pelón Liso 1 | C | 1048.41 | k l m n o p q r s t |
| Tlaconopal | C | 1033.20 | k l m n o p q r s t u |
| Amarilla Huesona | C | 1028.85 | k l m n o p q r s t u v |
| Fafayuco 84 | So | 1006.49 | p q r s t u v w |
| Chamacuero | So | 1003.78 | p q r s t u v w x |
| Burrona | C | 1001.21 | p q r s t u v w x y |
| Cardón | So | 987.90 | p q r s t u v w x y z |
| San Pedrito | So | 987.53 | p q r s t u v w x y z A |
| Pelón San Elias | C | 984.86 | p q r s t u v w x y z A B |
| Tapón | Si | 965.07 | r s t u v w x y z A B C |
| Blan. Alfajayucan | C | 959.47 | r s t u v w x y z A B C D |
| Pepino | C | 926.32 | s t u v w x y z A B C D E |
| Cristalina | C | 924.43 | s t u v w x y z A B C D E F |
| Pelón Liso Tonalá | So | 916.80 | s t u v w x y z A B C D E F G |
| Tapón de Mayo | So | 869.85 | u v w x y z A B C D E F G H |
| Pelón Liso L | C | 848.74 | v w x y z A B C D E F G H I |
| Papantón | C | 819.08 | z A B C D E F G H I J |
| Pelón Liso Ojue. | C | 373.15 | H I J K |
| Zaeta | So | 733.16 | H I J K L |
| Xoconostle | Si | 699.11 | I J K L M |
| P. L. San Martín | So | 660.50 | J K L M N |
| Nopal Manso | So | 641.07 | K L M N O |
| Blanco Huerta | Si | 632.57 | K L M N O P |
| Blanco del Monte | So | 591.45 | K L M N O P Q |

Si: silvestre So: solar C: cultivado

el sombreamiento, que reduce la frecuencia estomática y altas intensidades luminosas que la aumentan (Cooper & Qualls, 1976; Miskin & Rasmuson, 1970; Knecht & O'Leary, 1972; Crookston *et al.*, 1975; Volkernburg & Davies, 1977; Silva, 1979).

En el presente estudio, la frecuencia de estomas evaluada en 43 morfoespecies de nopal tunero, pertenecientes a 3 diferentes tipos de nopalera (de solar, cultivada y silvestre), mostraron un valor promedio de 23.7 \pm 3.6 estomas por mm^2 variando de 8.7 a 38.4 estomas por mm^2 . Para los nopales silvestres la media fue de 28.4 estomas por mm^2 y para los de solar y cultivados 24.9 y 21.3 estomas por mm^2 , respectivamente.

Un aspecto interesante de este trabajo lo constituye el hecho de que la frecuencia más alta de estomas se encontró en morfoespecies silvestres, lo cual se puede relacionar también con niveles de ploidia, ya que se ha encontrado que en algunas especies vegetales, la densidad de estomas parece ser que está inversamente correlacionada con el nivel de ploidia. Conde (1975), encontró que especies diploides de *Opuntia* tienen densidades de estomas más altas que las hexaploides, lo cual confirma las relaciones establecidas previamente entre longitud de estomas y niveles de ploidia.

Por otro lado, desde el punto de vista funcional, este estudio muestra que conforme se incrementa el número de estomas se reduce su tamaño, lo cual aparentemente contribuye a incrementar en balance con el número de estomas, la resistencia de éstos a la transpiración, y probablemente al haber un mayor número de estomas por área se incrementa la eficiencia fotosintética de estas morfoespecies.

De las 43 morfoespecies evaluadas, 6 corresponden a silvestres, las cuales presentan frecuencias de estomas altas (Cuadro 5). Por el contrario, las morfoespecies de solar y cultivadas presentan las frecuencias más bajas. Las morfoespecies con mayor longitud de estomas corresponden a morfoespecies de solar y cultivadas (e.g. "Pelón Liso Guadalajara", "Pelón Liso 1", "Fafayuco 85") presentan las frecuencias más bajas de estomas, lo que confirma lo reportado por Conde (1975); aunque en este trabajo se utilizó un número significativamente mayor de morfoespecies de nopal tunero.

La frecuencia de estomas es un carácter que mostró poca variación entre las morfoespecies, como indica el bajo promedio de coeficiente de variación (10.6%). El rango osciló entre 3.5 y 25.6%, por lo que es una característica morfológica estable, que en conjunto con longitud de estomas puede ser de gran utilidad para estimar indirectamente variaciones en niveles de ploidia en poblaciones naturales de nopal tunero.

4.5 Cavidad o Cripta Estomática

Una de las principales adaptaciones de la vegetación xerófila es la diferenciación de estomas en cavidades o criptas estomáticas (Esaú, 1977). Esta característica aumenta la resistencia al movimiento del agua de la planta a la atmósfera, lo cual se traduce en reducción de la pérdida de agua por transpiración (Nobel, 1974). El 84% de las 43 morfoespecies de nopal tunero estudiadas, presentaron los estomas hundidos. La evaluación de la cavidad estomática en morfoespecies cultivadas, de solar y silvestres, reveló diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 6). La profundidad de la cavidad

Cuadro 5. Frecuencia promedio de estoas (por m. cuadrado) de 43 orfoespecies de nopal seleccionadas y su comparación mediante la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

| | | | |
|--|----|------|---|
| Tapón de Mayo | So | 38.4 | a |
| Tapón | Si | 37.3 | a b |
| Cardón | Si | 33.6 | c |
| Rojo de Tonalá | So | 32.2 | c d |
| Charola | So | 32.2 | c d e |
| Chapeada | C | 29.6 | d e f |
| Xoconostle | So | 28.9 | d e f g |
| Fafayuco 82 | So | 27.8 | f g h |
| Cristalina | C | 26.8 | f g h i |
| Fafayuco 88 | So | 25.9 | f g h i j |
| Xoconostle Rojo | Si | 25.6 | g h i j k |
| Pepino | C | 25.6 | g h i j k l |
| Zaeta | So | 25.2 | g h i j k l m |
| Maranjona | C | 24.7 | h i j k l m n |
| Nopal Manso | So | 24.6 | h i j k l m n o |
| Fafayuco 83 | So | 24.4 | h i j k l m n o p |
| Pelón Liso Tonalá | So | 24.4 | h i j k l m n o p q |
| Fafayuco 84 | So | 24.3 | h i j k l m n o p q r |
| Ama. Huesona Ags. | C | 23.9 | h i j k l m n o p q r s |
| Blanco del Monte | So | 23.5 | i j k l m n o p q r s t |
| Blanca Castilla | C | 23.4 | i j k l m n o p q r s t u |
| Blanco Huerta | Si | 22.8 | i j k l m n o p q r s t u v |
| Camuesa | C | 22.7 | j k l m n o p q r s t u v x |
| Tlaconopal | C | 22.6 | j k l m n o p q r s t u v x y |
| Papantón | C | 22.2 | j k l m n o p q r s t u v x y z |
| Fafayuco 85 | So | 22.2 | j k l m n o p q r s t u v x y z A |
| Blanca R. Ramos | C | 21.9 | j k l m n o p q r s t u v x y z A B |
| Xoconostle Blanco | Si | 21.9 | j k l m n o p q r s t u v x y z A B C |
| Copo de Nieve | C | 21.7 | k l m n o p q r s t u v x y z A B C D |
| Pelón San Elías | C | 20.8 | n o p q r s t u v x y z A B C D E |
| Pelón Liso Ojue. | C | 20.7 | n o p q r s t u v x y z A B C D E F |
| Copena 5 | C | 20.7 | n o p q r s t u v x y z A B C D E F G |
| Blan. Alfajayucan | C | 20.5 | n o p q r s t u v x y z A B C D E F G H |
| Pelón Liso L | C | 20.5 | n o p q r s t u v x y z A B C D E F G H I |
| Morada Techaluta | So | 20.1 | r s t u v x y z A B C D E F G H I J |
| Amarilla Huesona | C | 19.7 | s t u v x y z A B C D E F G H I J K |
| P.L. San Martín | So | 19.5 | t u v x y z A B C D E F G H I J K L |
| San Pedrito | So | 19.2 | t u v x y z A B C D E F G H I J K L M |
| L-3 | C | 18.0 | z A B C D E F G H I J K L M N |
| Chamacuero | So | 17.3 | E F G H I J K L M N O |
| Burrona | C | 16.7 | E F G H I J K L M N O P |
| Pelón Liso 1 | C | 15.5 | K L M N O P Q |
| Pelón Liso Guad. | C | 08.7 | |
| Si: silvestre So: solar C: cultivado | | | |

