

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



**ESTUDIO ANATOMICO DE LA EPIDERMIS DE  
ALGUNAS ESPECIES DEL GENERO OPUNTIA  
DEL VALLE DE MEXICO**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A**

**CRISTOBAL OROZCO LEDESMA**

MEXICO, D. F.

6403

1979



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

### Agradecimientos:

Agradezco a todas las personas que en una u otra forma, colaboraron en la realización de esta tesis. Especialmente al Dr. Engelman del Laboratorio de Anatomía Vegetal del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, por haberme permitido utilizar su equipo para hacer los cortes transversales de la epidermis del material estudiado; al Físico Juan Antonio Toledo y Sr. B. Gould quienes elaboraron la última parte del programa para la computadora del IIMAS, UNAM.

En especial agradezco a la M. en C. Léia Scheinvar directora de tesis, por su valiosa dirección en el desarrollo de todo el trabajo

A los Investigadores que revisaron el manuscrito: Nelly Diego, Mario Ramírez M., Carlos González J. y Guadalupe Vidal, al Biólogo Antonio Meyrán, por sus oportunas sugerencias; al Sr. Concepción León Pérez por su ayuda en el trabajo y a la Srta. María Gloria García, por mecanografiar el manuscrito.

## Abreviaturas Empleadas

v: valores  
máx: máximos  
frec: frecuencia  
inter: intermedios  
med: mediciones  
desv: desviación  
stand: standar  
O. Opuntia  
UTO: Unidad taxonómica operacional  
 $\mu$ : micra

## Contenido

I.-	Introducción	1 - 5
II.-	Objetivos	6
III.-	Antecedentes	7 - 13
IV.-	Material y Método	14 - 30
V.-	Clima	30 - 35
VI.-	Análisis de los Resultados	36 - 69
VII.-	Discusión	70 - 84
VIII.-	Conclusiones	85 - 88
IX.-	Literatura Consultada	89 - 90

## I. Introducción

El género Opuntia, sensu lato presenta según Backeberg (1977), 377 especies de las cuales, según Bravo (1979), se encuentran silvestres en México 104.

Es sabido que este género reúne plantas con gran capacidad adaptativa a zonas áridas y semiáridas y por lo tanto son notables los mecanismos desarrollados para su supervivencia.

En cuanto a la ecofisiología de las Cactáceas y en especial en las Opuntias, se tiene fragmentarios y escasos conocimientos.

Concientes de la importancia que la epidermis y los estomas representan para la adaptación y supervivencia de las especies de este género a las condiciones ambientales a las cuales se encuentran sometidas, decidimos estudiar la variación de las características anatómicas de la epidermis de una especie en diversas localidades y entre siete diferentes especies.

Las características anatómicas de la epidermis analizadas son: longitud de estomas; ancho de estomas; hundimiento de estomas; grosor de la cutícula; diámetro de los cristales y grosor de la hipodermis.

Las especies estudiadas procedentes de veinte localidades del Valle de México son: 1) Opuntia hyptiacantha Web.; 2) Opuntia sp. nov.<sup>+</sup>; 3) Opuntia robusta Wendl.; 4) Opuntia rzedowskii Schein.; 5) Opuntia streptacantha Lem.; 6) Opuntia<sup>++</sup> sp.; 7) Opuntia incarnadilla Griff. (figs. 1,2,3).

---

+ Se trata, según Scheinvar (com. pers.) de una especie nueva del Valle de México, cercana a O. hyptiacantha Web. y a O. robusta Wendl.

++ Se trata, según Scheinvar (com. pers.) de un híbrido, probablemente entre las O. streptacantha Lem. y O. incarnadilla Griff.



UTO 8: A.



UTO 15: B.



UTO 7: E.



UTO 10: D.



UTO 17: C.



UTO 1: G.

Fig. 1. Fotos de las UTO estudiadas.

- UTO 8: A. *O. hypoleucantha* Wob.
- UTO 15: B. *O. sp. nov.*
- UTO 17: C. *O. robusta* Wendl.
- UTO 10: D. *O. rzedowskii* Schein.

- UTO 7: E. *O. streptacantha* Low.
- UTO 4: F. *O. sp.*
- UTO 1: G. *O. incarnadilla* Griff.



- Loc. 1.- D.F.: Deleg. Xochimilco, Sta. Cruz Acalpíxca, Cerro Tecanco, 2575 msnm, LS 1450 (MEXU). Opuntia incar--nadilla Griff.
- Loc. 2.- D.F.: Deleg. Ixtapalapa, Sierra de Sta. Catarina, - 2700 msnm, LS 1102 (MEXU). Opuntia robusta Wendl.
- Loc. 3.- D.F.: Deleg. G. A. Madero, Sierra de Guadalupe, Cerro Chiquihuite, 2260 msnm, LS 980 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 4.- D.F.: Deleg. G. A. Madero, Sierra de Guadalupe, Cerro Petlalcatl, 2600 msnm, 950 (MEXU). Opuntia sp.
- Loc. 5.- Edo. de México: Mpio. Texcoco, Cerro San Lucas, 2169 msnm, LS 1036 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 6.- Edo. de México: Mpio. Atizapán de Zaragoza, Presa de Guadalupe, 2400 msnm, 968 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 7.- Edo. de México: Mpio. Atizapán de Zaragoza, Presa de Guadalupe, 2400 msnm, 969 (MEXU). Opuntia streptacantha Lem.
- Loc. 8.- Edo. de México: Mpio. Tultepec, Cerro la Nopalera, - 2400 msnm, LS 984 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 9.- Edo. de México: Mpio. Tepozotlán, Cerro de la Columna, 2300 msnm, LS 1058 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 10.- Edo. de México: Mpio. San Martín de las Pirámides, Cerro Gordo, 2450 msnm, LS 1393 (MEXU), Opuntia rzedowskii Schen.
- Loc. 11.- Edo. de México: Mpio. San Miguel de Tequixquiac, Cerro San Miguel de Tequixquiac, 2700 msnm, LS 1553 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 12.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Tezontepec, Cerro entre Tenzontepec y Sta. María, 2400 msnm, LS 2001 (MEXU). Opuntia hyptiacantha Web.
- Loc. 13.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Zempoala, cerca de los silos, 2540 msnm, LS 1139 (MEXU). Opuntia robusta Wendl.
- Loc. 14.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Zempoala, Cerro de la Caja de agua, 2680 msnm, LS 1587 (MEXU). Opuntia sp. nov.
- Loc. 15.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Zempoala, Cerro Sta. Mónica, 2750 msnm, LS 1594 (MEXU). Opuntia sp. nov.
- Loc. 16.- Edo. de Hidalgo: Mpio. de Zempoala, Cerro Sta. Mónica, 2750 msnm, LS 1594A (MEXU). Opuntia sp. nov.
- Loc. 17.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Zempoala, Cerro Tecajete, 1450 msnm, LS 1235 (MEXU). Opuntia robusta Wendl.
- Loc. 18.- Edo. de Hidalgo: Mineral de Reforma, 2300 msnm, LS - 1010 (MEXU). Opuntia robusta Wendl.
- Loc. 19.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Pachuca, Cerro Chililete, 2300 msnm, LS 1012 (MEXU). Opuntia robusta Wendl.
- Loc. 20.- Edo. de Hidalgo: Mpio. Pachuca, Cerro del Zopilote, 2560 msnm, LS (MEXU). Opuntia sp. nov.

Fig. 2. Datos de las UTO estudiadas, incluyendo: a) número de UTO, b) localidad, c) altitud sobre el nivel del mar, d) número de colecta, e) nombre de las UTO.

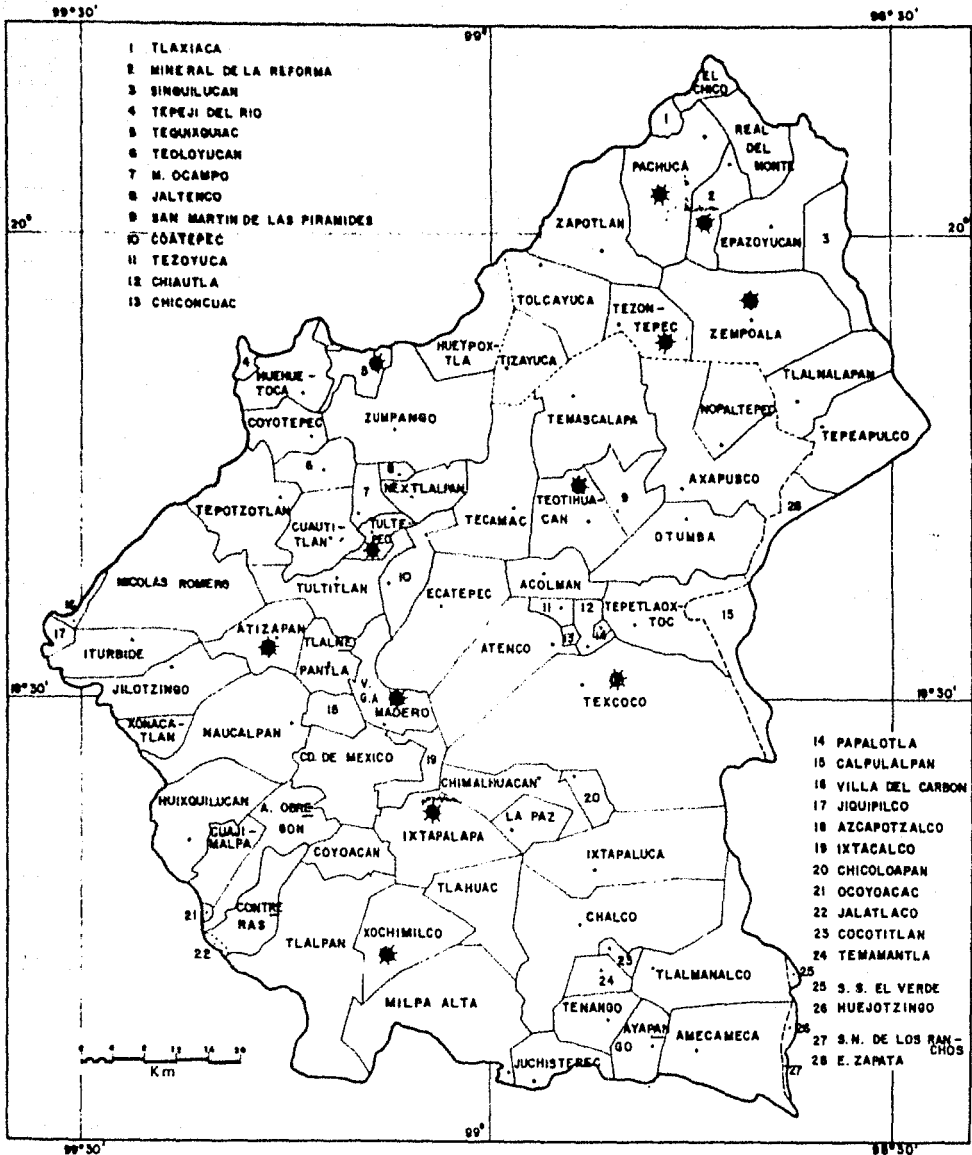


Fig. 3. Localidades de las UTO estudiadas en el presente trabajo.★

## II. Objetivos

Nos propusimos a evaluar los siguientes problemas:

- 1.- Comprobar si el tipo de estomas es específico para cada una de las especies estudiadas.
- 2.- Comprobar si las dimensiones del aparato estomático son constantes en cada una de las especies estudiadas.
- 3.- Comprobar si el hundimiento de los estomas es o no característica específica.
- 4.- Comprobar si el grosor de la cutícula es o no respuesta a condiciones ambientales.
- 5.- Comprobar si el diámetro y forma de los cristales (drusas) existentes en las células subepidérmicas varían o no con las condiciones ambientales.
- 6.- Comprobar si el grosor de la hipodermis está o no relacionado con las condiciones ambientales.

### III. Antecedentes

Las Cactáceas son plantas recientes del Continente Americano, consideradas como muy evolucionadas, con estructuras anatómicas de adaptación altamente especializadas que les imparte una fisonomía particular (Bravo, 1979: 20). La mayoría de las especies de esta familia está adaptada a vivir en condiciones áridas y semiáridas, aunque también se encuentran especies en bosques tropicales y subtropicales, principalmente epifíticas.

En México, según Rzedowski (1959), las zonas áridas y semiáridas abarcan de un 50 a 70% de su territorio. Las plantas ahí ubicadas están sujetas a fuertes presiones del medio ambiente, pudiéndose citar entre otras: luz solar intensa, temperaturas altas y precipitaciones pluviales medias escasas y mal distribuidas.

La acción de este conjunto de factores ambientales ha determinado la formación de modificaciones morfo-fisiológicas que adaptan las Cactáceas al xerofitismo, encontrándose su máxima expresión en el género Opuntia.

Para que las plantas puedan sobrevivir en tan precarias condiciones ecológicas existe una fuerte competencia entre ellas, actuando la selección natural en el sentido de que las más adaptadas sobrevivan. Desarrollándose importantes mecanismos adaptativos, entre los cuales podemos citar: la adquisición de tallos globosos o cilíndricos provistos de surcos o costillas que reducen sobre manera su superficie de transpiración, el desarrollo de suculencia en todos los órganos, la reducción de la superficie de las hojas hasta su total ausencia, el notable desarrollo de capas epidérmicas cerosas y el aumento en grosor de la cutícula y de la membrana de las células epidérmicas.

Como mecanismos para reducir la pérdida de agua se observa en las Cactáceas la formación de gran concentración de mucílagos, así como el desarrollo de cristales de oxalato de calcio en el citoplasma (Bravo, 1937: 34).

En la epidermis se encuentran los estomas cuya función es el intercambio gaseoso de las plantas con la atmósfera. Estos se originan a partir de la protodermis que en todas las Angiospermas, forman por división desigual de una célula precursora, de la cual resultan dos células: una chica u otra grande. La célula chica se divide a su vez en dos células oclusivas que au-

mentan de tamaño mientras que la substancia intercelular que se encuentra entre ellas, hincha y se deshace; de esta manera las células oclusivas se separan formándose así la abertura estomática. Por crecimiento desigual entre las células oclusivas y las células adyacentes, las primeras pueden ser elevadas sobre la superficie, o sumergidas debajo de ella. Las célula más grande originada de la división de la célula precursora, se transforma a su vez en célula epidérmica -- (Roth, 1966: 108).

Trabajos modernos de ecofisiología han señalado, en relación al comportamiento estomático que está relacionado con la exposición de las plantas al viento cargado de vapor de agua. Estos trabajos indican que el mayor o menor hundimiento de los estomas en la epidermis es directamente proporcional a este factor.

Es sabido que entre todos los factores ambientales, el más crítico para la sobrevivencia de las plantas es el agua, Sudzuki (1975: 38) en su importante trabajo ecofisiológico con plantas de zonas áridas dice: "Indudablemente el agua es uno de los factores ambientales más importantes desde el punto de vista del desarrollo del vegetal, y se constituye en el elemento por el cual las plantas compiten. La distribución de la vegetación, al igual que su cultivo sobre la su-

perficie de la tierra, está más determinado por la disponibilidad de agua que por cualquier otro factor. Esto explica que las plantas, para poder vivir o sobrevivir en los diferentes medios xerofíticos presentan diversos mecanismos que les permiten captar el agua indispensable para subsistir. Estos mecanismos son los que dan el sentido de competencia a la comunidad vegetal".

Siendo los mantos freáticos la fuente más importante de agua para las plantas, se observa en general que alrededor de ellos, la vegetación tiende a agruparse. Muchas especies vegetales se adaptan a desarrollar su sistema radicular en extensión y profundidad. Se observa en las Cactáceas la presencia de un notable desarrollo de su sistema radicular, lo que es fundamental en el mecanismo de absorción de agua. Sudzuki (op. cit.: 39) menciona que en relación a recientes estudios realizados en zonas áridas se demuestra que durante los períodos de sequía el sistema radicular se desarrolla mucho más que su copa aérea, pudiendo extenderse lateralmente tanto como el perímetro de su copa aérea; lo que sugiere que el agua buscada no se encuentra únicamente en los mantos freáticos como antes se creía.

Por otro lado, en trabajos anteriores, Sudzuki (1966, - 1967) demuestra que en el Desierto de la Pampa del Tamarugal de Chile, zona extremadamente escasa de lluvia, la humedad - del suelo es incrementada alrededor del sistema radicular de algunas plantas estudiadas, derivada de la humedad relativa del aire que chocando contra la Cordillera Andina durante la noche, al bajar la temperatura se transforma en neblina y en rocío, en cantidad directamente proporcional al horario de más baja temperatura y de mayor apertura estomática. Estas observaciones indican el importante papel que juegan los estomas en el mecanismo de absorción de agua y consecuente adaptación de las plantas al xerofitismo.

La referida autora que inició sus estudios después de - analizar los trabajos de Thamés (1962), Lemée (1961) y Cludley-Thomson & Chadwick (1964), demuestra con sus experimentos que: a) en suelo seco, algunas plantas tienen la capacidad - de incrementar la absorción adicional de agua por sus raíces superficiales, desde que se eleva en ellas un potencial más negativo; b) la absorción adicional de agua es lograda al aumentar el volumen radicular, con el objeto de que haya mayor superficie de absorción. En estas plantas hay mayor presión osmótica que la ejercida por las raíces de plantas comunes, lo que les permite obtener una cantidad extra de agua; c) este mecanismo de absorción de agua está relacionado con el --



funcionamiento de los estomas, esto es: su cierre y apertura están coordinados con el horario de mayor humedad relativa del aire y de menor temperatura ambiental (Sudzuki, 1969).

Revisando la bibliografía sobre taxonomía del género Opuntia relacionada con ecofisiología, para especies de Texas, podemos citar el trabajo de Anthony (1949). Entre los trabajos relacionados con anatomía y morfología de xerófitas en orden cronológico se encuentran los trabajos de: Sax & Sax (1937) sobre tamaño y distribución de los estomas en plantas diploides y poliploides; Martin & Junniper (1970) que estudian la cutícula de plantas xerófitas; Price (1970) que hace un estudio sobre la ultraestructura de los idioblastos en las hojas de la xerófitas: Cercidium floridum.

Entre los trabajos relacionados con problemas de anatomía, morfología y biología de Cactáceas, se destacan los de Ganong (1855) y Bailey (1966) que estudia la importancia de la reducción de los vasos conductores en cactáceas.

El más reciente trabajo de anatomía relacionado con taxonomía de Opuntia fue realizado por Conde (1975). Este botánico analizó la variabilidad del espesor de la cutícula, la pilosidad epidérmica, el tamaño y frecuencia de estomas, espe

sor de la hipodermis, las dimensiones de los vasos y la relativa suculencia en tres Cylindropuntia y dos Opuntia comunes en el sur de los Estados Unidos.

Entre los trabajos de ecofisiología de plantas xerófitas podemos citar: Delf (1912) que estudió la transpiración en -- plantas suculentas; Markle (1917) investigó el sistema radicu-- lar; Killian & Lemée (1956) que analizaron la economía de agua en plantas xerófitas.

En el campo de la ecofisiología de Cactáceas, podemos ci-- tar los trabajos de: Preston (1900) hizo observaciones sobre su sistema radicular; Bédélian (1911) hizo estudios anatómi-- cos relacionándolos con la adaptación a climas secos; Lee & -- Priestly (1924) investigaron la cutícula, su estructura, dis-- tribución y función; Penfound (1931) estudió la anatomía de -- plantas como respuesta a la intensidad de luz, y a la humedad del suelo; Skoss (1955), analizó la estructura y composición -- de la cutícula en relación a factores ambientales, así como -- la permeabilidad y Soule & Lowe (1970) investigaron las caracte-- rísticas osmóticas de los fluidos en el sahuaro gigante -- (Carnegieae gigantea).

#### IV. Material y Método

La metodología empleada en el presente trabajo fue:

- 1.- Selección del material analizado; 2.- Elaboración de cortes anatómicos; 3.- Medición de las estructuras epidérmicas; 4.- Elaboración de un programa para la computadora; 5.- Representación de los resultados en gráficas; 6.- Revisión de datos relacionados con las condiciones climáticas en las localidades estudiadas.

##### 1.- Selección del material analizado

Se seleccionaron algunas especies de Opuntia que se encuentran en el Valle de México. La selección del material se hizo en base a las colectas realizadas en esta región por L. Scheinvar entre 1973 y 1977. El material está preservado en los herbarios: MEXU y ENCB (fig. 1) - Otra parte del material traído del campo se encuentra sembrado en el Jardín Botánico Exterior de la U.N.A.M. Se efectuaron algunas salidas personales al campo con el propósito de volver a coleccionar material y observar las condiciones ecológicas existentes en el área de distribución de las especies en estudio.

## 2.- Elaboración de cortes anatómicos

Se elaboraron cortes anatómicos longitudinales y transversales en la epidermis de cada especie. Para este propósito se seleccionaron ejemplares adultos de cada especie en las distintas localidades seleccionadas con el objeto de contar con características anato-morfológicas totalmente desarrolladas.

Se hicieron cortes en ambos lados de los artículos y a digtintos niveles de cada uno de los ejemplares.

El estudio anatómico fue desarrollado en el Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico Exterior de la UNAM., y en el Laboratorio de Anatomía Vegetal del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura (Chapingo).

En la elaboración de los cortes anatómicos transversales - se utilizó el microtomo para inclusiones en parafina y los cortes anatómicos longitudinales se realizaron a mano alzada empleándose hojas de afeitar.

Para la tinción y montaje de los cortes anatómicos longitudinales se empleó la siguiente técnica:

- a) Se seleccionaron los cortes más completos y delgados, - macerándolos con ácido acético glacial durante diez minutos, con el objeto de eliminar gran parte del mucílagos existente en el material.

- b) Se pasaron los cortes a una solución acuosa de safrana durante tres minutos, para la observación de la cutícula (ésta se tiñe de anaranjado).
- c) Para eliminar el exceso de colorante, los cortes fueron lavados con agua destilada y alcohol a 70%.
- d) Para la observación de las paredes celulósicas, los cortes fueron colocados en una solución de verde luz durante tres minutos (ésta se tiñe de verde).
- e) Con el objeto de eliminar el exceso de colorante, los cortes fueron lavados con agua destilada.
- f) Para la observación de la membrana celular se pasó el material a una solución de Sudán III durante tres minutos (ésta se tiñe de anaranjado).
- g) Para el montaje de las preparaciones se usó gelatina glicerinada.
- h) Se sellaron las preparaciones con barniz de uñas.  
Para la tinción de los cortes anatómicos transversales se empleó la siguiente técnica, la cual no se ajusta a las técnicas tradicionales, Johansen (1940).
  - a) Para la deshidratación y diafanización del material se utilizó un cambiador automático. Este aparato - deshidrata el material sucesiva y automáticamente;

para este propósito se usó la serie de alcoholes: 50%; 70%; 96%; 96%; 100%; 100%. Posteriormente, para su diafanización los cortes fueron colocados en una mezcla de alcohol-xilol al 50% cada uno, pa sándolos después tres veces en xilol absoluto.

b) Inclusión del material en parafina:

Se utilizó una mezcla de parafina corriente y fina. Con el objeto de que al solidificarse la parafina - adquiriera la consistencia necesaria, esta fue depo sitada en estado líquido en pequeñas charolas donde inmediatamente se colocó el material a ser incluido.

c) Se cortaron cubos de parafina con el material inclu do. Estos cubos fueron fijados sobre pequeñas bases de madera con el objeto de que al usar el microtomo no se fragmentara.

d) Se hicieron cortes anatómicos de 10 micras de grosor, pasándolos a portaobjetos. Estos fueron secados en - la estufa eléctrica durante veinte minutos, lo que im pidió que el material incluido se doblara.

e) Desparafinación e hidratación de los cortes:

Para eliminar la parafina, los cortes fueron pasados tres veces por xilol absoluto y para su hidratación se usó la serie de alcohol: 96%; 70%; 50%. Para la tinción de los cortes anatómicos transversales se em pleó la siguiente técnica:

- a) Los cortes anatómicos colocados en portaobjetos se introdujeron durante tres minutos en cristalizadores que contenían una solución alcohólica de safranina al 50%, el xilema se tiñe de rojo. Después se pasó a una solución alcohólica de verde fijo al 95-96% durante tres minutos, el floema se tiñe de azul.
- b) Se lavó el material. Para este propósito se usó la serie de alcoholes: 50%; 70%; 96%; 100%; 100%. Cuando los cortes llegaron al primer alcohol de 100%, se volvieron a colorear con la solución de verde fijo, con el objeto de resaltar el color azul del floema. Los cortes fueron lavados con alcohol para eliminar el exceso de colorante.
- c) Se colocaron sobre una superficie plana los cortes ya teñidos sobre portaobjetos, y sobre éstos se colocó una gota de resina sintética e inmediatamente se les cubrió con cubre objetos.

### 3.- Medición de las estructuras epidérmicas

La medición de las estructuras epidérmicas se hizo en micras, usándose un microscopio maraca Olympus, con un factor de corrección de 3.6.

Elaboración de fotomicrografías de los cortes anatómicos longitudinales y transversales:

Se elaboraron fotomicrografías (X400) de los cortes anatómicos longitudinales y transversales, las cuales nos permitieron un mejor análisis y comparación entre las diferentes estructuras epidérmicas estudiadas.

4.- Elaboración de dibujos del aparato estomático con cámara lúcida marca zeiss (X400):

Se hicieron dibujos de la parte externa del aparato estomático utilizando una cámara lúcida.

5.- Elaboración de un programa

El programa comprendió:

- a) Impresión de matrices básicas con los datos obtenidos de las seis características anatómicas estudiadas, con diez repeticiones de las medidas tomadas en cada UTO (figs. 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B) y el cálculo de las siguientes técnicas bioestadísticas de cada una de las características anatómicas.
- b) Cálculo de los valores máximos en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad (fig. 7).
- c) Cálculo de los valores mínimos en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad (fig. 8).



- d) Cálculo de los promedios en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad (fig. 9).
- e) Cálculo de la desviación standard en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad (fig. 10).
- f) Cálculo del coeficiente de correlación del producto-momento de Pearson entre los promedios de las seis características anatómicas de las UTO estudiadas (fig. 11).

Las técnicas bioestadísticas empleadas tuvieron dos objetivos:

- 1° Analizar la variación de cada característica en la UTO en cada una de las localidades estudiadas.
- 2° Analizar la variación de cada característica entre las veinte localidades consideradas, esto es, la variación de cada UTO en relación a las demás.

6.- Representación de la matriz de los coeficientes de correlación de los promedios entre las veinte localidades estudiadas

La matriz triangular con los coeficientes de correlación de los promedios entre las veinte localidades estudiadas, dió origen a la formación de 7 grupos de UTO, que están representados en una matriz de sombreado diferente (Sokal & Sneath, 1963: 176-179).

Este método consiste en la adaptación de un sistema de -  
agrupamiento de los coeficientes de correlación de 6 cla  
ses arregladas en orden de magnitud y representada cada  
una de ellas, por grado diferente de sombreado, los valo  
res más altos presentan un sombreado más oscuro y los -  
más bajos por un sombreado más claro. Las UTO fueron des  
pués reagrupadas (Robinson, 1951) buscando que cerca de  
la diagonal quedaran los cuadros más oscuros, Las UTO -  
contiguas tienen una relación más cerca entre si.

La matriz fue reflejada obteniéndose una matriz cuadrada  
(fig. 12).

CARACTERISTICA 1 - LONGITUD DE LOS ESTOMAS

Loc.	1	46	46	46	46	46	50	46	50	50	46
2	54	54	50	50	54	46	50	50	50	50	50
3	46	46	54	54	50	54	46	54	50	46	
4	50	50	50	50	54	54	54	46	54	54	
5	54	54	54	54	54	54	50	54	54	54	
6	54	54	57	54	57	57	54	54	54	57	
7	36	36	36	36	32	25	21	36	25	18	
8	54	54	54	54	54	54	57	57	57	57	
9	54	57	54	57	54	54	54	57	57	57	
10	46	46	46	50	46	50	46	50	50	50	
11	61	54	61	61	61	61	64	64	57	61	
12	46	46	54	54	54	54	54	54	54	54	
13	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
14	54	50	54	54	54	54	46	57	57	57	
15	54	54	50	54	57	57	54	50	54	54	
16	50	54	54	54	50	50	54	54	50	54	
17	50	57	54	54	54	54	54	54	54	54	
18	57	57	57	57	61	57	61	54	57	57	
19	54	57	54	54	54	54	54	54	54	43	
20	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	

A

CARACTERISTICA 2 - ANCHO DE LOS ESTOMAS

Loc.	1	32	32	28	32	32	39	32	26	32	32
2	32	36	32	36	36	36	36	36	36	36	36
3	25	32	36	25	36	36	32	36	25	25	
4	32	32	32	36	32	32	36	32	28	32	
5	32	36	36	36	36	32	36	36	32	32	
6	32	32	32	36	32	32	32	32	32	32	
7	25	36	36	18	46	46	43	46	46	43	
8	32	32	32	32	36	36	28	36	32	32	
9	36	36	36	36	36	28	32	28	32	36	
10	28	28	28	32	28	32	28	28	32	32	
11	32	28	32	28	32	32	28	28	32	32	
12	32	32	32	36	32	32	36	36	36	32	
13	39	36	36	36	36	32	36	43	36	36	
14	39	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
15	36	36	36	36	39	36	36	36	36	36	
16	39	32	43	32	32	36	36	36	32	36	
17	36	39	32	32	43	32	32	32	36	36	
18	36	36	36	36	36	32	36	39	36	32	
19	28	28	28	28	28	32	28	28	28	28	
20	32	32	32	32	28	32	32	32	32	29	

B

1  
22  
1

Fig. 4A,B. Matriz con datos en micras. A: longitud de estomas. B: ancho de estomas.

**CARACTERISTICA 3 - HUNDIMIENTO DE LOS ESTOMAS**

Loc.	1	10	J2	36	36	36	36	36	36	36	36
2	25	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
3	36	36	28	43	36	36	36	32	36	36	
4	32	36	36	36	36	36	36	28	36	36	
5	36	36	36	36	36	36	43	43	54	50	
6	28	36	36	36	36	36	36	39	32	36	
7	46	43	39	39	36	36	54	54	54	54	
8	43	43	36	46	39	39	39	36	39	39	
9	32	36	36	36	39	36	39	36	46	39	
10	7	7	9	10	7	10	14	7	7	7	
11	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
12	36	36	28	36	36	36	36	32	32	32	
13	25	25	28	28	25	28	28	25	25	25	
14	21	21	21	18	21	18	18	18	18	18	
15	21	18	18	18	18	18	18	21	18	18	
16	18	18	21	18	21	18	18	21	18	18	
17	18	18	18	18	21	18	18	18	18	18	
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
19	18	18	21	18	18	18	18	18	18	18	
20	32	18	18	18	18	18	18	18	18	18	

A

**CARACTERISTICA 4 - GROSOR DE LA CUTICULA**

Loc.	1	18	16	18	21	25	14	18	18	25	18
2	14	18	21	25	14	25	28	32	28	32	
3	28	32	39	50	36	39	32	50	32	32	
4	36	25	25	25	36	25	28	36	25	36	
5	32	25	36	39	25	21	25	39	25	32	
6	36	25	28	28	25	39	21	21	18	25	
7	54	54	54	54	54	54	36	36	36	36	
8	25	18	21	21	21	28	25	25	21	21	
9	21	25	28	25	36	25	25	43	28	18	
10	10	14	14	10	14	18	14	10	14	14	
11	18	28	18	25	25	18	21	25	21	28	
12	25	25	28	36	36	28	25	28	36	43	
13	21	25	18	18	28	28	18	25	21	18	
14	10	10	13	13	10	10	13	13	10	13	
15	13	13	10	13	13	7	13	13	10	13	
16	7	13	13	7	13	10	10	10	13	7	
17	13	18	18	21	28	18	28	28	25	18	
18	18	13	18	21	21	18	18	18	18	18	
19	13	13	21	25	13	18	13	21	21	18	
20	18	10	13	10	13	10	13	13	21	13	

B

Fig. 5A,B. Matriz con datos en micras. A: hundimiento de los estomas.  
B: grosor de la cutícula en las 20 localidades estudiadas.