Cuadro 6. Profundidad de la cavidad o cripta estomática promedio (en micras) de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas y su comparación mediante la Prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

| | | | |
|-------------------|----|-------|-----------------------------|
| Xoconostle | Si | 49.78 | a |
| Zaeta | So | 45.52 | a b |
| Camuesa | C | 44.74 | b c |
| Cardón | Si | 42.60 | b c ch |
| Pelón San Elías | C | 41.64 | b c ch d |
| Ama. Huesona Ags. | C | 36.24 | e |
| Pepino | C | 30.06 | f |
| Blan. Alfajayucan | C | 28.38 | f g |
| Xoconostle Blanco | Si | 28.16 | f g h |
| Xoconostle Rojo | Si | 27.74 | f g h i |
| Naranjona | C | 27.74 | f g h i j |
| Fafayuco 88 | So | 27.34 | f g h i j k |
| Tlaconopal | C | 26.60 | f g h i j k l |
| Fafayuco 82 | So | 26.23 | f g h i j k l m |
| Copena 5 | C | 26.20 | f g h i j k l m n |
| Pelón Liso L | C | 25.42 | f g h i j k l m n ñ |
| Fafayuco 83 | So | 25.04 | f g h i j k l m n ñ o |
| Papantón | C | 24.66 | g h i j k l m n ñ o p |
| Pelón Liso 1 | C | 24.26 | g h i j k l m n ñ o p q |
| Charola | So | 24.24 | g h i j k l m n ñ o p q r |
| Fafayuco 84 | So | 23.88 | g h i j k l m n ñ o p q r s |
| Fafayuco 85 | So | 22.74 | h i j k l m n ñ o p q r s t |
| Pelón Liso Tonalá | So | 22.34 | i j k l m n ñ o p q r s t u |
| Blanca Castilla | C | 21.96 | k l m n ñ o p q r s t u v |
| Pelón Liso Guad. | C | 20.04 | ñ o p q r s t u v w |
| L-3 | C | 17.74 | t u v w x |
| Chapeada | C | 16.20 | w x y |
| Chamacuero | So | 15.44 | w x y z |
| Cristalina | C | 15.43 | w x y z A |
| Pelón Liso Ojue. | C | 13.51 | x y z A B |
| Burrona | C | 13.50 | x y z A B C |
| Blanca R. Romos | C | 13.12 | x y z A B C D |
| Tapón de Mayo | So | 12.68 | x y z A B C D E |
| Amarilla Huesona | C | 11.96 | y z A B C D E F |
| Copo de Nieve | C | 11.19 | y z A B C D E F G |
| Tapón | Si | 8.44 | B C D E F G H |
| Nopal Manso | So | 00.00 | |
| Blanco del Monte | So | 00.00 | |
| Rojo de Tonalá | So | 00.00 | |
| Morada Techaluta | So | 00.00 | |
| San Pedrito | So | 00.00 | |
| P.L. San Martín | So | 00.00 | |
| Blanco Huerta | Si | 00.00 | |

Si: silvestre So: solar C: cultivado

estomática osciló de 0 micras a 49.8 micras. El valor promedio fue de 20.7 \pm 3.7 micras. Las cavidades estomáticas más profundas (superiores a 40 micras) se registraron en 2 morfoespecies silvestres, 2 cultivadas y 1 de solar; por lo general, las morfoespecies de solar presentaron menor profundidad de la cavidad estomática. Además, llama la atención que de las 7 morfoespecies que no presentaron cavidad estomática, 6 provienen de nopaleras de solar colectadas en la región central del estado de Jalisco, en la que la precipitación pluvial es casi el doble (800 mm) que la registrada en las zonas semiáridas (400-450 mm), en que se colectó el resto de las morfoespecies de nopal tunero.

De lo anterior se desprende que la presencia de estomas hundidos es común en las morfoespecies de nopal que se desarrollan en climas áridos, lo que se puede interpretar como una adaptación morfológico-fisiológica a las condiciones de aridez que prevalecen en las zonas semiáridas de las que son originarias estas morfoespecies de nopal tunero.

La cavidad o cripta estomática es un carácter que presentó un amplio grado de variación, como lo indica el promedio del coeficiente de variación (16.6%), con un rango de 3.8 a 51.8%.

4.6 Grosor Cuticular

La presencia de cutículas gruesas es común en flora xerófita (Esaú, 1977). Presumiblemente la principal función de la cutícula es generalmente la prevención de la pérdida de agua (Nobel, 1974; Conde, 1975). El valor de la cutícula como una barrera transpiracional es sumamente variable de especie a especie (Kamp, 1930). De ordinario la

transpiración cuticular es variable entre especies, pero la causa de su variabilidad es incierta. Kamp (1930) menciona que, en general, la composición química y la estructura de la cutícula es más importante en la determinación de la resistencia cuticular que solamente el grosor. También indicó, no obstante, que entre especies relacionadas estrechamente, la resistencia cuticular a la pérdida de agua es correlacionada positivamente con el grosor cuticular.

Además de prevenir la pérdida de agua, la cutícula es empleada como un importante carácter diagnóstico en determinaciones taxonómicas (Safou, 1988; Farooqui, 1989).

La evaluación del grosor de cutícula en 43 morfoespecies de nopal tunero pertenecientes a tres tipos de nopaleras (cultivadas, silvestres y de solar), reveló que las morfoespecies silvestres presentaron cutículas más gruesas que las cultivadas y de solar (Cuadro 7).

La media para el grosor cuticular en las morfoespecies silvestres fue de 27.5 micras, mientras que para las cultivadas y de solar fue de 16.4 micras y 12.8 micras, respectivamente. El promedio general fue de 16.8 ± 2.8 micras.

Esto probablemente explique en parte, por qué la mayoría de las morfoespecies silvestres presentan un mayor grado de resistencia a las condiciones ambientales que prevalecen en las zonas semiáridas de México.