CARACTERISTICA 5 - DIAMETRO DE CRISTALES											
Loc. 1	36	50	46	50	39	43	46	36	39	36	
2	46	28	43	39	36	39	36	50	32	32	
3	50	39	43	36	50	50	54	54	39	36	
4	43	43	39	36	36	43	36	39	36	39	
5	39	36	36	36	39	39	39	39	36	36	
6	39	46	36	39	36	39	43	39	46	43	
7	36	32	32	36	32	32	32	36	36	36	
8	39	43	36	36	50	36	36	39	43	36	
9	32	36	43	43	36	36	39	39	46	32	
10	46	50	39	28	28	36	43	32	43	39	
11	32	32	32	32	32	36	43	54	54	46	
12	43	43	36	36	46	25	32	36	39	32	
13	32	32	32	32	32	36	43	54	54	46	
14	36	36	36	39	36	47	54	54	39	36	
15	36	32	32	28	39	36	28	36	32	36	
16	39	46	36	39	36	43	46	39	46	46	
17	54	43	54	36	39	46	46	43	46	39	
18	39	46	39	39	43	36	36	39	46	39	
19	61	50	36	43	36	57	61	50	36	46	
20	18	39	36	36	36	32	36	32	36	36	

A

CARACTERISTICA 6 - GROSOR DE LA HIPODERMIS											
Loc. 1	162	144	144	144	101	90	108	133	114	133	
2	144	151	147	144	147	126	144	144	144	158	
3	108	108	108	122	108	108	108	108	108	126	
4	139	234	270	234	234	152	198	187	190	180	
5	108	108	108	104	108	97	108	108	108	115	
6	108	108	108	126	90	108	108	104	100	108	
7	108	108	108	108	108	100	108	111	100	108	
8	100	111	108	108	108	104	108	108	108	108	
9	108	97	104	97	97	108	108	108	108	104	
10	115	129	126	111	122	126	122	122	108	115	
11	108	111	108	100	100	97	129	111	97	104	
12	99	82	86	99	72	90	108	86	90	90	
13	144	126	162	129	144	126	169	162	169	144	
14	128	108	128	115	126	115	108	126	126	126	
15	126	144	133	133	144	133	126	133	144	144	
16	144	126	126	108	115	115	133	126	126	128	
17	144	133	126	133	151	144	126	126	151	126	
18	180	162	180	162	158	169	126	162	144	169	
19	144	154	144	162	144	151	151	134	144	144	
20	136	139	129	115	108	108	108	126	115	126	

B

Fig. 6A,B. Matriz con datos en micras. A: Diámetro de los cristales.  
B: grosor de la hipodermis en las 20 localidades estudiadas.

MATRIZ DE VALORES MÁXIMOS (EN MICRAS)

CARACT.	1	2	3	4	5	6
LOC. 1*	50	39	36	25	50	102
LOC. 2*	54	36	25	32	50	152
LOC. 3*	54	36	43	50	54	126
LOC. 4*	54	36	36	36	43	270
LOC. 5*	54	36	54	39	39	115
LOC. 6*	57	36	39	39	46	126
LOC. 7*	36	46	108	54	36	111
LOC. 8*	57	36	46	28	50	111
LOC. 9*	57	36	46	43	46	102
LOC. 10*	50	32	14	18	50	129
LOC. 11*	61	32	37	28	54	129
LOC. 12*	54	36	36	43	46	102
LOC. 13*	55	43	28	28	54	169
LOC. 14*	57	39	21	13	54	129
LOC. 15*	57	39	21	13	39	114
LOC. 16*	54	43	21	13	46	144
LOC. 17*	57	43	21	28	54	151
LOC. 18*	61	39	19	21	46	129
LOC. 19*	57	32	21	25	61	102
LOC. 20*	56	39	32	21	39	139

Fig. 7 . Matriz de los valores máximos en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad.

MATRIZ DE VALORES MÍNIMOS (EN MICRAS)  
 =====

CARACT .	1	2	3	4	5	6
LCC. 1*	46	28	32	14	36	90
LCC. 2*	46	32	18	14	28	126
LCC. 3*	46	25	28	28	36	108
LCC. 4*	46	28	28	25	36	39
LCC. 5*	50	32	36	21	36	97
LCC. 6*	54	32	28	18	36	90
LCC. 7*	19	18	39	36	32	36
LCC. 8*	54	28	36	18	36	100
LCC. 9*	54	28	32	18	32	97
LCC. 10*	46	28	7	10	28	108
LCC. 11*	54	28	36	18	32	97
LCC. 12*	46	32	28	25	25	72
LCC. 13*	54	32	25	18	32	126
LCC. 14*	46	36	18	10	36	108
LCC. 15*	50	36	18	7	28	126
LCC. 16*	50	32	18	7	36	108
LCC. 17*	50	32	18	13	36	126
LCC. 18*	54	32	17	13	36	126
LCC. 19*	43	28	18	13	36	134
LCC. 20*	54	28	18	10	18	36

Fig. 8 . Matriz de los valores mínimos en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad.

MATRIZ DE PROMEDIOS (EN MICRAS)

CARACT.	1	2	3	4	5	6
LCC. 1*	47.0	32.0	35.0	19.0	42.0	127.0
LCC. 2*	50.0	35.0	18.0	23.0	38.0	144.0
LCC. 3*	50.0	30.0	35.0	37.0	45.0	111.0
LCC. 4*	51.0	32.0	34.0	29.0	39.0	191.0
LCC. 5*	53.0	34.0	40.0	29.0	37.0	107.0
LCC. 6*	55.0	32.0	35.0	26.0	40.0	106.0
LCC. 7*	30.0	38.0	59.0	46.0	34.0	92.0
LCC. 8*	55.0	32.0	39.0	22.0	39.0	107.0
LCC. 9*	55.0	33.0	37.0	27.0	38.0	103.0
LCC. 10*	48.0	29.0	8.0	13.0	38.0	119.0
LCC. 11*	60.0	30.0	36.0	22.0	39.0	106.0
LCC. 12*	52.0	33.0	32.0	31.0	36.0	90.0
LCC. 13*	54.0	36.0	26.0	22.0	39.0	147.0
LCC. 14*	53.0	36.0	19.0	11.0	41.0	120.0
LCC. 15*	53.0	36.0	17.0	11.0	33.0	136.0
LCC. 16*	52.0	35.0	17.0	10.0	41.0	124.0
LCC. 17*	53.0	35.0	18.0	21.0	40.0	136.0
LCC. 18*	57.0	35.0	18.0	18.0	40.0	161.0
LCC. 19*	53.0	29.0	18.0	17.0	47.0	147.0
LCC. 20*	54.0	32.0	19.0	13.0	33.0	111.0

Fig.9 . Matriz de promedios en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad.



MATRIZ DE DESVIACION STANDARD  
 =====

CARACT.	1	2	3	4	5	6
LOC. 1*	1,732	2,828	1,000	3,464	5,568	22,935
LOC. 2*	2,449	1,414	2,236	6,708	6,782	8,000
LOC. 3*	3,742	5,196	3,742	7,616	7,211	6,782
LOC. 4*	2,646	2,236	2,646	5,477	3,000	63,765
LOC. 5*	1,000	2,000	6,708	6,557	1,414	4,472
LOC. 6*	1,414	1,000	3,000	6,557	3,606	8,888
LOC. 7*	7,141	9,849	26,058	9,274	2,000	29,803
LOC. 8*	1,414	2,449	3,162	3,000	4,583	3,000
LOC. 9*	1,414	3,317	3,606	7,211	4,690	5,000
LOC. 10*	2,000	2,000	2,236	2,449	7,416	6,928
LOC. 11*	3,000	2,000	1,000	4,000	9,220	9,849
LOC. 12*	3,317	2,000	2,028	6,245	6,245	10,000
LOC. 13*	0,000	2,646	1,414	4,123	9,220	17,146
LOC. 14*	3,317	1,000	1,414	1,414	7,483	8,185
LOC. 15*	2,236	1,000	1,000	2,000	3,606	7,348
LOC. 16*	2,000	3,606	1,414	2,646	4,243	10,149
LOC. 17*	1,414	3,742	1,000	5,385	6,000	10,488
LOC. 18*	2,000	2,000	0,000	2,000	3,606	16,248
LOC. 19*	3,606	1,000	1,000	4,359	9,899	7,554
LOC. 20*	0,000	2,646	4,359	3,464	5,831	28,355

Fig.10. Matriz de la desviación standard en micras, de cada una de las características anatómicas en cada localidad.



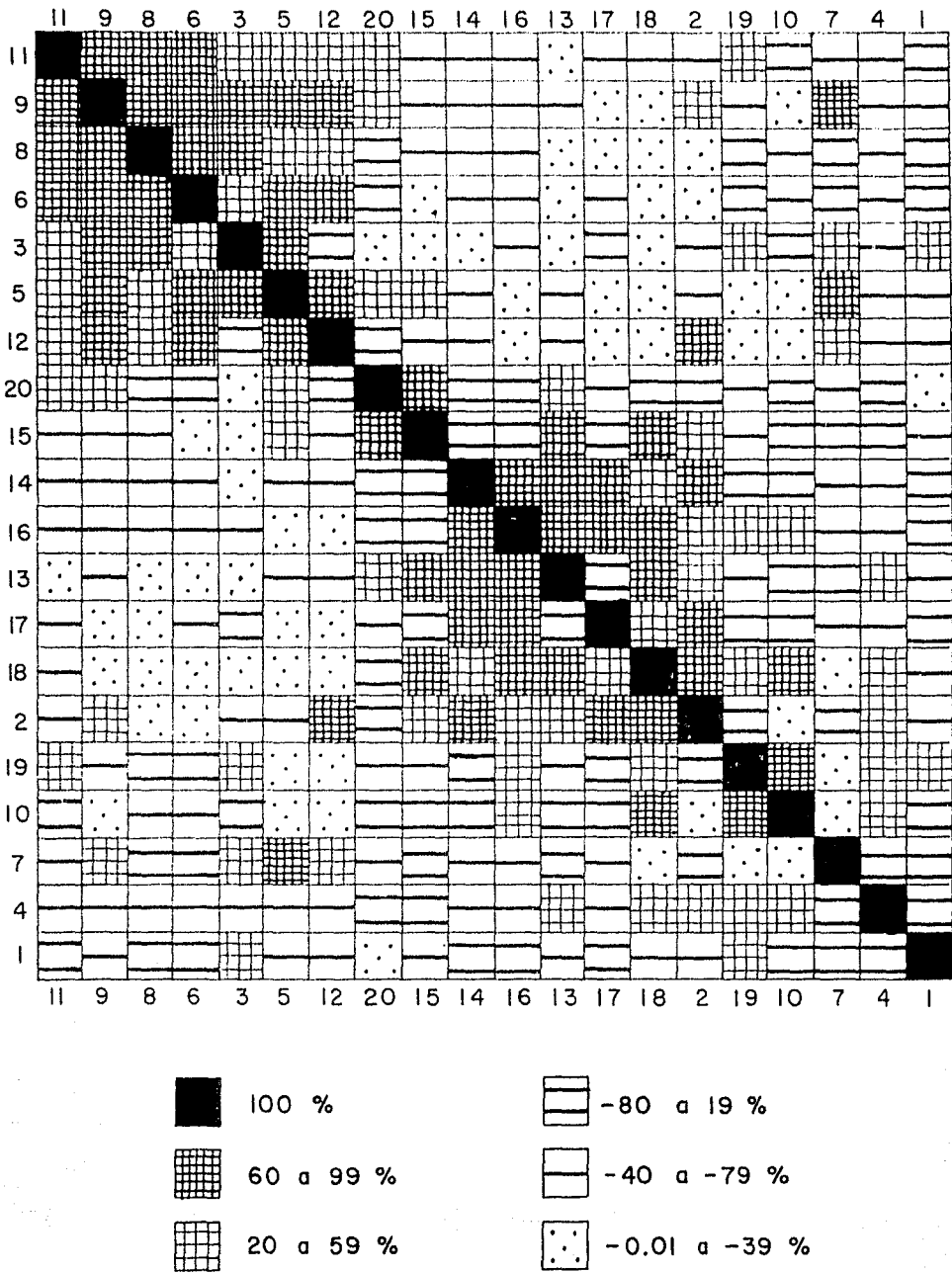


Fig.12 . Gráfica representativa del agrupamiento de las UTO estudiadas, arregladas en orden relativo de magnitud de correlación.

### V. Clima

El Valle de México se encuentra al sur del paralelo 20°N dentro de la zona tropical, y debido a su gran altitud sobre el nivel del mar (2000 a 2900 m) hace que presente características de países templados (García, 1978: 17).

La presencia de gran número de cerros de origen volcánico que pertenecen al eje volcánico transversal influye grandemente en la temperatura, precipitación y circulación atmosférica. Este último factor está relacionado con los vientos - alisios cargados de humedad procedentes de la costa del Atlántico y de los vientos secos que vienen del oeste. La suma de todos estos factores explica la existencia de diversos subtipos climáticos.

García (op. cit.) estudiando los climas del Valle de México aplica y modifica los tipos del sistema de clasificación de Koeppen, creando subtipos.

Nosotros no hemos hecho estudios climáticos y nos basamos en el trabajo arriba mencionado para la definición de los subtipos de climas en las localidades donde se colectaron las plantas del presente estudio.

Es sabido que en cada localidad, además del macroclima - imperante, cada comunidad vegetal y cada individuo de esta comunidad está subordinado a su microclima, entendiéndose por - microclima, el clima local afectado por la condición de relieve, exposición, pendiente, etc., y a menudo por la vegetación misma (Rzedowski, 1978: 391).

Para las fórmulas indicadoras de los subtipos de clima - del Valle de México, E. García utiliza los siguientes signos y letras:

- C templado subhúmedo, con lluvias en verano;
- w régimen de lluvias en verano: por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco;
- (w) con porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la total anual;
- C(w0) el mes más seco de los subhúmedos con lluvias en verano y con cociente P/T menor que 43.2;
- C(w1) subhúmedo, con lluvias en verano, intermedio entre el C(w0) y C(w2) con cociente P/T entre 43.2 y 55.0;
- C(w2) el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano y cociente P/T mayor que 55.0;
- b templado con verano fresco largo, temperatura media anual entre 12° y 18° C, y temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22° C;

- b' semifrio con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5° y 12° C, temperatura media del mes más frio entre -3° y 18° C, temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22° C;
  - i isothermal, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor de 5° C;
  - i' con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales (entre 5° y 7° C);
  - k templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12° y 18° C, temperatura media del mes más frio entre -3° y 15° C, y temperatura media del mes más caliente;
- BS1 semiseco, con cociente P/T mayor de 22.9.