El grosor cuticular presentó una gran variación entre las morfoespecies de nopal tunero; el coeficiente de variación fue de 16.8%, el mayor registrado entre las otras variables; el rango osciló entre 6.2 y 48.9%.

Conde (1975), reporta que el grosor cuticular en morfoespecies de nopal tunero varía de 7 micras a 9 micras, con un rango de amplitud de variación de 1 micra a 12

Cuadro 7. Grosor cuticular promedio (en micras) de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas y su comparación mediante la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

| | | | | |
|-------------------|----|-------|---------------------------------------|--|
| Cardón | Si | 57.64 | a | |
| Amarilla Huesona | C | 52.88 | b | |
| Tapón | Si | 43.22 | c | |
| Copo de Nieve | C | 27.01 | ch | |
| Cristalina | C | 25.48 | ch d | |
| Xoconostle | Si | 23.90 | ch d e | |
| Xoconostle Rojo | Si | 22.74 | d e f | |
| Tapón de Mayo | So | 20.84 | e f g | |
| Ama. Huesona Aqs. | C | 20.84 | e f g h | |
| Fafayuco 83 | So | 19.67 | f g h i | |
| Copena 5 | C | 19.29 | f g h i j | |
| Chapeada | C | 18.92 | f g h i j k | |
| Fafayuco 85 | So | 18.90 | f g h i j k l | |
| Blan. Alfajayucan | C | 18.52 | g h i j k l l l | |
| Burrona | C | 18.14 | g h i j k l l l m | |
| Morada Techaluta | So | 16.20 | i j k l l l m n | |
| Rojo de Tonalá | So | 15.44 | j k l l l m n ñ | |
| Blanca Castilla | C | 15.44 | j k l l l m n ñ o | |
| Fafayuco 88 | So | 15.43 | j k l l l m n ñ o p | |
| Naranja | C | 13.89 | n ñ o p q | |
| Chamacuero | So | 13.84 | n ñ o p q r | |
| Papantón | C | 13.11 | n ñ o p q r s | |
| L-3 | C | 12.73 | n ñ o p q r s t | |
| Pelón Liso Ojue. | C | 11.97 | ñ o p q r s t u | |
| San Pedrito | So | 10.81 | q r s t u v | |
| Tlaconopal | C | 10.81 | q r s t u v w | |
| Zaeta | So | 10.81 | q r s t u v w x | |
| Pelón Liso 1 | C | 10.42 | q r s t u v w x y | |
| Pelón Liso L | C | 10.42 | q r s t u v w x y z | |
| Blanca R. Romos | C | 10.42 | q r s t u v w x y z A | |
| Pepino | C | 10.41 | q r s t u v w x y z A B | |
| Xoconostle Blanco | Si | 10.04 | q r s t u v w x y z A B C | |
| Charola | So | 9.65 | s t u v w x y z A B C D | |
| Nopal Manso | So | 9.65 | s t u v w x y z A B C D E | |
| Fafayuco 82 | So | 9.65 | s t u v w x y z A B C D E F | |
| Pelón Liso Tonalá | So | 9.65 | s t u v w x y z A B C D E F G | |
| P.L. San Martín | So | 9.26 | s t u v w x y z A B C D E F G H | |
| Camuesa | C | 8.88 | t u v w x y z A B C D E F G H I | |
| Pelón San Elías | C | 8.49 | u v w x y z A B C D E F G H I J | |
| Fafayuco 84 | So | 8.11 | u v w x y z A B C D E F G H I J K | |
| Blanco del Monte | So | 8.11 | u v w x y z A B C D E F G H I J K L | |
| Pelón Liso Guad. | C | 8.05 | u v w x y z A B C D E F G H I J K L M | |
| Blanco Huerta | Si | 7.72 | v w x y z A B C D E F G H I J K L M N | |

Si: silvestre So: solar C: cultivado

micras. En este estudio en que se evaluó una mayor diversidad de morfoespecies, se encontró que varía de 7.7 micras a 57.8 micras, lo cual es una diferencia notable. También es importante hacer notar que la mayoría de las morfoespecies evaluadas presentaron grosor de cutícula en el rango de 10 a 20 micras.

Estudios sobre grosor de cutícula en *Opuntia*, reportados por diferentes autores citados por Conde (1975), mencionan que este grosor varía de 1 a 11 micras, coincidiendo con los valores reportados por este autor. Sin embargo es conveniente mencionar que la mayoría de estas mediciones provienen de un número reducido de especies y la mayor parte de éstas creciendo en condiciones ambientales favorables, que probablemente contribuyen a reducir el grosor de la cutícula.

Es importante aclarar que estas comparaciones no son válidas, si consideramos que el grosor de la cutícula depende de factores internos y externos, entre los cuales destacan la edad del cladodio, la luminosidad, la luz ultravioleta, sequía, alta temperatura.

4.7 Tipos de Estomas

Los tipos de estomas, que corresponden al arreglo de las células guardas y las células acompañantes, pueden ser de uso taxonómico, ya que existen cerca de 31 patrones de estomas y células acompañantes en las plantas vasculares superiores (Jones, Jr., 1987; Safou, 1988).

De las 43 morfoespecies de nopal tunero estudiadas, sólo en 7 se pudo determinar el tipo de estoma, debido a que en el resto, por encontrarse los estomas hundidos no fue posible llegar a cabo su observación utilizando los métodos tradicionales. Se encontraron 2 tipos de estomas:

paracítico y tetracítico; cuatro de las morfoespecies presentaron estomas paracíticos y tres presentaron tetracíticos (Cuadro 8).

A pesar de que la morfología de los estomas tiene una importancia relevante como apoyo a estudios taxonómicos, en el caso del nopal tunero se dificulta su uso debido a que en la mayoría de las morfoespecies, éstos se encuentran en cavidades o criptas estomáticas, a menos que se desarrollen técnicas de microtecnia que ayuden a salvar este problema.

4.8 Tipos de tricomas

Los tricomas son apéndices epidérmicos de forma, estructura y funciones diversas, representados por pelos protectores, sustentadores y glandulares, escamas y papilas diversas (Esaú, 1965).

Los tricomas ejercen un papel protector contra la pérdida de agua y contra el exceso de radiación (Esaú, 1977; Da Silva, 1988). Según Sorokin & Thimann (1964), citados por Silva & Anderson (1985), los tricomas están de cierto modo relacionados con las tasas de transpiración, por lo que variaciones en su frecuencia podrán tener implicaciones fisiológicas.

Por otro lado, los patrones de variación en los pelos epidérmicos o tricomas pueden proporcionar caracteres para la clasificación a nivel de especie, género o familia (Jones, Jr., 1987).

De las 43 morfoespecies de nopal tunero evaluadas, sólo 5 presentaron tricomas ("Xoconostle Blanco", "Xoconostle Rojo", "Xoconostle", "Blanco Huerta y "Chamacuero"). Las primeras cuatro morfoespecies son silvestres y la última de solar (Cuadro 9). Las cinco

Cuadro 8. Tipos de estomas registrados en morfoespecies de nopal tunero.

| MORFOESPECIE | TIPO DE ESTOMA | TIPO DE NOPALERA |
|-----------------------|----------------|------------------|
| Rojo de Tonalá | Tetracítico | Solar |
| Pelón Liso San Martín | Tetracítico | Solar |
| Blanco del Monte | Tetracítico | Solar |
| Morada Techaluta | Paracítico | Solar |
| San Pedrito | Paracítico | Solar |
| Nopal Manso | Paracítico | Solar |
| Blanco Huerta | Paracítico | Silvestre |

Cuadro 9. Tipos de tricomas registrados en morfoespecies de nopal tunero.

| MORFOESPECIE | TIPO DE TRICOMA | TIPO DE NOPALERA |
|-------------------|-------------------------------------|------------------|
| Xoconostle Blanco | Pelo unicelular | Silvestre |
| Xoconostle Rojo | Pelo unicelular | Silvestre |
| Xoconostle | Pelo unicelular y pelo pluricelular | Silvestre |
| Blanco Huerta | Pelo unicelular | Silvestre |
| Chamacuero | Pelo unicelular | Solar |

morfoespecies presentaron tricomas del tipo "pelo unicelular", excepto "Xoconostle", el cual presentó además "pelos pluricelulares" (Figuras 1 y 2).

Aunque se menciona que los tricomas son abundantes en plantas xerófitas (Esaú, 1977), aparentemente esta característica no es común en morfoespecies de nopal tunero, ya que se encontró en un 11.6% de las morfoespecies evaluadas.

4.9 Comparación estadística de las variables morfológico-anatómicas de la epidermis de nopal tunero

Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) para las siguientes variables: longitud de estomas, ancho de estomas, área de estomas, frecuencia de estomas, cavidad o cripta estomática y grosor cuticular.

Todos los análisis de varianza (ANDEVA) para las variables citadas mostraron diferencia estadística significativa entre los grupos (Cuadros 10 al 15).

Con base en lo anterior se realizaron comparaciones de medias (Prueba de Duncan), de las variables evaluadas observando los siguientes resultados:

4.9.1 Longitud de estomas

"Pelón Liso Guadalajara" fue la morfoespecie que se registró significativamente diferente a las demás morfoespecies evaluadas por su promedio mayor de longitud de estomas. Sin diferencia estadística entre sus medias se observó un segundo grupo de morfoespecies: "xoconostle blanco", "naranjona", "pelón liso 1", "fafayuco 88", "amarilla huesona Ags.", "fafayuco 85" y "L-3".

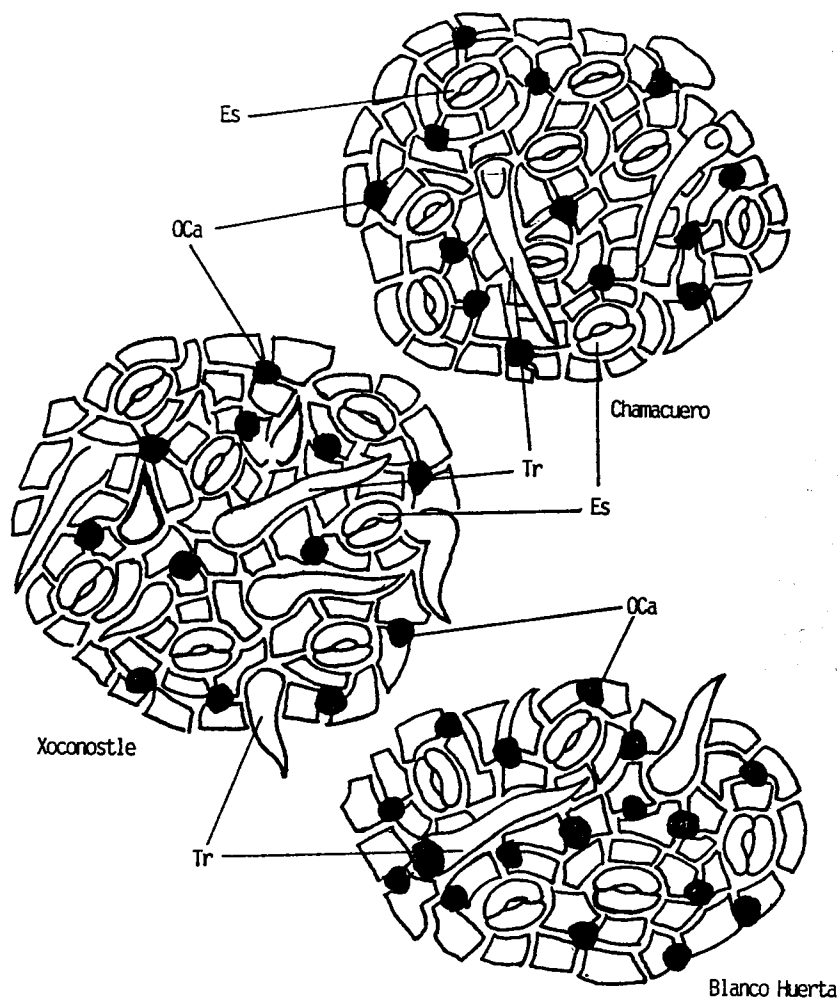


Figura 1. Morfología de los tipos de tricomas (Tr), estomas (Es) y cristales de oxalato de calcio (OCa), observados en morfoespecies de nopal tunero (Chamacuero, Xocnostle y Blanco Huerta).

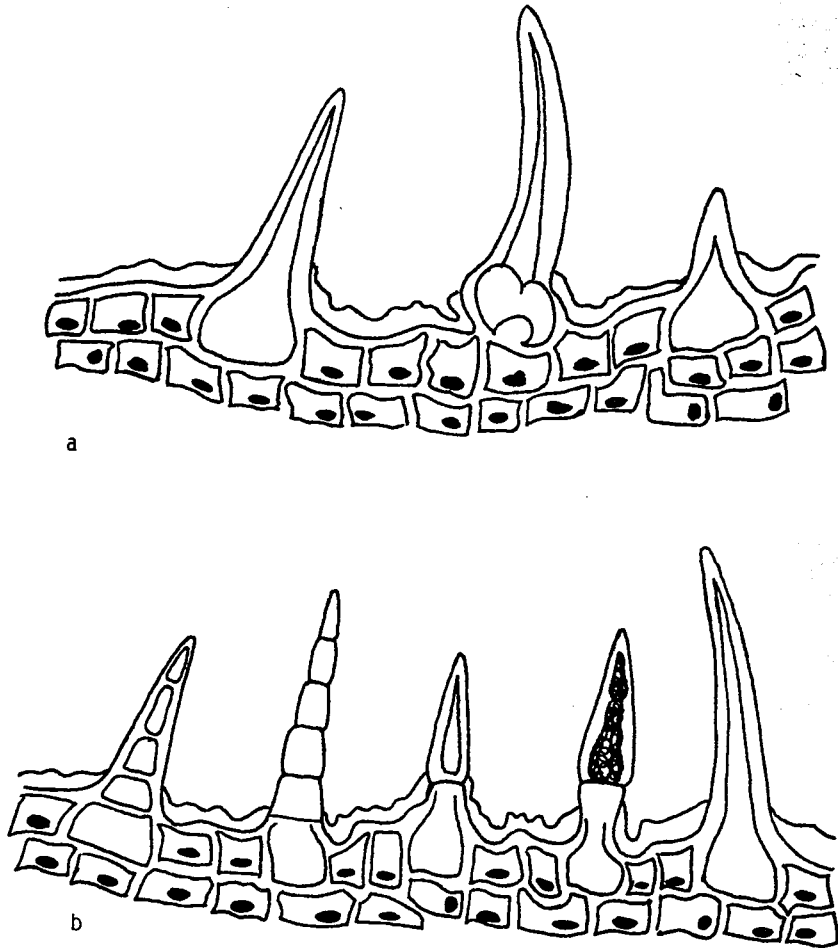


Figura 2. Corte transversal de pelos unicelulares y pluricelulares encontrados en morfoespecies de nopal tunero.
 a) Chamacuero, Xoconostle Blanco, Xoconostle Rojo y Blanco Huerta
 b) Xoconostle.