Los subtipos climáticos de las veinte localidades estudiadas son expresados por las siguientes fórmulas (Fig. 13).

- |  |                |
|--|----------------|
| 1.- Xochimilco, Cerro Tecanco              | C(w2) (w)b'i   |
| 2.- Ixtapalapa, Sierra de Sta. Catarina    | C(w0) (w)b(i') |
| 3.- Sierra de Guadalupe, Cerro Chiquihuite | BSlkw(w) (i')  |
| 4.- Sierra de Guadalupe, Cerro Petlalcatl  | BSlkw(w) (i')  |
| 5.- Texcoco, Cerro San Lucas               | C(w1) (w)b(i') |
| 6.- Presa de Guadalupe                     | C(w1) (w)b(i') |
| 7.- Presa de Guadalupe                     | C(w1) (w)b(i') |
| 8.- Tultepec, Cerro la Nopalera            | C(w0) (w)b(i') |
| 9.- Tepozotlán, Cerro de la Columna        | C(w0) (w)b(i') |
| 10.- Teotihuacán, Cerro Gordo              | BSlkw(w) (i')  |

- |  |               |
|--|---------------|
| 11.- San Miguel Tequixquiac, Cerro San Miguel<br>Tequixquiac | C(w1)(w)b(i') |
| 12.- Tezontepec  | BS1kw(w)(i')  |
| 13.- Zempoala, cerca de los silos                            | C(w0)(w)b(i') |
| 14.- Zempoala, Cerro de la Caja de agua                      | C(w0)(w)b(i') |
| 15.- Zempoala, Cerro Sta. Mónica                             | C(w0)(w)b(i') |
| 16.- Zempoala, Cerro Sta. Mónica                             | C(w0)(w)b(i') |
| 17.- Zempoala, Cerro Tecajete                                | C(w0)(w)b(i') |
| 18.- Mineral de Reforma                                      | BS1kw(w)(i')  |
| 19.- Pachuca, Cerro Chililete                                | BS1kw(w)(i')  |
| 20.- Pachuca, Cerro del Zopilote                             | BS1kw(w)(i')  |

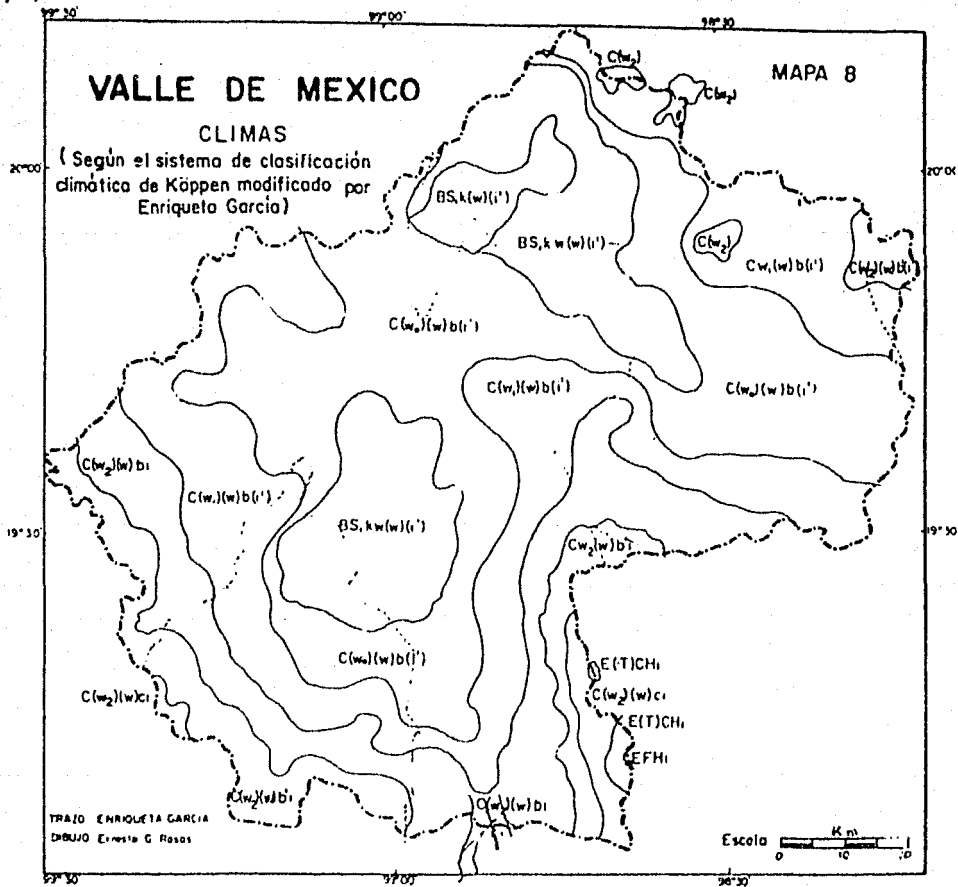


Fig. 13. Mapa de Climas del Valle de México (E. García, 1964).



## VI. Análisis de los resultados

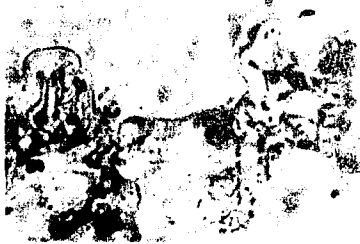
En la gráfica (fig. 12) se observa que las UTO se agrupan según sus mayores afinidades formando 7 grupos. Analizando -- los resultados obtenidos dentro de cada grupo, tenemos:

Las UTO 11, 9, 8, 6, 3, 5, 12 que forman un grupo (figs. 14 y 15) que taxonómicamente fue identificado por L. Scheinvar como correspondientes a la Opuntia hyptiacantha Web. Esta especie tiene amplia distribución en el Valle de México. Se le encuentra en el Estado de México en los Municipios de Tultepec, Tepozotlán, San Miguel Tequixquiac, Atizapán de Zaragoza y Texcoco. En el Estado de Hidalgo se encuentra en el Municipio de Tezontepec. En el D.F., se localiza en la Delegación Gustavo A. Madero. Fuera del Valle de México, se extiende hacia el - Centro de la República.

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observemos:

### 1.- Longitud de estomas

La longitud de los estomas se encuentra entre el rango de 46 y 64 micras. Entretanto se observa que el valor 54 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19A).



UTO 11: M.

UTO 11: K.



UTO 9: L.

UTO 6: H.

Fig. 14. Cortes transversales y longitudinales de la epidermis (X400). Grupo I: UTO 11: M (*O. hyptiacantha* Web. Cerro San Miguel de Tequixquiac, San Miguel de Tequixquiac), UTO 9: L (*O. hyptiacantha* Web. Cerro de la Columna, Tepozotlán), UTO 8: K (*O. hyptiacantha* Web. Cerro La Nopalera, Tlaxtepec), UTO 6: H (*O. hyptiacantha* Web. Presa de Guadalupe, Atizapán de Zaragoza).

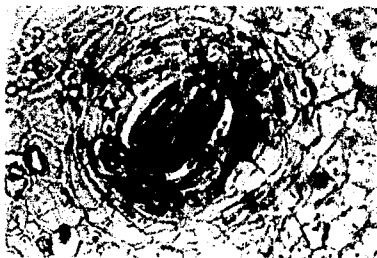
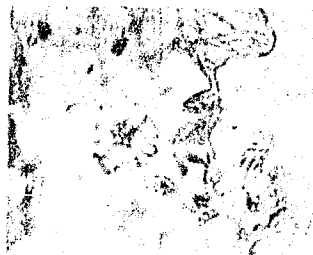


Fig. 15 . Cortes transversales y longitudinales de la epidermis (X400).  
Grupo I: UTO 3; R(Q. lyptiacantha Web. Cerro Chiquihuite, Sierra de Guadalupe). UTO 5; P(Q. lyptiacantha Web. Cerro San Lucas, Texcoco).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
11	64 $\mu$	2	20	61 $\mu$	6	60	54 $\mu$	2	20	10	100	3.0	
9	57 $\mu$	5	50	-	-	-	54 $\mu$	5	50	10	100	1.4	
6	57 $\mu$	4	40	-	-	-	54 $\mu$	6	60	10	100	1.4	
3	54 $\mu$	4	40	50 $\mu$	2	20	46 $\mu$	4	40	10	100	1.4	
5	54 $\mu$	9	90	-	-	-	50 $\mu$	1	10	10	100	1.0	
12	54 $\mu$	8	80	-	-	-	46 $\mu$	2	20	10	100	3.3	

### 2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas se encuentra entre el rango de 25 y 36 micras. Entretanto se observa que el valor 32 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en la (fig. 19B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
11	32 $\mu$	6	60	-	-	-	28 $\mu$	4	40	10	100	2.0	
9	36 $\mu$	6	60	32 $\mu$	2	20	28 $\mu$	2	20	10	100	3.3	
8	36 $\mu$	3	30	32 $\mu$	6	60	28 $\mu$	1	10	10	100	2.4	
6	36 $\mu$	1	10	-	-	-	32 $\mu$	9	90	10	100	1.0	
3	36 $\mu$	4	40	32 $\mu$	2	20	25 $\mu$	4	40	10	100	3.7	
5	36 $\mu$	6	60	-	-	-	32 $\mu$	6	60	10	100	2.0	
12	36 $\mu$	4	40	-	-	-	32 $\mu$	6	60	10	100	2.0	

### 3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas se encuentra entre el rango de 28 y 54 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
11	36 $\mu$	10	100	-	-	-	-	-	-	10	100	0.0	
9	46 $\mu$	1	10	39 $\mu$	3	30	32 $\mu$	1	10	10	100	3.6	
				36 $\mu$	5	50							
8	46 $\mu$	1	10	43 $\mu$	2	20	36 $\mu$	2	20	10	100	3.1	
				39 $\mu$	5	50							
6	39 $\mu$	1	10	36 $\mu$	7	70	28 $\mu$	2	20	10	100	3.0	
3	43 $\mu$	1	10	36 $\mu$	7	70	28 $\mu$	2	20	10	100	3.7	
5	54 $\mu$	1	10	50 $\mu$	1	10	36 $\mu$	8	80	10	100	6.7	
12	36 $\mu$	6	60	32 $\mu$	3	30	28 $\mu$	1	10	10	100	2.3	

#### 4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula se encuentra entre el rango de 18 y 43 micras. Entretanto se observa que el valor 25 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
11	28 u	2	20	25 $\mu$	3	30	18 $\mu$	3	30	10	100	4.0	
				21 $\mu$	2	20							
9	43 u	1	10	28 $\mu$	3	30	18 $\mu$	1	10	10	100	7.2	
				25 $\mu$	4	40							
				21 $\mu$	5	50							
6	39 u	1	10	36 $\mu$	1	10	18 $\mu$	1	10	10	100	6.5	
				28 $\mu$	2	20							
				25 $\mu$	3	30							
				21 $\mu$	2	20							
3	50 u	2	20	39 $\mu$	2	20	28 $\mu$	1	10	10	100	7.6	
				36 u	1	10							
				32 $\mu$	4	40							
5	39 u	2	20	36 $\mu$	1	10	21 $\mu$	1	10	10	100	6.5	
				32 $\mu$	2	20							
				25 $\mu$	4	40							
12	43 u	1	10	36 $\mu$	3	30	25 $\mu$	3	30	10	100	6.3	
				28 $\mu$	3	30							

5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales se encuentra entre el rango de 25 y 54 micras. Entretanto se observa que el valor - de 36 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
11	54 $\mu$	2	20	46 $\mu$	1	10	32 $\mu$	5	50	10	100	9.2	
				43 $\mu$	1	10							
				36 $\mu$	1	10							
9	46 $\mu$	1	10	43 $\mu$	2	20	32 $\mu$	2	20	10	100	4.6	
				39 $\mu$	2	20							
				36 $\mu$	3	30							
8	50 $\mu$	1	10	43 $\mu$	2	20	36 $\mu$	5	50	10	100	4.5	
				39 $\mu$	2	20							
6	46 $\mu$	2	20	43 $\mu$	2	20	36 $\mu$	2	20	10	100	3.6	
				39 $\mu$	6	60							
3	54 $\mu$	2	20	50 $\mu$	3	30	36 $\mu$	2	20	10	100	7.2	
				43 $\mu$	1	10							
				39 $\mu$	2	20							
5	39 $\mu$	5	50	-	-	-	36 $\mu$	5	50	10	100	1.4	
12	46 $\mu$	1	10	43 $\mu$	2	20	25 $\mu$	1	10	10	100	6.2	
				39 $\mu$	1	10							
				36 $\mu$	3	30							
				32 $\mu$	2	20							

6.- Grosor de hipodermis

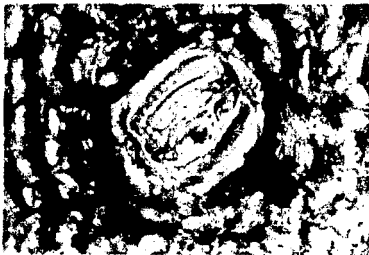
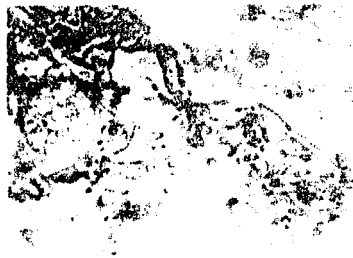
El grosor de la hipodermis se encuentra entre el rango de 72 y 129 micras. Entretanto se observa que el valor 108 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se in dica a continuación y en el histograma (fig. 21B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv.stand.
11	129 $\mu$	1		10 115 $\mu$	1	10	97 $\mu$	2	20	10	100	9.8	
				111 $\mu$	1	10							
				108 $\mu$	3	30							
				104 $\mu$	1	10							
				100 $\mu$	1	10							
9	108 $\mu$	5	50	102 $\mu$	2	20	97 $\mu$	3	30	10	100	5.0	
8	111 $\mu$	1	10	108 $\mu$	7	70	100 $\mu$	1	10	10	100	3.0	
				104 $\mu$	1	10							
6	126 $\mu$	1	10	108 $\mu$	6	60	90 $\mu$	1	10	10	100	8.8	
				104 $\mu$	1	10							
				100 $\mu$	1	10							
3	126 $\mu$	1	10	122 $\mu$	1	10	108 $\mu$	8	80	10	100	6.7	
5	115 $\mu$	1	10	108 $\mu$	8	80	97 $\mu$	1	10	10	100	4.4	
12	108 $\mu$	1	10	99 $\mu$	2	20	72 $\mu$	1	10	10	100	10.0	
				90 $\mu$	3	30							
				86 $\mu$	2	20							
				82 $\mu$	1	10							

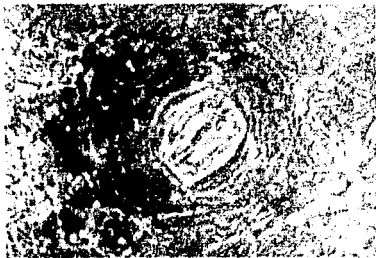
#### Grupo II

En la gráfica (figs. 12 y 16) se observa que las UTO 20,15, 14 y 16 forman un grupo que taxonómicamente fue identificado por L. Scheinvar como correspondiente a una sp. nov. de Opuntia. Esta especie se encuentra distribuida en la zona Norte del Valle de México hasta el Centro de la República. En el Valle de México se encuentra principalmente en los Municipios de Zempoala y Pachuca del Estado de Hidalgo.