Cuadro 10. Análisis de Varianza para la longitud de estomas de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas.

| FV | GL | SC | MC | F CAL | |
|---|-----|----------|--------|--------|--|
| Total | 249 | 21956.45 | | | |
| Tratamiento | 42 | 17696.42 | 421.34 | 38.27* | |
| Error | 387 | 4260.03 | 11.00 | | |
| CV=6.2% Media= 48.8 | | | | | |
| *Valor altamente significativo (99.99% de probabilidad) | | | | | |

Cuadro 11. Análisis de varianza para el ancho de estomas de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas.

| FV | GL | SC | MC | F CAL | |
|---|-----|---------|--------|--------|--|
| Total | 429 | 9408.27 | | | |
| Tratamiento | 42 | 5659.93 | 134.76 | 13.91* | |
| Error | 387 | 3748.35 | 9.68 | | |
| CV=10.3% Media=27.08 | | | | | |
| *Valor altamente significativo (99.99% de probabilidad) | | | | | |

Cuadro 12. Análisis de Varianza para el área de estomas de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas.

| FV | GL | SC | MC | F CAL | |
|---|-----|----------|----------|--------|--|
| Total | 429 | 35521750 | | | |
| Tratamiento | 42 | 25172312 | 599340.7 | 22.41* | |
| Error | 387 | 10349437 | 26742.7 | | |
| CV=13.7% Media=1049.94 | | | | | |
| *Valor altamente significativo (99.99% de probabilidad) | | | | | |

Cuadro 13. Análisis de varianza para la frecuencia de estomas de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas.

| FV | GL | SC | MC | F CAL | |
|---|-----|----------|-------|--------|--|
| Total | 429 | 34528.04 | | | |
| Tratamiento | 42 | 27749.44 | 660.7 | 37.72* | |
| Error | 387 | 6778.6 | 17.51 | | |
| CV=10.61% Media=34.5 | | | | | |
| *Valor altamente significativo (99.99% de probabilidad) | | | | | |

Cuadro 14. Análisis de Varianza para la cavidad estomática de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas.

| FV | GL | SC | MC | F CAL | |
|---|-----|----------|--------|-------|--|
| Total | 214 | 41353.15 | | | |
| Tratamiento | 42 | 36836.67 | 877.06 | 33.4* | |
| Error | 172 | 4516.48 | 26.25 | | |
| CV=16.68% Media=20.76 *Valor altamente significativo (99.99% de probabilidad) | | | | | |

Cuadro 15. Análisis de varianza para el grosor cuticular de 43 morfoespecies de nopal seleccionadas.

| FV | GL | SC | MC | F CAL | |
|---|-----|----------|--------|--------|--|
| Total | 214 | 28129.16 | | | |
| Tratamiento | 42 | 25527.40 | 607.79 | 40.18* | |
| Error | 172 | 2601.76 | 15.13 | | |
| CV=16.85% Media=16.69 *Valor altamente significativo (99.99% de probabilidad) | | | | | |

Con el menor promedio de longitud de estomas, se registraron "nopal manso", "pelón liso San Martín y "blanco del monte" (Cuadro 2).

4.9.2 Ancho de estomas

El ancho promedio mayor se integró por el siguiente grupo de morfoespecies: "naranjona", "rojo de Tonalá", "copo de nieve y "xoconostle blanco", los cuales no registraron diferencia estadística significativa entre sus medias. En un segundo grupo sin diferencia estadística entre sus medias, se registraron las morfoespecies "rojo de Tonalá", "copo de nieve", "xoconostle blanco" y "blanca Rincón de Romos".

Las morfoespecies "papantón", "nopal manso", "blanco del monte", "pelón liso Ojuelos", "blanco huerta "xoconostle" y "zaeta" fueron las que registraron el ancho menor y no presentaron diferencia estadística entre sus medias (Cuadro 3).

4.9.3 Area de estomas

La morfoespecie "naranjona" fue estadísticamente superior con respecto al área del estoma, en comparación al resto de las morfoespecies evaluadas. En un segundo grupo, sin diferencia estadística entre sus medias se registraron las morfoespecies: "xoconostle blanco", "rojo de Tonalá", "copo de nieve" y "pelón liso Guadalajara".

El área promedio menor de las morfoespecies evaluadas se registró en las siguientes: "pelón liso Ojuelos", "zaeta", "xoconostle", "pelón liso San Martín", "blanco huerta" y "blanco del monte", en las cuales no se

encontró diferencia estadística entre sus medias (Cuadro 4).

4.9.4 Frecuencia de estomas

Estadísticamente superiores a las demás formas evaluadas se encontraron "tapón de mayo" y "tapón". En un segundo término, también representando un grupo estadísticamente diferente se encuentran "cardón", "rojo de Tonalá" y "Charola".

La morfoespecie que registró la menor frecuencia de estomas fue "pelón liso Guadalajara", inferior estadísticamente a todas las demás morfoespecies (Cuadro 5).

4.9.5 Cavidad o cripta estomática

La prueba de comparación de medias para la cavidad o cripta estomática promedio nos muestra que: "xoconostle" y "zaeta" fueron morfoespecies estadísticamente iguales y superiores al resto de las morfoespecies evaluadas; en un segundo grupo: "zaeta", "camuesa", "cardón" y "pelón San Elías" no mostraron diferencia estadística significativa entre sus medias.

Las morfoespecies que presentaron menor cavidad estomática, o más bien, que no la presentaron, fueron "nopal manso", "blanco del monte", "rojo de Tonalá", "morada Techaluta", "San Pedrito", "pelón liso San Martín" y "blanco huerta" (Cuadro 6).

4.9.6 Grosor cuticular

Para esta variable se encontró que el promedio mayor lo registró "cardón", la cual es estadísticamente superior a las demás morfoespecies. Después se registró "amarilla huesona", inferior a "cardón" pero superior a las demás morfoespecies.

Las morfoespecies "San Pedrito", "tlaconopal", "zaeta", "pelón liso 1", "pelón liso L", "blanca Rincón de Romos", "pepino", "xoconostle blanco", "charola", "nopal manso", "fafayuco 82", "pelón liso Tonalá", "pelón liso San Martín", "camuesa", "pelón San Elías", "fafayuco 84", "blanco del monte", "pelón liso Guadalajara" y "blanco huerta" fueron las que presentaron el menor grosor cuticular, siendo estadísticamente iguales entre sí e inferiores al resto de las morfoespecies (Cuadro 7).

4.10 Coeficientes de correlación entre las variables morfológico-anatómicas de la epidermis de nopal tunero.

En el cuadro 16 se presentan los coeficientes de correlación entre las variables morfológico-anatómicas de la epidermis de nopal tunero, en el cual se pudo observar que la correlación de la longitud de estomas con el resto de las variables resultaron positivos y altamente significativos.

El ancho de estomas tuvo correlación positiva y sumamente significativa con las demás variables.

La correlación del área de estomas con cavidad estomática, grosor cuticular y frecuencia de estomas también resultó positiva y altamente significativa.

La cavidad estomática tuvo una correlación positiva y altamente significativa con el grosor cuticular y la frecuencia de estomas.

La correlación resultó ser positiva y altamente significativa para el grosor cuticular con frecuencia de estomas.

Por los resultados obtenidos se infiere que si una variable es alterada, las demás también se alteran en una proporción positiva directa.

Cuadro 16. Coeficientes de correlación entre las variables morfológico-anatómicas de la epidermis de nopal tunero.

| | Long. de estomas | Ancho estoma | Area estoma | Cav. estom. | Grosor Cuticu. | Frec. estoma |
|--------------------|------------------|--------------|-------------|-------------|----------------|--------------|
| Long. de estomas | 0.000 | 0.940* | 0.969* | 0.951* | 0.740* | 0.920* |
| Ancho de estomas | | 0.000 | 0.980* | 0.967* | 0.887* | 0.975* |
| Area de estomas | | | 0.000 | 0.983* | 0.839* | 0.960* |
| Cavidad estomática | | | | 0.000 | 0.837* | 0.932* |
| Grosor cuticular | | | | | 0.000 | 0.896* |
| Frecuencia estomas | | | | | | 0.000 |

*Significativos al 0.001.

5. DISCUSION

La mayoría de las morfoespecies que se conocen vulgarmente como "pelón liso", es decir, aquellas plantas que no presentan espinas visibles de tamaño regular, son clasificadas como *Opuntia ficus-indica*, por lo que se consideran como la misma especie taxonómica. Estas morfoespecies presentan cutícula delgada ya que varía de 8.05 a 11.9 micras, por lo que se puede inferir que al menos en esta especie el grosor de la cutícula se encuentra en un mayor grado bajo control genético, ya que estas morfoespecies provienen de localidades que difieren en características ambientales. Por ejemplo, el "pelón liso Guadalajara" fue colectado en las cercanías de Guadalajara y presentó un grosor de cutícula de 8.05 micras, y por otro lado, el "pelón San Elías", colectado en la zona semiárida de San Luis Potosí, presentó un grosor de cutícula de 8.49 micras, que estadísticamente es igual al anterior.

Este efecto genético se hace aún más evidente al comparar el grosor de cutícula de la morfoespecie denominada "cardón", que es silvestre y taxonómicamente se identifica como *Opuntia streptacantha* con un grosor de cutícula de 57.8 micras, que es significativamente superior al registrado en las morfoespecies de *Opuntia ficus-indica*.

Lo anterior no invalida la posibilidad de efecto de ambiente, ya que al comparar estudios previos se encuentran diferencia en los valores reportados para otras especies de *Opuntia* (Conde, 1975). Otro factor que debe ser considerado al estudiar grosor de cutícula es el estadio ontológico de desarrollo de los cladodios de los cuales se examinará una muestra, ya que el grosor de la cutícula aumenta con la edad y la exposición de la planta al ambiente.

De todas las variables evaluadas, la longitud de estomas fue la más estable, como indicó el bajo promedio de coeficiente de variación (6.2%). El mayor promedio se registró en el grosor cuticular (16.8%).

Es en parte a esta estabilidad que la longitud de estomas ha sido tomada como un indicador del nivel de ploidia en algunas especies vegetales. Contrario a lo encontrado por Conde (1975), la correlación entre nivel de ploidia y tamaño de estomas se sostiene en la mayoría de las morfoespecies evaluadas. Las dos especies de nopal tunero examinadas por Conde (1975) son hexaploides, con estomas largos (ca. 51 micras); en el presente estudio se encontraron estomas hasta de 61.9 micras, pudiendo ser que haya un nivel de ploidia de $8n$ (octaploides). Es evidente según los resultados obtenidos que la longitud de estomas puede considerarse como indicador de ploidia en nopal tunero, al igual que en otras especies vegetales.

Los resultados obtenidos por Conde (1975) muestran que los miembros del subgénero *Opuntia* tienen estomas más largos (ca. 51 micras), que los miembros del subgénero *Cilindropuntia* (ca. 35 micras), pudiendose inferir por esto que el tamaño de estomas pudiera usarse para diferenciar categorías subgenéricas. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio, nos indican que lo anterior no es válido, ya que se encontraron longitudes de estomas desde 33.3 micras.

Las morfoespecies denominadas vulgarmente "pelón liso" son clasificadas taxonómicamente como *Opuntia ficus-indica*, así como también las morfoespecies "rojo de Tonalá", "tlaconopal" y "copo de nieve". Dichas morfoespecies presentan diferencias en la frecuencia de estomas, ya que varía de 8.7 a 32.2 estomas por mm^2 , por lo que se puede inferir que al menos en esta especie la

frecuencia de estomas se encuentra bajo control ambiental, ya que estas morfoespecies provienen de localidades que tienen características ambientales diferentes. Así por ejemplo, el "pelón liso Guadalajara" que fue colectado en las cercanías de Guadalajara presentó una frecuencia de estomas de 8.7 por mm^2 ; el "pelón San Elías", colectado en San Elías, San Luis Potosí, presentó una frecuencia de estomas de 20.8 por mm^2 y "rojo de Tonalá", colectado en Tonalá, Jalisco, presentó una frecuencia de estomas de 32.2 por mm^2 . Los valores son estadísticamente diferentes entre sí.

Este efecto ambiental se hace más evidente si comparamos la frecuencia de estomas del "xoconostle blanco", la cual es de 21.9 estomas por mm^2 y el "xoconostle", que tiene una frecuencia de estomas de 28.9 por mm^2 , las cuales se clasifican taxonómicamente como *Opuntia xoconostle* y fueron colectadas en Ojuelos. Ambos valores son estadísticamente diferentes.

Sin embargo no se debe descartar la posibilidad de un efecto genético, ya que las morfoespecies "tapón de mayo" y "tapón", clasificadas taxonómicamente como *Opuntia robusta* y colectadas en Pinos, Zac. y Ojuelos, Jal. respectivamente, tienen una frecuencia de estomas estadísticamente igual, aún cuando una es de solar y la otra es silvestre.

Una de las adaptaciones más importantes e interesantes del nopal tunero en relación a la transpiración, es el hecho de que en lugar de disminuir el número de estomas para aumentar la resistencia a la transpiración, éstos adoptan una disposición hundida, evitando de esta manera una pérdida de agua mínima por transpiración. De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayoría de las morfoespecies colectadas en zonas semiáridas

con una precipitación pluvial de 400 a 450 mm, presentaron los estomas hundidos, en contraste con las morfoespecies colectadas en la región central del Estado de Jalisco con una precipitación pluvial de 800 mm, las cuales no presentaron cavidad estomática, presumiblemente porque no requieren una mayor economía del agua.