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observamos:



UTO 11. 1.



UTO 12. 1.

Fig. 16. Cortes Transversales y longitudinales de la epidermis (X400).  
Grupo II: UTO 20: J (*O. sp. nov.*, Cerro del Zopilote, Pachuca).  
UTO 15: G (*O. sp. nov.*, Cerro Santa Mónica, Zempocala). UTO 14:  
I (*O. sp. nov.*, Cerro de la Caja de Agua, Zempocala). UTO 16: H  
(*O. sp. nov.*, Cerro Santa Mónica, Zempocala).



1.- Longitud de estomas

La longitud de los estomas se encuentra entre el rango de 46 y 57 micras. Entretanto se observa que el valor 54 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv.stand.
20	54 $\mu$	10	100	-	-	-	-	-	-	10	100	0.0	
15	57 $\mu$	2	20	54 $\mu$	6	60	46 $\mu$	2	20	10	100	3.3	
14	57 $\mu$	3	30	54 $\mu$	4	40	46 $\mu$	1	10	10	100	2.0	
				50 $\mu$	2	20							
16	54 $\mu$	6	60	-	-	-	50 $\mu$	4	40	10	100	2.2	

2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas se encuentra entre el rango de 28 y 43 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv.stand.
20	32 $\mu$	8	80	29 $\mu$	1	10	28 $\mu$	1	10	10	100	2.6	
15	36 $\mu$	10	100	-	-	-	-	-	-	10	100	0.0	
14	39 $\mu$	1	10	-	-	-	36 $\mu$	9	90	10	100	1.0	
16	43 $\mu$	1	10	39 $\mu$	5	50	32 $\mu$	4	40	10	100	3.4	

3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas se encuentra entre el rango de 18 y 32 micras. Entretanto se observa que el valor 18

micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv.stand.
20	32 $\mu$	1	10	-	-	-	18 $\mu$	9	90	10	100	4.3	
15	21 $\mu$	2	20	-	-	-	18 $\mu$	8	80	10	100	1.4	
14	21 $\mu$	3	30	-	-	-	18 $\mu$	7	70	10	100	1.4	
16	21 $\mu$	2	20	-	-	-	18 $\mu$	8	80	10	100	1.0	

#### 4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula se encuentra entre el rango de 7 y 21 micras. Entretanto se observa que el valor 13 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv.stand.
20	21 $\mu$	1	10	18 $\mu$	1	10	10 $\mu$	3	30	10	100	3.4	
				13 $\mu$	5	50							
15	13 $\mu$	7	70	10 $\mu$	2	20	7 $\mu$	1	10	10	100	1.4	
14	13 $\mu$	5	50	-	-	-	10 $\mu$	5	50	10	100	1.0	
16	13 $\mu$	4	40	14 $\mu$	3	30	7 $\mu$	3	30	10	100	2.0	

#### 5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales se encuentra entre el rango de 18 y 54 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total med.	%	desv. stand.			
20	39 $\mu$	1	10	36 $\mu$	6	60	18 $\mu$	1	10	10	100	5.8
				32 $\mu$	2	20						
15	39 $\mu$	1	10	36 $\mu$	4	40	28 $\mu$	2	20	10	100	3.6
				32 $\mu$	3	30						
14	54 $\mu$	2	20	47 $\mu$	1	10	36 $\mu$	5	50	10	100	7.4
				39 $\mu$	2	20						
16	46 $\mu$	4	40	43 $\mu$	1	10	36 $\mu$	4	40	10	100	4.2
				39 $\mu$	1	10						

#### 6.- Grosor de hipodermis

El grosor de la hipodermis se encuentra entre el rango de 108 micras. Entretanto se observa que el valor 126 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21B).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total med.	%	desv. stand.			
20	136 $\mu$	1	10	129 $\mu$	1	10	108 $\mu$	3	30	10	100	28.3
				126 $\mu$	3	30						
				115 $\mu$	2	20						
15	144 $\mu$	4	40	126 $\mu$	2	20	133 $\mu$	4	40	10	100	7.3
14	128 $\mu$	2	20	126 $\mu$	4	40	108 $\mu$	2	20	10	100	8.1
				115 $\mu$	2	20						
16	144 $\mu$	1	10	133 $\mu$	1	10	108 $\mu$	1	10	10	100	10.1
				128 $\mu$	1	10						
				126 $\mu$	4	40						
				115 $\mu$	2	20						

Grupo III

En la gráfica (figs. 12, 17 y 18) se observa que las UTO 13, 17, 18, 2 y 19 forman un grupo que taxonómicamente fue identificado por L. Scheinvar como correspondiente a Opuntia robusta Wendl.

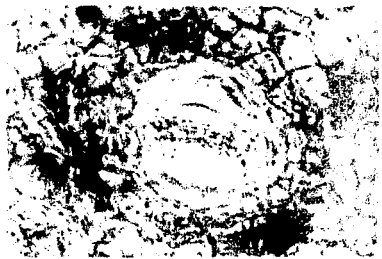
Esta especie tiene amplia distribución en el Valle de México, con mayor abundancia hacia la parte Norte del mismo Valle, aunque también se encontró en el D.F., en la Sierra de Santa Catarina, Delegación de Ixtapalapa.

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observamos:

1.- Longitud de estomas

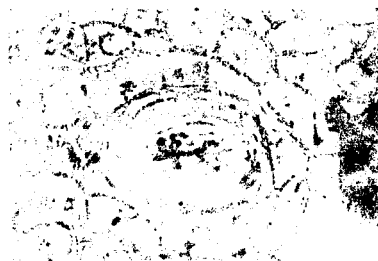
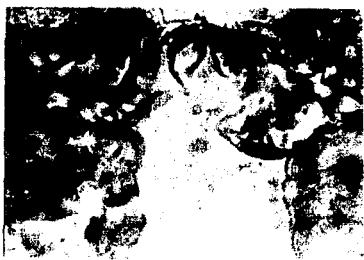
La longitud de los estomas se encuentran entre el rango de 43 a 61 micras. Entretanto se observa que el valor 54 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv.stand.
13	54 $\mu$	10	100	-	-	-	-	-	-	10	100	0.0	
17	57 $\mu$	1	10	54 $\mu$	8	80	50 $\mu$	1	10	10	100	1.4	
18	61 $\mu$	2	20	57 $\mu$	7	70	54 $\mu$	1	10	10	100	2.0	
2	54 $\mu$	3	30	50 $\mu$	6	60	60 $\mu$	1	10	10	100	2.4	
19	57 $\mu$	1	10	54 $\mu$	8	80	43 $\mu$	1	10	10	100	3.6	



UTO 13: E.

UTO 17: B.



UTO 18: D.

UTO 2: F.

Fig. 17. Cortes transversales y longitudinales de la epidermis (X400). Grupo III: UTO 13: E(O. robusta Wendl. Zempoala). UTO 17: B (O. robusta Wendl. Cerro Tecajete, Zempoala). UTO 18: D(O. robusta Wendl. Mineral de Reforma). UTO 2: F(O. robusta Wendl. Ixtapalapa).



110. 18A. cortes transversales - bonait division de la epidermis (X400). color  
111. 190. 19A. 02. (200x) color. color.

2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas se encuentra entre el rango de 28 y 43 micras. Entretanto se observa que el valor 32 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
13	43 $\mu$	1	10	39 $\mu$	1	10	32 $\mu$	1	10	10	100	4.2	
				36 $\mu$	7	70							
17	43 $\mu$	1	10	39 $\mu$	1	10	32 $\mu$	5	50	10	100	3.7	
				36 $\mu$	3	30							
18	39 $\mu$	1	10	36 $\mu$	8	80	32 $\mu$	1	10	10	100	2.0	
2	36 $\mu$	8	80	-	-	-	32 $\mu$	2	20	10	100	6.7	
19	32 $\mu$	1	10	-	-	-	28 $\mu$	9	90	10	100	1.0	

3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas se encuentra entre el rango de 18 y 28 micras. Entretanto se observa que el valor 18 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
13	28 $\mu$	4	40	-	-	-	25 $\mu$	6	60	10	100	1.4	
17	21 $\mu$	1	10	-	-	-	18 $\mu$	9	90	10	100	1.0	
18	-	-	-	-	-	-	18 $\mu$	10	100	10	100	0.0	
2	21 $\mu$	1	10	-	-	-	18 $\mu$	9	90	10	100	1.0	
19	21 $\mu$	1	10	-	-	-	18 $\mu$	9	90	10	100	1.0	

4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula se encuentra entre el rango de 13 y 32 micras. Entretanto se observa que el valor 21 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v. máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
13	28 $\mu$	2	20	25 $\mu$	2	20	18 $\mu$	4	40	10	100	4.0
				21 $\mu$	2	20						
17	28 $\mu$	3	30	25 $\mu$	2	20	13 $\mu$	1	10	10	100	5.3
				18 $\mu$	4	40						
18	21 $\mu$	2	20	18 $\mu$	7	70	13 $\mu$	1	10	10	100	2.0
2	32 $\mu$	2	20	28 $\mu$	2	20	14 $\mu$	2	20	10	100	6.7
				25 $\mu$	2	20						
				21 $\mu$	1	10						
				18 $\mu$	1	10						
19	25 $\mu$	1	10	21 $\mu$	3	30	13 $\mu$	4	40	10	100	4.3
				18 $\mu$	2	20						

5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales se encuentra entre el rango de 28 y 61 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21A).

UTO	v. máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
13	54 $\mu$	2	20	46 $\mu$	1	10	32 $\mu$	5	50	10	100	9.2
				43 $\mu$	1	10						
				36 $\mu$	1	10						
17	54 $\mu$	2	20	46 $\mu$	3	30	36 $\mu$	1	10	10	100	6.0
				43 $\mu$	2	20						
				39 $\mu$	2	20						
18	46 $\mu$	2	20	43 $\mu$	1	10	36 $\mu$	2	20	10	100	3.6
				39 $\mu$	5	50						
2	50 $\mu$	1	10	46 $\mu$	1	10	28 $\mu$	1	10	10	100	6.7
				43 $\mu$	1	10						
				39 $\mu$	2	20						



				36 $\mu$	2	20							
				32 $\mu$	2	20							
19	61 $\mu$	2	20	57 $\mu$	1	10	36 $\mu$	3	30	10	100	9.8	
				50 $\mu$	2	20							
				46 $\mu$	1	10							
				43 $\mu$	1	10							

#### 6.- Grosor de hipodermis

El grosor de la hipodermis se encuentra entre el rango de 126 y 180 micras. Entretanto se observa que el valor 144 micras es el de mayor frecuencia entre las UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total med.	%	desv. stand.
13	169 $\mu$	2	20	162 $\mu$	2	20	126 $\mu$	1	10	10	100	17.1
				144 $\mu$	4	40						
				129 $\mu$	1	10						
17	151 $\mu$	2	20	144 $\mu$	2	20	126 $\mu$	4	40	10	100	10.4
				133 $\mu$	2	20						
18	180 $\mu$	2	20	169 $\mu$	2	20	126 $\mu$	1	10	10	100	16.4
				162 $\mu$	3	30						
				158 $\mu$	1	10						
				144 $\mu$	1	10						
2	158 $\mu$	1	10	151 $\mu$	1	10	126 $\mu$	1	10	10	100	22.9
				147 $\mu$	2	20						
				144 $\mu$	5	50						
19	162 $\mu$	1	10	154 $\mu$	1	10	134 $\mu$	1	10	10	100	7.5
				151 $\mu$	2	20						
				145 $\mu$	5	50						

Grupo IV

La UTO 10 forma un grupo (figs. 12 y 22) que taxonómicamente fue identificado por L. Scheinvar como correspondiente a Opuntia rzedowskii Schein.

Esta especie tiene amplia distribución en el D.F., en los Pedregales basálticos del Sur del Valle de México, en las Delegaciones de San Angel, Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco. También se extiende hacia el Centro de la República, habiéndose encontrado en los Municipios de Teotihuacán y Otumba en el Estado de México.

En la gráfica (fig. 12) se observa que la Opuntia rzedowskii Schein. se correlaciona por una parte con la UTO 19: Opuntia robusta Wendl., del Municipio de Zempoala (figs. 3 y 18) y por otro lado con la UTO 7: Opuntia streptacantha Lem., del Municipio de Atizapán de Zaragoza (figs. 3 y 22). La Opuntia rzedowskii Schein., presenta características taxonómicas y anatómicas diferentes de las otras UTO (fig. 22), aunque su tipo de estomas es tetracítico, son más cortos y angostos con sus vértices aplanados, células de guardia asimétricas, células epidérmicas con pared sinuosa y formando hileras rodeando al estoma a manera de anillos en forma intermedia entre el tipo ciclocítico y tetracítico.

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observamos:

1.- Longitud de estomas

La longitud de los estomas de la UTO 10 se encuentra entre el rango de 46 a 50 micras. Entretanto se observa que el valor 50 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
10	50 $\mu$	5	50	-	-	-	46 $\mu$	5	50	10	100	2.0

2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas de la UTO 10 se encuentra entre el rango de 28 y 32 micras. Entretanto se observa que el valor 28 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19E).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
10	32 $\mu$	4	40	-	-	-	28 $\mu$	6	60	10	100	2.0

3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas de la UTO 10 se encuentra

entre el rango de 7 y 14 micras. Entretanto se observa que el valor 7 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma - (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med. %	desv. stand.			
10	14 $\mu$	2	20	10 $\mu$	2	20	7 $\mu$	6	60	10	100	2.2

#### 4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula de la UTO 10 se encuentra entre el rango de 10 y 18 micras. Entretanto se observa que el valor 14 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med. %	desv. stand.			
10	18 $\mu$	1	10	14 $\mu$	6	60	10 $\mu$	3	30	10	100	2.4

#### 5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales de la UTO 10 se encuentra entre el rango de 28 y 50 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21A).

UTO v.máx.	frec. %.	v.inter.	frec. %.	v.mín.	frec. %.	total med.	%.	desv. stand.
10	50 $\mu$	1	10	46 $\mu$	1	10	28 $\mu$	2 20
				43 $\mu$	2	20		
				39 $\mu$	2	20		
				36 $\mu$	1	10		
				32 $\mu$	1	10		

#### 6.- Grosor de hipodermis

El grosor de la hipodermis de la UTO 10 se encuentra entre el rango de 108 y 129 micras. Entretanto se observa que el valor 122 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21B).

UTO v.máx.	frec. %.	v.inter.	frec. %.	v.mín.	frec. %.	total med.	%.	desv. stand.
10	129 $\mu$	1	10	126 $\mu$	2	20	108 $\mu$	1 10
				122 $\mu$	3	30		10 100
				115 $\mu$	2	20		
				111 $\mu$	1	10		

#### Grupo V

La UTO 7 forma un grupo (figs. 12 y 22) que taxonómicamente fue identificado por L. Scheinvar como correspondiente a Opuntia streptacantha Lem., la cual se correlaciona con la UTO 10 del Municipio de Teotihuacán y con la UTO 4 de la Sierra de Guadalupe.

La UTO 7 se encuentra en el Valle de México, en los Municipios de Atizapán de Zaragoza y en la Presa de Guadalupe (fig. 3).