6. CONCLUSIONES

1. La longitud y/o área de estomas puede utilizarse en nopal tunero como un indicador del nivel de ploidia, la igual que en otras especies vegetales.

2. La mayor longitud de estomas se registró en morfoespecies cultivadas, lo cual confirma estudios citogenéticos previos, en los que se ha encontrado que los números más altos de cromosomas se han registrado en nopales tuneros cultivados.

3. El ancho de estomas es un carácter que no presentó mucha variación entre las morfoespecies de nopal tunero y aparentemente no se le puede considerar como un carácter importante para uso taxonómico.

4. La presencia de estomas hundidos en criptas estomatales y cutículas gruesas, son aparentemente las dos modificaciones anatómicas más importantes en la epidermis del nopal tunero, para reducir los efectos de la sequía.

5. Las morfoespecies silvestres son las que presentan mayor profundidad de la cripta estomática y mayor grosor de cutícula, lo cual puede en parte explicar la mayor resistencia y adaptabilidad a las condiciones adversas que prevalecen en las zonas semiáridas de México.

6. Las morfoespecies que no presentaron cavidad estomática, fueron colectadas en zonas con una precipitación pluvial de 800 mm, y la mayoría de las que presentaron cavidad o cripta estomática fueron colectadas

en zonas semiáridas con una precipitación pluvial de 400-450 mm, lo cual confirma que la disposición hundida de los estomas es una adaptación del nopal tunero para regular la economía hídrica en ambientes limitantes (semiáridos).

7. La frecuencia estomática es aparentemente influenciada por condiciones ambientales la mayoría de las veces, aunque también se registró cierto grado de control genético.

8. El tipo de estomas no pudo determinarse en la mayoría de las morfoespecies, debido a la disposición hundida de éstos, y por lo tanto no puede considerarse de mucha utilidad para estudios taxonómicos futuros.

9. Los tricomas se encontraron en las tres morfoespecies denominadas "xoconostle" (*Opuntia xoconostle*), por lo que se puede decir que es un carácter distintivo de dicha especie. Por otro lado no sería muy útil considerarlo como criterio básico para uso taxonómico en morfoespecies de nopal tunero, ya que únicamente se registró presencia de tricomas en un 11.6% de morfoespecies evaluadas, y además se encontró que la variación morfológica de tricomas en estas morfoespecies es reducida.

7. LITERATURA CITADA

- Benson, L. 1968. The Cacti of Arizona. The University of Arizona. Press. Tucson, Arizona. 218p.
- Bravo, H. 1937a. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional de México.
- , 1978a. Las Cactáceas de México. 2da. Ed. UNAM. México, D.F. 735p.
- Brewbaker, L.J. 1967. Genética Agrícola. Manuales UTEHA. No. 303. 261p.
- Bright, D.N.E. 1928. The effects of exposure upon the structure of certain heath-plants. Jour. Ecol. 16:323-365.
- Brown, J.G. 1920. Subcortical formation and abnormal development of stomata in etiolated shoots of *Opuntia blakeana*. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 70:295-307.
- Brutsch, O.M. 1984. Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) cultivation in Southern Africa. En: Symposium on Agricultural use of Cactaceae. Prospects and Problems. 18th. Congress of the Interanational Organization for Succulent Plant Study. Frankfurt W. Germany. Manuscrito inédito.
- Christiansen, M.N. & Ch. F. Lewis. 1987. Mejoramiento de Plantas en ambientes poco favorables. México. p. 244-245.
- Conde, F.L. 1975. Anatomical comparisons of five species of *Opuntia* (Cactaceae). Ann Missouri Bot. Gard. 62:425-473.
- Cooper, C.S. & Guals, M. 1967. Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. Crop Sci., 7:672-673.
- Crookston, R.K.; K.J., Treharne; P. Ludford; J.L. Ozbun. 1975. Response of beans to shading. Crop Sci., 15:412-416.
- Cronquist, A. 1986. Introducción a la Botánica. Continental. 2da. Ed. Méx.

- Cruz, H.J. 1984. Evaluación de selecciones de nopal tunero (*Opuntia spp.*) en la zona semi-desértica del estado de Puebla. Memorias Octavo Congreso Nacional de Fitogenética. Uruapan, Mich. pp. 458-571.
- Darlington, C.D. & A.P. Wylie. 1955. Chromosome Atlas of Flowering Plants. Allen and Unwin, London.
- Dawson, Y.E. 1963. How to know the Cacti. Wn. C. Brown. Company. Dubuque Iowa. 150p.
- Esaú, K. 1965. Plant Anatomy. New York, John Wiley. 767p.
 -----, 1976. Anatomía Vegetal. Omega. 3ra. Ed. p. 190-191.
 -----, 1977. Anatomy of Seed Plants. John Wiley and Sons. New York. 550p.
- Farooqui, P., N. Venkatasubramanian and V.K. Nallasamy. 1989. Use of cuticular studies in distinguishing species of *Dalbergia*. Plant Sci. 99:7-14.
- Gates, D.M., R. Aldefer y E. Taylor. 1968. Leaf temperatures of desert plants. Science 159:994-995.
- Gibson, C.A. & P.S. Nobel. 1986. The Cactus Primer. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 286p.
- Gieck, K. 1981. Manual de Fórmulas Técnicas. Representaciones y Servicios de Ingeniería. 18ava. Ed. México.
- Gindel, I. 1969. Stomatal number and size as related to soil moisture in tree xerophytes in Israel. Ecology 50:263-267.
- Grant, V. and A.K. Grant. 1979. Pollination of *Opuntia basilaris* y *O. littoralis*. Plant Sist. Evol. 132:321-325.
- Imai, K., D.F. Coleman and T. Yanagisawa. 1984. Elevated atmospheric partial pressure of carbon dioxide and dry mater production of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Jop. J. Crup Sci. 53:479-485.
- Jones, Jr., S.B. 1987. Sistemática vegetal. McGraw-Hill. 2da. Ed. México.
- Kamp, H. 1930. Untersuchungen über Kutikularbau und kuticuläre Transpiration von Blättern. Jahrb. Wis. Bot. 72:403-465.

- Kluge, M. and I.P. Ting. 1978. Crassulacean Acid Metabolism. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. 209p.
- Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1972. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. Leaves. Bot. Gaz., 133:132-4.
- Kurtz, E.B. 1958. A survey of some plant waxes of southern Arizona. Jour. Amer. Oil Chem. Soc. 35:465-467.
- Lee, B. and J.H. Priestly. 1924. The plan cuticle. I. Its structure, distribution and function. Ann. Bot. (London) 38:525-545.
- Lewis, H.W. 1980. Polyploidy in Angiosperm: Dicotyledons In: W.H. Lewis (ed). Polyploidy, Biological relevance. Plenum press. New York and London.
- Madsen, E. 1973. Effect of CO₂ concentration on morphological, histological, cytological and physiological processes in tomato plants. Acta Agricultural Scand. 23:241-246.
- Martin, J.T. and B.E. Juniper. 1970. The cuticles of Plants. Edward Arnold, London.
- Mauricio, L.R. 1985. Caracterización fenológica y morfológica de formas de nopal (*Opuntia spp.*) tunero en el altiplano Potosino-Zacatecano. I. Primavera-Verano, 1973. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara. 113p.
- Maya, C.A. and J.B. Kohashi-Shibata. 1976. Distribución de estomas en la primera hoja de plántulas de cuatro razas de maíz. Agrociencia, 24: 3-22.
- Meidner, H. and T.A. Mansfield. 1968. Physiology of Stomata. McGraw-Hill, New York.
- Metcalf, C.R. and L. Chalk. 1950. Anatomy of the Dicotyledons. 2 Vols. Clarendon Press, Oxford.
- Miskin, K.E. and D.C. Rasmusson. 1970. Frequency and distribution of stomata in barley. Cro≡ Sci., 10:575-578.