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observamos:

1.- Longitud de estomas

La longitud de los estomas de la UTO 7 se encuentra entre el rango de 18 y 36 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
7	36 $\mu$	5	50	32 $\mu$	1	10	18 $\mu$	4	40	10	100	7.1	

2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas de la UTO 7 se encuentra entre el rango de 18 y 46 micras. Entretanto se observa que el valor 46 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (Fig. 19B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	desv. stand.
7	46 $\mu$	4	40	43 $\mu$	2	20	18 $\mu$	4	40	10	100	7.8	

3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas de la UTO 7 se encuentra entre el rango de 36 y 54 micras. Entretanto se observa que el valor de 54 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total med.	%	desv. stand.
7	54 $\mu$	4	40	46 $\mu$	1	10	36 $\mu$	2	20	10	100	27.7
				43 $\mu$	1	10						
				39 $\mu$	2	20						

4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula de la UTO 7 se encuentra entre el rango de 36 y 54 micras. Entretanto se observa que el valor 54 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total med.	%	desv. stand.
	54 $\mu$	6	60	-	-	-	36 $\mu$	4	40	10	100	9.2

5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales de la UTO 7 se encuentra entre el rango de 32 y 36 micras. Entretanto se obser

va que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21A).

UTO	v.máx.	frec. %.	v.inter.	frec. %.	v.mín.	frec. %.	total	med.	%.	desv. stand.		
7	36 $\mu$	5	50	-	-	-	32 $\mu$	5	50	10	100	2.0

#### 6.- Grosor de hipodermis

El grosor de la hipodermis de la UTO 7 se encuentra entre el rango de 100 y 111 micras. Entretanto se observa que el valor de 108 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21B).

UTO	v.máx.	frec. %.	v.inter.	frec. %.	v.mín.	frec. %.	total	med.	%.	desv. stand.		
7	111 $\mu$	1	10	108 $\mu$	7	70	100 $\mu$	2	20	10	100	29.9

#### Grupo VI

La UTO 4 corresponde a una especie no identificada en el presente trabajo, la cual forma un grupo (figs. 12 y 22) y fue colectada en el Cerro de Petlalcatl, Sierra de Guadalupe, D.F. (fig. 3). Se correlaciona con la UTO 7 de la Presa de Guadalupe, Municipio de Atizapán de Zaragoza y también con la UTO



1 del Cerro Tecanco, Santa Cruz Acalpixca, Delegación de Xochimilco, D.F. (figs. 12 y 22).

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observamos:

1.- Longitud de estomas

La longitud de los estomas de la UTO 4 se encuentra entre el rango de 46 y 54 micras. Entretanto se observa que el valor 54 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma -- (fig. 19A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
4	54 $\mu$	5	50	50 $\mu$	4	40	46 $\mu$	1	10	10	100	2.6

2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas de la UTO 4 se encuentra entre el rango de 28 y 36 micras. Entretanto se observa que el valor 32 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19B).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
4	36 $\mu$	2	20	32 $\mu$	7	70	28 $\mu$	1	10	10	100	2.0

3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas de la UTO 4 se encuentra entre el rango de 28 y 36 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.
4	36 $\mu$	80	32 $\mu$	10	28 $\mu$	10	10	100	2.6	

4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula de la UTO 4 se encuentra entre el rango de 25 y 36 micras. Entretanto se observa que el valor 25 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.
4	36 $\mu$	40	28 $\mu$	10	25 $\mu$	50	10	100	5.4	

5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales de la UTO 4 se encuentra entre el rango de 36 y 43 micras. Entretanto se observa que el valor de 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma -

(fig. 21A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
4	43 $\mu$	3	30	39 $\mu$	3	30	36 $\mu$	4	40	10	100	3.0

#### 6.- Grosor de hipodermis

El grosor de la hipodermis de la UTO 4 se encuentra entre el rango de 139 y 270 micras. Entretanto se observa que el valor 234 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. - 21B).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
4	270 $\mu$	1	10	234 $\mu$	3	30	139 $\mu$	1	10	10	100	63.7
				198 $\mu$	1	10						
				190 $\mu$	1	10						
				187 $\mu$	1	10						
				180 $\mu$	1	10						
				139 $\mu$	1	10						

#### Grupo VII

La UTO 1 forma un grupo que taxonómicamente fue identificado por L. Scheinvar como correspondiente a Opuntia incarnadilla Griff. En la gráfica (fig. 12 y 22) se observa que la UTO 1 se correlaciona con la UTO 4 del Cerro de Petlalcatl, - Sierra de Guadalupe, D.F.

La UTO 1 se encuentra en el Sur del Valle de México, en el D.F., Delegación de Xochimilco, Santa Cruz Acalpixca y Cerro Tecanco (fig. 3).

Analizando la variación de las características anatómicas estudiadas, observamos:

1.- Longitud de estomas

La longitud de los estomas de la UTO 1 se encuentra entre el rango de 46 y 50 micras. Entretanto se observa que el valor 46 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total	med.	%	dev. stand.
1	50 $\mu$	3	30	-	-	-	46 $\mu$	7	70	10	100	2.6	

2.- Ancho de estomas

El ancho de los estomas de la UTO 1 se encuentra entre el rango de 26 y 39 micras. Entretanto se observa que el valor 32 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 19B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total med.	%	desv. stand.
1	39 $\mu$	1	10	32 $\mu$	7	70	26 $\mu$	2	20	10	100	2.8

### 3.- Hundimiento de estomas

El hundimiento de los estomas de la UTO 1 se encuentra entre el rango de 32 y 36 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20A).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total med.	%	desv. stand.
1	36 $\mu$	9	90	-	-	-	32 $\mu$	1	10	10	100	1.0

### 4.- Grosor de cutícula

El grosor de la cutícula de la UTO 1 se encuentra entre el rango de 14 y 25 micras. Entretanto se observa que el valor 18 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 20B).

UTO	v.máx.	frec.	%	v.inter.	frec.	%	v.mín.	frec.	%	total med.	%	desv. stand.
1	25 $\mu$	2	20	21 $\mu$	1	10	14 $\mu$	1	10	10	100	3.5
				43 $\mu$	1	10						
				16 $\mu$	1	10						

5.- Diámetro de cristales

El diámetro de los cristales de la UTO 1 se encuentra entre el rango de 36 y 50 micras. Entretanto se observa que el valor 36 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21A).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
1	50 $\mu$	2	20	46 $\mu$	2	20	36 $\mu$	3	30	10	100	5.5
				43 $\mu$	1	10						
				39 $\mu$	2	20						

6.- Grosor de hipodermis

El grosor de la hipodermis de la UTO 1 se encuentra entre el rango de 90 a 167 micras. Entretanto se observa que el valor 144 micras es el de mayor frecuencia en esta UTO como se indica a continuación y en el histograma (fig. 21B).

UTO	v.máx.	frec. %	v.inter.	frec. %	v.mín.	frec. %	total	med.	%	desv. stand.		
1	167 $\mu$	1	10	144 $\mu$	3	30	90 $\mu$	1	10	10	100	22.9
				133 $\mu$	2	20						
				114 $\mu$	1	10						
				108 $\mu$	1	10						
				101 $\mu$	1	10						

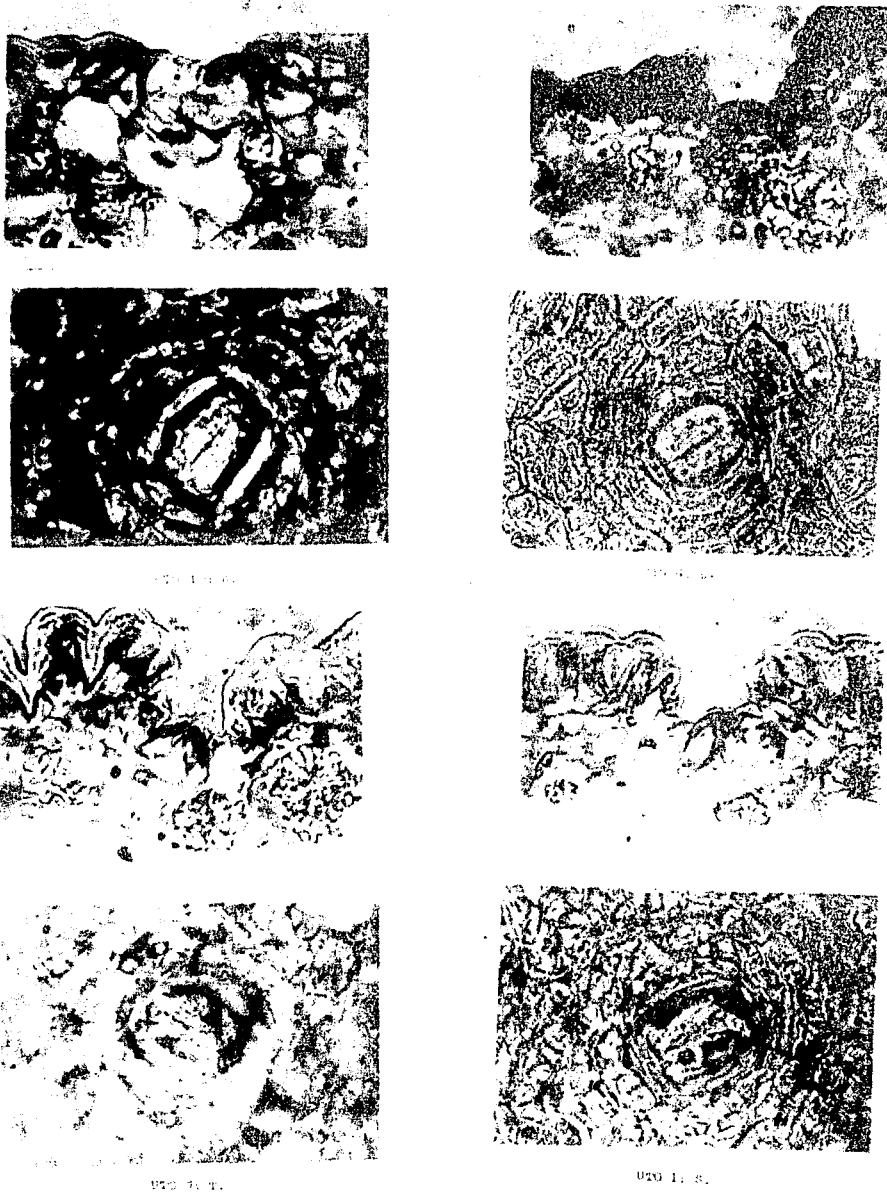
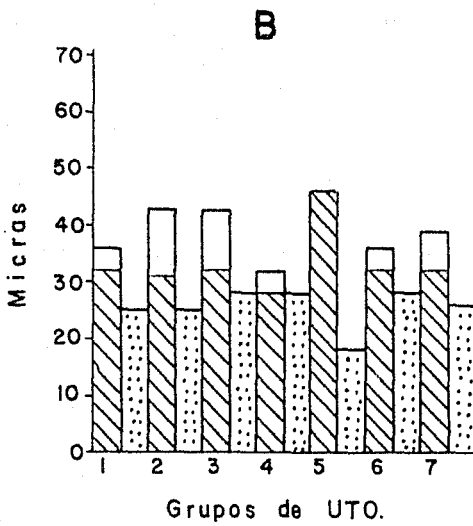
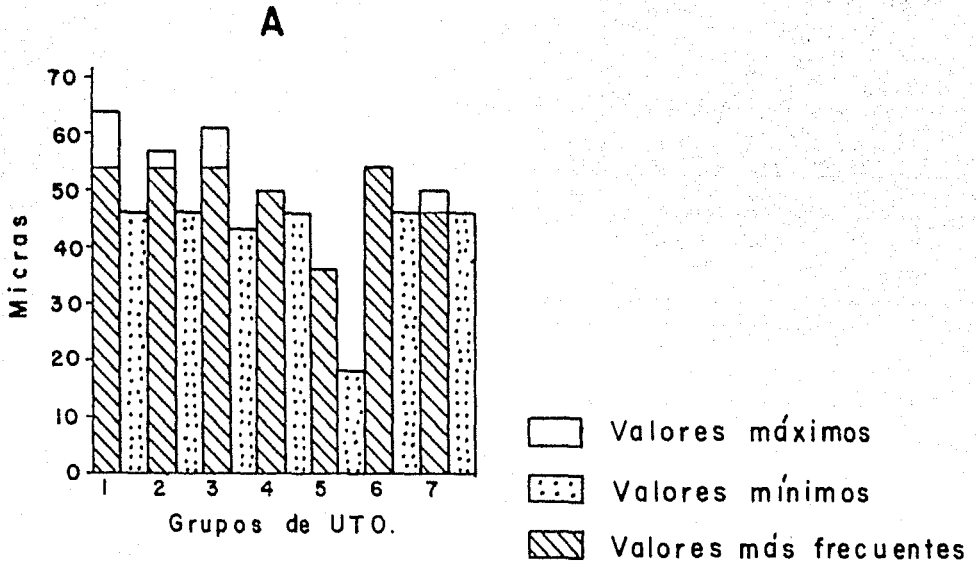


Fig. 22. Cortes transversales y longitudinales de la epidermis (X400). Grupo IV: UTO 10: A (*O. rzedowski* Schein. Teotihuacán). Grupo V: UTO 7: T (*O. utreplacantha* Lem. Presa de Guadalupe, Atizapán de Zaragoza). Grupo VI: UTO 4: Q (*O. sp.* Cerro Petalcatl, Sierra de Guadalupe, D.F.). Grupo VII: UTO 1: E (*O. incarnadilla* Griff. Cerro Tecanco, Sta. Cruz Acapulxca, Xochimilco, D.F.).



- O. hyptiacantha* Web.  
GRUPO 1 : UTO 11, 9, 8, 6, 3, 5, 12
- O. sp. nov.*  
GRUPO 2 : UTO 20, 15, 14, 16
- O. robusta* Wendl.  
GRUPO 3 : UTO 13, 17, 18, 19
- O. rzedowskii* Schein.  
GRUPO 4 : UTO 10
- O. streptacantha* Lem.  
GRUPO 5 : UTO 7
- O. sp.*  
GRUPO 6 : UTO 4
- O. incarnadilla* Griff.  
GRUPO 7 : UTO 1

Fig. 19- A (Longitud de estomas), B (Ancho de estomas).



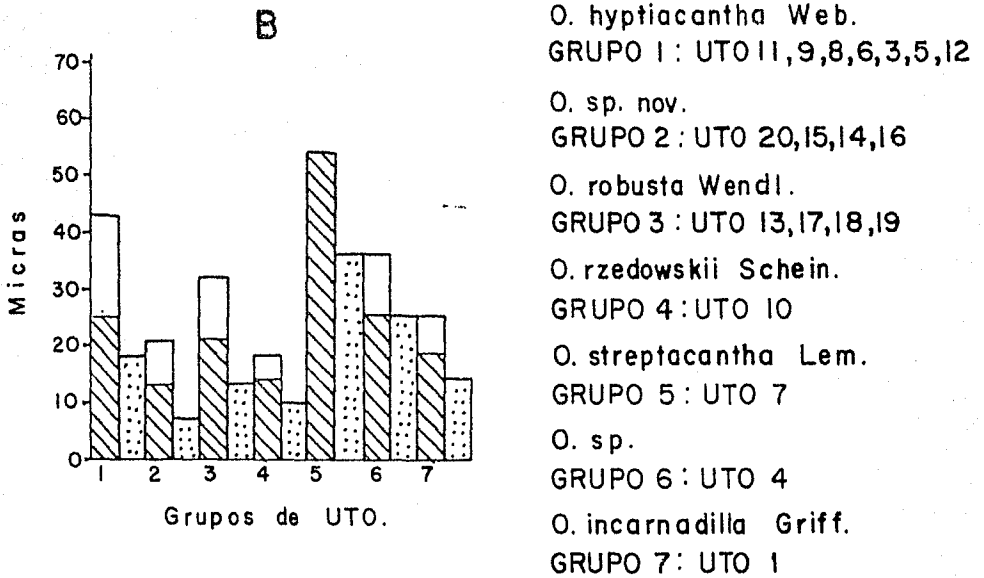
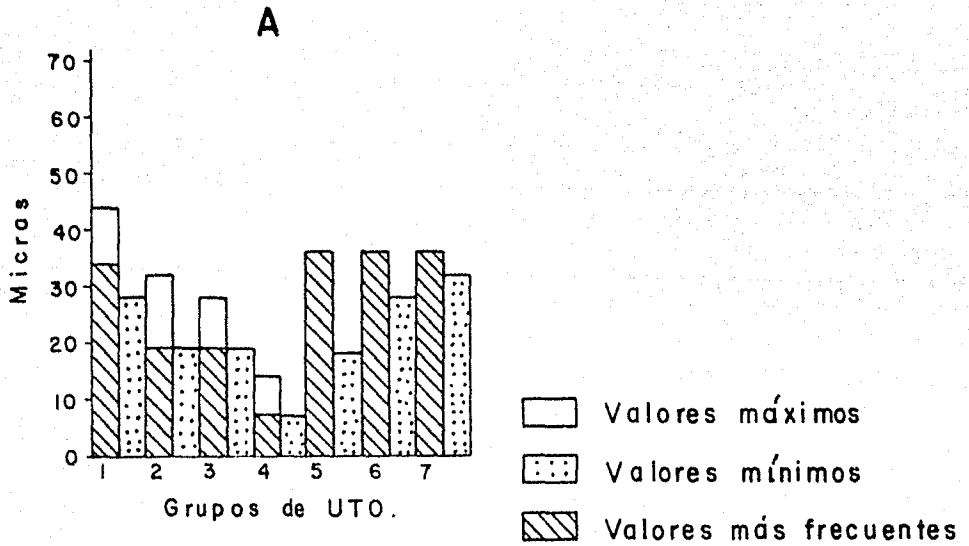


Fig.20- A (Hundimiento de estomas), B (Grosor de cutícula).

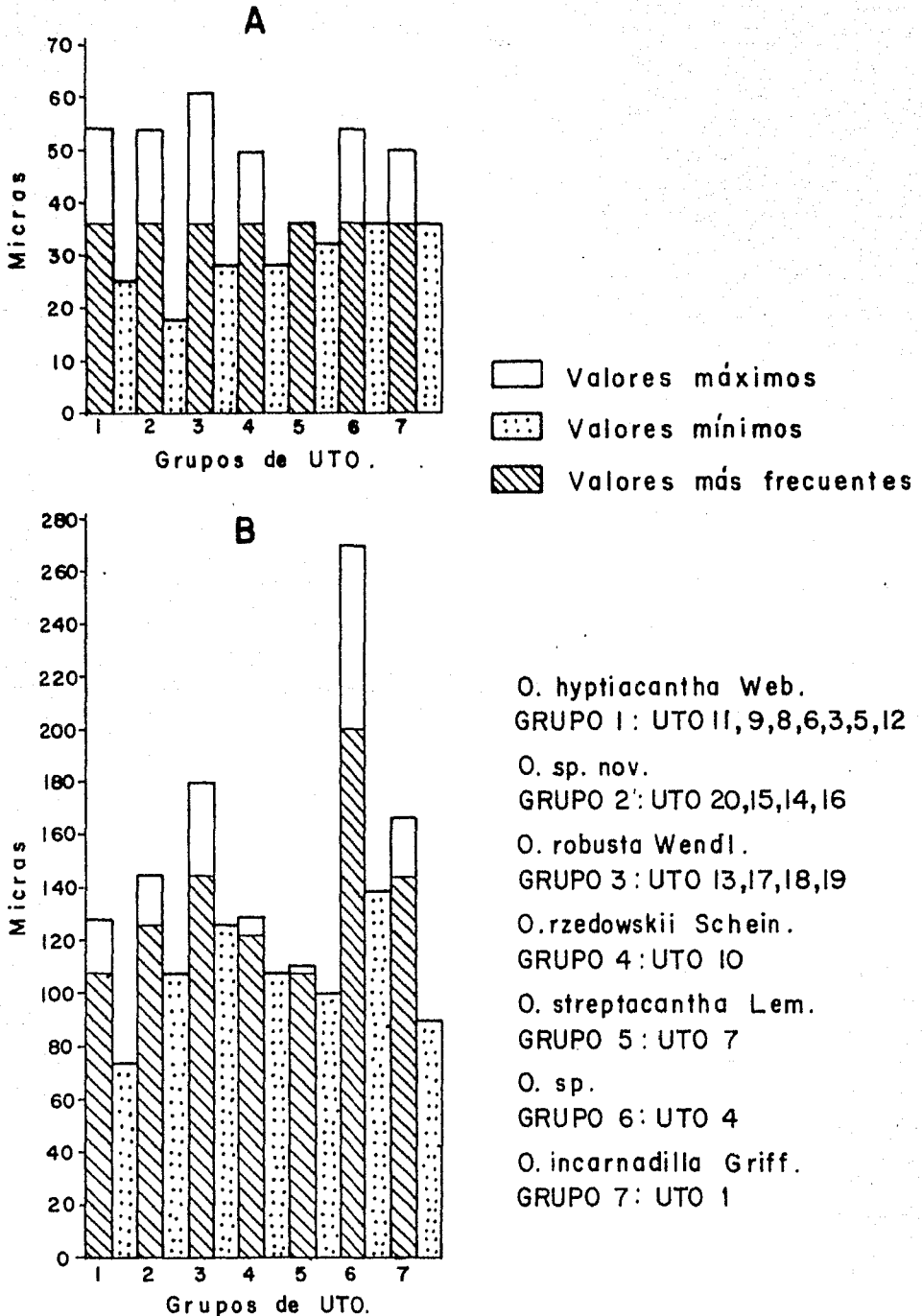


Fig. 21- A ( Diámetro de cristales), B ( Grosor de hipodermis).

## VII. Discusión y Representación de los Resultados en Gráficas

La discusión se basa en la comparación de los resultados derivados del análisis de la variación de las 6 características anatómicas de la epidermis en cada una de las UTO estudiadas y correlacionadas entre sí.

### 1.- Longitud de estomas

Comparando los valores mínimos, máximos y los más frecuentes entre los grupos formados por las distintas especies, tenemos:

Grupos	especies	valores mínimos	valores máximos	valores más frecuentes
I	<u>Opuntia</u> <u>hyptiacantha</u>	46 $\mu$	64 $\mu$	54 $\mu$
II	<u>O.</u> <u>sp. nov.</u>	46 $\mu$	57 $\mu$	54 $\mu$
III	<u>O.</u> <u>robusta</u>	43 $\mu$	61 $\mu$	54 $\mu$
IV	<u>O.</u> <u>rzedowskii</u>	46 $\mu$	50 $\mu$	50 $\mu$
V	<u>O.</u> <u>streptacantha</u>	18 $\mu$	36 $\mu$	36 $\mu$
VI	<u>O.</u> <u>sp.</u>	46 $\mu$	54 $\mu$	54 $\mu$
VII	<u>O.</u> <u>incarnadilla</u>	46 $\mu$	50 $\mu$	46 $\mu$

En cuanto a los valores mínimos en la longitud de los estomas, se observa que la O. streptacantha Lem., presenta el valor mínimo más bajo entre los diferentes grupos. Las demás especies presentan valores prácticamente iguales.

La longitud mínima de los estomas es posiblemente debida

a factores genéticos que permiten a las células contraerse hasta determinada dimensión probablemente por la hidrólisis del almidón que determina las fluctuaciones de turgencia en las células oclusivas (Roth, 1969). El hecho de que O. streptacantha Lem., presenta valores mínimos mucho más bajos, podría ser un carácter genético de esta especie o de un grupo de especies cercanas a ella y que no fueron incluidas en esta investigación.

Esto nos lleva a pensar que los demás grupos de UTO con aproximadamente 46 micras de longitud de los estomas y con amplio margen de distribución forman un conjunto de especies cercanas entre sí para esta característica.

En cuanto a los valores máximos en la longitud de los estomas se observa que la O. rzedowskii Schein. y la O. incarnadilla Grif., presentan valores máximos más altos. En cuanto a las demás especies, cada una presenta una longitud de los estomas máxima distinta, lo que pudiera ser interpretado como valores específicos, debido a factores genéticos que les permite a las células oclusivas extenderse hasta determinada dimensión como respuesta a los fenómenos de turgencia y que en diferentes especies pueden ser iguales, lo que quizá permite agruparlas considerando este carácter.

En cuanto a los valores más frecuentes en la longitud de es

tomas, éstos pueden ser interpretados como valores óptimos en la expansión de los factores genéticos de cada especie influenciados por las condiciones ambientales que determinan la turgencia en las células oclusivas. Se observan valores iguales más frecuentes en O. hyptiacantha Web., O. sp. nov., O. robusta Wendl. y O. sp. También se observa que las O. sp., O. rzedowskii Schein. y O. streptacantha Lem., los valores más frecuentes también son iguales a los valores máximos.

Los valores más frecuentes en O. incarnadilla Griff., son iguales a sus valores mínimos, histograma (fig. 19A).

Las especies cuyos valores más frecuentes corresponden al máximo de longitud en los estomas, están probablemente sujetas a condiciones ecológicas extremosas. Las especies cuyos valores más frecuentes corresponden a los valores mínimos en la longitud de los estomas, probablemente está bajo condiciones ecológicas favorables.

Las especies cuyos valores más frecuentes corresponden a valores intermedios probablemente están bajo condiciones ecológicas no muy extremosas.

2.- Ancho de estomas

Comparando los valores mínimos, máximos y los más frecuentes entre los grupos formados por las distintas especies, tenemos:

Grupos	especies	valores mínimos	valores máximos	valores más frecuentes
I	<u>Opuntia hyptiacantha</u>	25 $\mu$	36 $\mu$	32 $\mu$
II	<u>O. sp. nov.</u>	25 $\mu$	43 $\mu$	36 $\mu$
III	<u>O. robusta</u>	28 $\mu$	43 $\mu$	32 $\mu$
IV	<u>O. rzedowskii</u>	28 $\mu$	32 $\mu$	28 $\mu$
V	<u>O. streptacantha</u>	18 $\mu$	46 $\mu$	46 $\mu$
VI	<u>O. sp.</u>	28 $\mu$	36 $\mu$	32 $\mu$
VII	<u>O. incarnadilla</u>	26 $\mu$	39 $\mu$	32 $\mu$

En cuanto a los valores mínimos en el ancho de los estomas se observa que la O. streptacantha Lem., presenta el valor mínimo más bajo.

Las O. hyptiacantha Web., O. sp. nov. y O. incarnadilla - Griff., presentan valores casi iguales. Las O. robusta Wendl., O. rzedowskii Schein., también presenta valores iguales.

Interpretamos estos resultados de la misma manera como en la característica anterior. En cuanto a los resultados máximos se observa que la O. streptacantha Lem., presenta los valores más altos en cuanto al ancho de los estomas, estos valores son muy distintos a los de otras especies. Las O. sp. nov. y O. robusta Wendl., presentan valores máximos iguales. Las O.

hyptiacantha Web., y O. sp., también tienen valores iguales y las O. incarnadilla Griff. y O. rzedowskii Schein., presentan valores distintos. En la fig. 2 se observa que las especies que presentan valores máximos iguales en el ancho de los estomas, se encuentran geográficamente muy cercanas entre sí. Las O. hyptiacantha Web., O. sp. nov. y O. incarnadilla Griff., - presentan valores casi iguales. Las O. robusta Wendl. y O. rzedowskii Schein., también presentan valores iguales. Interpretamos estos resultados máximos de la misma manera como en la característica anterior.

En cuanto a los resultados máximos se observa que la O. streptacantha Lem., presenta los valores más altos en cuanto al ancho de los estomas, estos valores son muy distintos a los de otras especies. Las O. sp. nov. y O. robusta Wendl., presentan valores máximos iguales. Las O. hyptiacantha Web., y O. sp., también tienen valores iguales y las O. incarnadilla Griff., y O. rzedowskii Schein., presentan valores distintos. En la fig. 2, podemos observar que las especies que presentan valores máximos iguales en el ancho de los estomas, se encuentra geográficamente muy cercanas entre sí y probablemente sujetas a condiciones ambientales semejantes.

En cuanto a los valores más frecuentes, que consideramos como una respuesta óptima a las condiciones ambientales que actúan para cada especie, se puede decir que casi todos los grupos de UTO presentan valores más frecuentes que son intermedios entre los valores máximos y los mínimos a excepción de la O. streptacantha Lem., que presenta el valor más frecuente correspondiendo al valor máximo, de lo que nos podría llevar a pensar que esta especie es originaria de una zona con condiciones ecológicas menos drásticas, histograma (fig. 19B).

### 3.- Hundimiento de estomas

Comparando los valores mínimos, máximos y los más frecuentes entre los grupos formados por distintas especies, tenemos:

Grupos	especies	valores mínimos	valores máximos	valores más frecuentes
I	<u>Opuntia</u> <u>hyptiacantha</u>	28 $\mu$	54 $\mu$	36 $\mu$
II	<u>O.</u> <u>sp. nov.</u>	18 $\mu$	32 $\mu$	18 $\mu$
III	<u>O.</u> <u>robusta</u>	18 $\mu$	28 $\mu$	18 $\mu$
IV	<u>O.</u> <u>rzedowskii</u>	7 $\mu$	14 $\mu$	7 $\mu$
V	<u>O.</u> <u>streptacantha</u>	18 $\mu$	36 $\mu$	36 $\mu$
VI	<u>O.</u> <u>sp.</u>	28 $\mu$	36 $\mu$	36 $\mu$
VII	<u>O.</u> <u>incarnadilla</u>	32 $\mu$	36 $\mu$	36 $\mu$

En cuanto al hundimiento de los estomas, se observa que la O. rzedowskii Schein., presenta el valor mínimo más bajo, esto indica que los estomas están casi superficiales.



Las O. sp. nov., O. robusta Wendl., y O. streptacantha Lem., presentan valores mínimos iguales. Las O. hypticantha Web., y O. sp., también presentan valores mínimos iguales. La O. incarnadilla Griff., tiene los valores mínimos en el hundimiento de los estomas más altos, lo que se podría interpretar como una especie proveniente de una zona con mayor aridez.

La capacidad de tener estomas casi superficiales o muy hundidos puede significar como propia de grupos de especies adaptadas a condiciones ecológicas semejantes que les favorece así la absorción del vapor de agua atmosférica (Sudzuki, 1969). La O. streptacantha Lem., estudiada se encuentra al Sur del Valle de México, pero es interesante hacer notar que su distribución más abundante es el Norte del mismo Valle, es coextensiva con O. robusta Wendl., y con O. sp. nov., las tres especies presentan iguales valores mínimos en el hundimiento de los estomas, aunque sea una respuesta a condiciones actuales de aridez, también es debido probablemente a factores genéticos específicos de cada una de ellas, comunes a un grupo de especies (fig. 20A).

En cuanto a los valores máximos del hundimiento de los estomas se observa que la O. hypticantha Web., presenta el valor máximo más alto. Las O. streptacantha Lem., O. sp. y O. incarnadilla Griff., presentan valores iguales. Las O. sp.

nov. y O. robusta Wendl., tienen valores diferentes, en cuanto que la O. rzedowskii Schein., es la que presenta los valores máximos más bajos de esta característica. En el histograma (fig. 20A) se observa que cuanto más árida la zona de distribución es menor el hundimiento de los estomas, lo que apoya las conclusiones de (Sudzuki, 1969).