- Nobel, S.P. 1974. Biophysical Plant Physiology. W.H. Freeman. San Fransisco. 488p.
- , 1982b. Orientation, PAR interception and nocturnal acidity increases for terminal cladodes of a widely cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica* Amer. J. Bot. 69(6):1462-1469.
- O'Leary, J.W. and G.N. Knecht. 1981. Elevated CO₂ concentration increases stomate numbers in *Phaseolus vulgaris* leaves. Bot. Gaz 142: 438-441.
- Penfound, W.T. 1931. Plant anatomy as conditioned by light intensity and soil moisture. Amer. Jour. Bot. 18:558-572.
- Pimienta, B.E. y E.M. Engleman. 1981. Estudio del desarrollo de la yema floral y el fruto en nopal. III Congreso Nacional de Botánica. Jalapa, Ver.
- , 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del lóculo maduro en tuna (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller). Agrociencia 62:51-56.
- Pimienta, B.E. (en prensa). El Nopal Tunero. Ed. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
- Pimienta, B.E.; E.M. Engleman y P. Rosas C. 1985. Algunos aspectos del ciclo reproductivo del nopal (*Opuntia spp*) tunero. En: Memorias del Seminario Sobre la Investigación Genética Básica en el Conocimiento y Evaluación de los Recursos Genéticos G. Palomino H. y E. Pimienta B. Coordinadores. Jardín Botánico, UNAM. pp.96-105.
- Pimienta, B.E., A. Delgado A. y R. Mauricio L. 1987. Evaluación de la variación en formas de nopal (*Opuntia spp.*) tunero en la Zona Centro de México. In; Strategies for Classification and Management of Native Vegetation for Food Production in Arid Zones Tucson, AZ. pp. 82-86.
- Przywara, L., K.K. Pandey and P.M. Sanders. 1988. Lenght of stomata as an indicator of ploidy level in *Actinidia deliciosa*.
- Radford, A.E. et al. 1974. Vascular plant Systematics. Harper & Row. USA. p.185.
- Robles, E.F.J. 1987. Crecimiento y desarrollo del fruto ("tuna") de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller)

- tunero. Tesis profesional. Centro Agropecuario. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 38p.
- Rosas, C.M.P. 1984. Polinización y fase progámica en *Opuntia* spp. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. 76p.
- Rosas, C.M.P. y E. Pimienta B. 1986. Polinización y fase progámica en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller) tunero. Fitotecnia 8:164-176.
- Safou, O., M. Saint-Martin et P. Rouane. 1988. Stomata and waxes in genus *Quercus*. C.R. Acad. Sci. Paris 307:701-707.
- Sax, K. and H.J. Sax. 1937. Stomata size and distribution in diploid and polyploid plants. Jour. Arnold Arbor. 18:164-172.
- Sharma, G.K. and D.B. Dunn. 1968. Effect of environment on the cuticular features in *Kalanchoe fedtschenkoi*. Bull. Torrey Bot. Club. 95:469-473.
- Sharma, G.K. 1972. Environmental modifications of leaf epidermis and morphological features in *Vervena canadensis*. Southw. Naturalist 17:221-228.
- Silva, E.A.M. da. 1979. Developmental anatomy of *Phaseolus vulgaris* L. "Bush Blue Lake 290 with special consideration of light influence on leaf development. Raleigh, North Carolina State University. 72p. Tese Maestrado.
- Silva, E.A.M. da. and C.E. Anderson. 1985. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) R. Ceres, 32:1-11.
- Skoss, J.D. 1955. Sturcture and composition of plant cuticle in relation to environmental factors and permeability. Bot. Gaz. (Crawfordswille) 117:55-72.
- 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). Am. J. Bot., 65:429-432.
- Sosa, Ch.R. 1964. Microesporogénesis, importancia económica y distribución de tres especies de género *Opuntia*.

Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados.
Chapingo, México.

- Stace, C.A. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy; Bull. Br. Mus (Nat. Hist.) Bot. 41:78.
- Stone, D.E. 1961. Ploidal level and stomatal size in the *American hickories*. Brittonia 13:293-302.
- Volkenburgh, E. van and W.J. Davies. 1977. Leaf anatomy and water relations of plants grown in controlled environments and in the field. Crop. Sci., 17:353-8
- Wagner, W.H., Jr. 1954. Reticulate evolution in the *Appalachian aspleniums*. Evolution 8:103-118.
- Wedding, S.F. and A.M. Powell. 1978. Chromosome numbers in Chihuahua desert cactaceae. Amer. J. Bot. 65(5): 531-537.
- Whitting, H.B., H.A. De Venter and J.G.C. Small. 1979. Crassulacean acid metabolism in jointed cactus (*Opuntia aurantiaca* Lindley). Agroplantae 11:41-43.
- Woodward, F.I. 1987. Stomatal numbers are sensitive to increases in CO₂ from pre-industrial levels. Nature 327:617-618.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE CIENCIAS

Sección

Expediente

Número 0042/90

SRITA. MARIBEL MARTINA LOERA QUEZADA
P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado el tema de Tesis "ESTUDIO MORFOLOGICO-ANATOMICO DE LA EPIDERMIS EN MORFOESPECIES DE NOPAL (Opuntia sp) TUNERO" para obtener la Licenciatura en -- Biología.

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



ATENTAMENTE

"PIENSA Y TRABAJA"

Guadalajara, Jal., Enero 10 de 1990

EL DIRECTOR

FACULTAD DE CIENCIAS DOLFO ESPINOZA DE LOS MONTEROS CARDENAS

EL SECRETARIO

M. EN C. ROBERTO MIRANDA MEDRANO

c.c.p. El Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de Tesis.-Pte.

c.c.p. El expediente de la alumna.

'mjsd


Al contestar este oficio citese fecha y número

ING. ADOLFO ESPINOZA DE
LOS MONTEROS CARDENAS
DIRECTOR DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Por medio de la presente, me permito informarle que la Pasante Maribel Martina Loera Quezada terminó de desarrollar el tema "ESTUDIO MORFOLOGICO-ANATOMICO DE LA EPIDERMIS EN MORFOESPECIES CULTIVADAS Y SILVESTRES DE NOPAL (Opuntia spp.) TUNERO", que a manera de tesis presenta para obtener el título de LICENCIADO EN BIOLOGIA y habiéndolo revisado, observo que cumple de manera satisfactoria con los objetivos que lo motivaron, por lo que atentamente le pido, autorize a la interesada para que continúe con los trámites para obtener el título.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano la atención que se sirva brindar a la presente, quedo de Usted.

Guadalajara, Jal., a 6 de marzo de 1990


Dr. Eulogio Pimentel Barrios

DIRECTOR DE TESIS