En cuanto a los valores más frecuentes del hundimiento de los estomas, se observa que las O. hyptiacantha Web., O. streptacantha Lem., O. sp., y O. incarnadilla Griff., presentan valores iguales. En O. hyptiacantha Web., sus valores más frecuentes son intermedios entre los valores mínimos y los valores máximos de esta especie, lo que indica que probablemente está -- también adaptada a las condiciones de aridez de su localidad. En las O. streptacantha Lem., O. sp. y O. incarnadilla Griff., sus valores más frecuentes corresponden a sus valores máximos; lo -- que nos lleva a pensar que están sujetas a condiciones de escasez de agua, y que se desarrollan quizá en una localidad no muy favorecida por los vientos húmedos del Noreste.

Las O. sp. nov., O. robusta Wendl. y O. rzedowskii Schein., tienen valores más frecuentes iguales a sus valores mínimos, -- probablemente esto indica que estas especies están sujetas a -- condiciones de aridez y que pueden vivir en zonas de mayor aridez.

#### 4.- Grosor de cutícula

La cutícula corresponde a una película externa de la epidermis, que le cubre por completo, y de manera interrumpida, constituida por cutina, sin celulosa (Font Quer, 1953: 297).

Comparando los valores mínimos, máximos y los más frecuentes entre los grupos formados por distintas especies, tenemos:

Grupos	especies	valores mínimos	valores máximos	valores más frecuentes
I	<u>Opuntia</u> <u>hyptiacantha</u>	18 $\mu$	43 $\mu$	25 $\mu$
II	<u>O.</u> <u>sp. nov.</u>	7 $\mu$	21 $\mu$	13 $\mu$
III	<u>O.</u> <u>robusta</u>	25 $\mu$	32 $\mu$	21 $\mu$
IV	<u>O.</u> <u>rzedowskii</u>	10 $\mu$	18 $\mu$	14 $\mu$
V	<u>O.</u> <u>streptacantha</u>	36 $\mu$	54 $\mu$	54 $\mu$
VI	<u>O.</u> <u>sp.</u>	25 $\mu$	36 $\mu$	25 $\mu$
VII	<u>O.</u> <u>incarnadilla</u>	14 $\mu$	25 $\mu$	18 $\mu$

En cuanto a los valores mínimos en el grosor de la cutícula, se observa que las O. sp. nov., O. rzedowskii Schein., y O. incarnadilla Griff., presentan valores mínimos más bajos en esta característica.

Las O. robusta Wendl., O. sp., presentan igual grosor de la cutícula. Las demás especies presentan cada una valores distintos, siendo la O. streptacantha Lem., la que presenta los valores mínimos más altos. Esta característica puede ser interpretada como debida a factores genéticos y a su adapta-

ción a las condiciones de mayor o menor aridez.

Los resultados observados nos dan la idea de que esta ca racterística es específica, que cuando más árido según (Stevens, 1932) es el lugar de origen de la especie menor es el grosor de la cutícula, lo que debería ser estudiado más detenidamente relacionando este factor con la evapotranspiración, según (Stevens, 1932) ... "Las condiciones ambientales y otros factores desconocidos influyen sobre el desarrollo de la cutí cula". Y creemos que en Cactáceas no se han hecho estudios para determinarlo.

En cuanto a los valores máximos se observa que la O. - streptacantha Lem., presenta el valor máximo más elevado, y las demás especies cada una presenta valores distintos. Cuyos valores en orden decreciente parecen estar relacionados con su distribución de menor a mayor aridez. Esto se puede interpretar de la misma manera como en los valores mínimos en contrados.

En cuanto a los valores más frecuentes en el grosor de la cutícula se podría interpretar como valores óptimos que son una respuesta tanto a los factores genéticos como a los factores ambientales que influyen sobre las plantas.

Se observa que la O. hyptiacantha Web., sus valores más frecuentes son intermedios entre sus valores máximos y mínimos. En la O. sp. sus valores más frecuentes son iguales a sus valores mínimos.

La O. streptacantha Lem., tiene sus valores más frecuentes iguales a sus valores máximos. En las demás especies sus valores más frecuentes son intermedios entre sus valores máximos y mínimos.

En el histograma (fig. 20B) se observa que a mayor aridez menor grosor de la cutícula, lo que confirma las observaciones hechas por Sudzuki (1969) en el Desierto del Tamarugal, Chile. Además según Megahid (1962) existen plantas como Mesembrianthemum que tienen en la cutícula células especializadas que absorben la humedad atmosférica, lo que apoya la hipótesis de que la cutícula está muy relacionada con el fenómeno de absorción de agua en forma de vapor.

##### 5.- Diámetro de cristales

Drusa es un conjunto redondeado de cristales incompletos dispuestos en torno a un núcleo común, que por lo regular es un cristalito. Se compone, generalmente, de oxalato de calcio (Font Quer, 1953: 589).

Comparando los valores mínimos, máximos y más frecuentes entre los grupos formados por distintas especies, tenemos:

Grupos	especies	valores mínimos	valores máximos	valores mas frecuentes
I	<u>Opuntia</u> <u>hyptiacantha</u>	25 $\mu$	54 $\mu$	36 $\mu$
II	<u>O.</u> <u>sp. nov.</u>	18 $\mu$	54 $\mu$	36 $\mu$
III	<u>O.</u> <u>robusta</u>	28 $\mu$	61 $\mu$	36 $\mu$
IV	<u>O.</u> <u>rzedowskii</u>	28 $\mu$	50 $\mu$	36 $\mu$
V	<u>O.</u> <u>streptacantha</u>	32 $\mu$	36 $\mu$	36 $\mu$
VI	<u>O.</u> <u>sp.</u>	36 $\mu$	54 $\mu$	36 $\mu$
VII	<u>O.</u> <u>incarnadilla</u>	36 $\mu$	50 $\mu$	36 $\mu$

En cuanto al diámetro de los cristales, se observa que la O. sp. nov., presenta los valores mínimos más bajos, lo que pudiera indicar que probablemente están iniciando su crecimiento. Las O. robusta Wendl., O. rzedowskii Schein., tiene valores mínimos iguales y las O. sp., y O. incarnadilla Griff., también tienen valores iguales. Las demás especies cada una presenta - valores distintos.

Esto puede ser interpretado como siendo el valor mínimo del diámetro de los cristales debido a la capacidad de cada especie para formarlos, como adaptación a las condiciones de aridez a que están sujetas.

Es sabido que los cristales por su capacidad higroscópica, retienen el agua de las células.

En cuanto a los valores máximos del diámetro de los cristales se observa que la O. robusta Wendl., presenta valores máximos más altos. Las O. hyptiacantha Web., O. sp. nov., y O. sp., presentan valores máximos iguales. Las O. rzedowskii Schein., y O. incarnadilla Griff., también tienen valores iguales. La O. streptacantha Lem., presenta los valores máximos más bajos de esta característica, lo que podría estar relacionado con su origen no conocido, en condiciones ecológicas menos áridas.

El diámetro de los cristales puede ultrapasar las dimensiones de las células de la hipodermis, entretanto en cada célula solo se encuentra una drusa.

En cuanto a los valores más frecuentes del diámetro de los cristales, todas las especies estudiadas presentan valores iguales, lo que podría indicar que en el género Opuntia los cristales alcanzan en su mayoría 36 micras de diámetro como se observa en el histograma (fig. 21A).

#### 6.- Grosor de la hipodermis

Hipodermis, esta formada por estratos celulares que en número diverso pueden hallarse debajo de la epidermis (Font Quer, 1953: 589).

Comparando los valores mínimos, máximos y los más frecuentes entre los grupos formados por distintas especies, tenemos:

Grupos	especies	valores mínimos	valores máximos	valores mas frecuentes
I	<u>Opuntia</u> <u>hyptiacantha</u>	72 $\mu$	129 $\mu$	108 $\mu$
II	<u>O.</u> <u>sp. nov.</u>	108 $\mu$	144 $\mu$	126 $\mu$
III	<u>O.</u> <u>robusta</u>	126 $\mu$	180 $\mu$	144 $\mu$
IV	<u>O.</u> <u>rzedowskii</u>	108 $\mu$	129 $\mu$	122 $\mu$
V	<u>O.</u> <u>streptacantha</u>	100 $\mu$	111 $\mu$	108 $\mu$
VI	<u>O.</u> <u>sp.</u>	139 $\mu$	270 $\mu$	200 $\mu$
VII	<u>O.</u> <u>incarnadilla</u>	90 $\mu$	167 $\mu$	144 $\mu$

En cuanto al grosor de la hipodermis, se observa que la O. hyptiacantha Web., presenta los valores mínimos más bajos. Las O. sp. nov. y O. rzedowskii Schein., presentan valores iguales. Las demás especies presentan cada una un valor distinto, lo que puede ser interpretado como valores específicos debido a factores genéticos y como adaptación para almacenar agua en sus células.

En cuanto a los valores máximos en el grosor de la hipodermis, cada una de las especies aquí estudiadas tienen valores distintos, esto se puede interpretar de la misma manera - que los valores mínimos en esta característica.



En cuanto a los valores más frecuentes que podríamos interpretar como valores óptimos en la respuesta tanto de factores genéticos como de factores ambientales y que las especies que tienen su distribución original en condiciones de mayor aridez presentan tanto de factores genéticos como de factores ambientales y que las especies que tienen distribución original en condiciones de mayor aridez presentan una hipodermis más desarrollada como se observa en el histograma (fig. 21B).

Se observa que las O. hyptiacantha Web., y O. streptacantha Lem., presentan igual grosor de la hipodermis y las O. robusta Wendl., y O. incarnadilla Griff., también presentan valores iguales.

Las demás especies presentan cada una un valor distinto, además todos los valores más frecuentes en esta característica con valores intermedios entre los valores mínimos y los valores máximos como se observa en el histograma (fig. 21B).

## VIII. Conclusiones

### 1.- Tipo de estomas

Consideramos que en el material estudiado el tipo de estomas (Radford, 1974: 891) no se presta como característica taxonómica distintiva entre las especies consideradas. El tipo de estomas patrón es el tetracítico, habiendo especies en las que se asemeja al tipo paracítico, -- mientras en otras especies su tipo estomático tiene más semejanza con el cilocítico (figs. 14 y 15).

### 2.- Dimensiones de los estomas

El largo de los estomas es una característica de las medidas variables, lo que concuerda con las conclusiones a que llegó Conde (1975: 425) en su estudio de la epidermis de cinco especies de Opuntia.

Entre tanto, esta característica presenta valores que varían dentro de un rango, habiendo siempre un valor más -- frecuente para cada especie (figs. 19, 20 y 21).

Conde (op. cit.: 461) demuestra que la mayor longitud de los estomas es directamente proporcional a la poliploidia (caracter que no hemos estudiado en el presente trabajo).

3.- Hundimiento de los estomas

Es claro de los resultados analizados que los factores ambientales son decisivos en el hundimiento de los estomas, siendo un estímulo al cambio de los factores genéticos que permiten que cada especie se adapte mejor al medio al cual se encuentra subordinada, observamos que a mayor aridez cada especie presenta estomas menos hundidos (fig. 20).

4.- Grosor de la cutícula

Generalmente se piensa que la principal función de la cutícula es la protección a la evapotranspiración. Entretanto, en nuestro trabajo, hemos constatado que las observaciones de Sudzuki (op. cit.) y de Moresnett (1970) sobre resistencia cuticular a la pérdida de agua, está correlacionada inversamente con la humedad relativa del aire, siendo que en condiciones de mayor aridez menor el grosor de la cutícula, Conde (op. cit.) sugiere que puede ser reversible los cambios en la resistencia cuticular según la acción del medio ambiente. Se puede pensar que tanto factores ambientales como genéticos determinan el grosor de la cutícula en las especies estudiadas, lo que también fue confirmado por Conde (op. cit.: 460-461). El mismo autor demuestra que el espesor de la cutícula es directamente proporcional a la poliploidia.

5.- Diámetro de los cristales

Observamos que esta característica es directamente proporcional a la salinidad del suelo y a la aridez ambiental.

Según Cutter (1969 v.1.: 36) los cristales pueden a veces tener valor taxonómico así como en la familia Compositae hay cristales prismáticos, entretanto, en las especies que estudiamos todas presentan el mismo tipo de drusas y presentan el mismo valor más frecuentes.

6.- Grosor de la hipodermis

El grosor de la hipodermis es una característica específica determinada por factores genéticos que responden a la acción de factores ambientales que les permite mayor o menor almacenamiento de agua.

Es significativo que cada especie estudiadas presentan valores diferentes en valor máximo en el grosor de la hipodermis (fig. 21B).

Creemos que en el presente trabajo no hemos analizado exhaustivamente todos los parámetros que influyen sobre las plantas y creemos que para el futuro podriamos continuar el estudio haciendo:

- 1.- Con mayor número de localidades para cada especie, y así comprobar la exactitud de los resultados obtenidos en esta investigación.

2.- Observar como varían otras especies del género Opuntia en relación a las seis características estudiadas. Además investigar: a) la medición de los estomas en las distintas etapas de crecimiento de la planta para verificar si los valores mínimos, máximos y más frecuentes de las dimensiones del aparato estomático varían con la edad o están determinados por condiciones ambientales; b) determinar si el diámetro máximo de los cristales es directamente proporcional al tamaño de las células hipodérmicas; c) plantear un experimento ecofisiológico para verificar si el poco hundimiento de los estomas es una característica que favorece a las plantas para la absorción del vapor de agua atmosférica.

IX. Literatura Consultada

- Anthony, M.S. 1949.- An ecology and sistematic analisys of ge-  
nus Opuntia Miller in the Big Bend region of Texas. Ph.  
D. dissertation, University of Michigan. 217 pp.
- Bailey, I.W. 1916.- The significance of the reduction of ve--  
ssels on the Cactaceae. Journ. Arnold. Arbor. 47: 288-292.
- Backeberg, C. 1977.- Deskakteenlexicon. Gustav. Fisher Verlag  
stuttgart, Jena. 822 pp.
- Bedelian, J. 1911.- Recherches anatomiques sur les Cactées au  
point de vue de leur adaptation au climat sec. Nuovo Giorn.  
Bot. Ital. n.s. 18: 399-458.
- Bravo, H.H. 1937.- Las Cactáceas de México. Imprenta Universita  
ria. México. 755 pp.  
\_\_\_\_ 1979. Ibid. 2a. ed. v.I, 743 pp.
- Cutter, E. G. 1969.- Plant Anatomy: Experiment and Interpreta--  
tion. Part I. Addison Wesley Publishing Company. California  
168 pp.
- Conde, L.F.- Anatomical comparisons of five species of Opuntia.  
Ann. Mo. Bot. Gard. 62: 225-227.
- Delf, E.M. 1912.- Transpiration in succulent plants. Ann. Bot.  
(London) 26: 409-442. Quer P.F. 1953. Diccionario de Botá-  
nica. Ed. Labor. México. 1244 pp.
- Ganong, W.F. 1895.- Present problems in the anatomy, morphology  
and biology of the Cactaceae. Bot. Gaz. (Crawfordsville) -  
20: 129-138, 213-221.
- García, E. 1978.- Los climas del Valle de México, 2a. impr. pu-  
bl. Col. Postgrad. Chapingo SARH. México. 63 pp.
- Killian, C. & G. Lemée. 1956.- Les xerophytes: leur économie -  
déau. Encycl. Pl. Physiol. 3: 787-824
- Lee, B. & J.H. Priestly. 1924.- The plant cuticle. I. Its struc-  
ture, distribution and function. Ann. Bot. (London) 38: 525-  
545.
- Markle, M. S. 1917.- Root systems of certain desert plants. Bot.  
Gaz. (Crawfordsville) 64: 177-205.

- Martin, J.T. & B.E. Junniper. 1970.- The cuticle of plants. Edward Arnold, London.
- Moreshet, S. 1970.- Efecct of enviromental factors on cuticular transpiration resistance. Pl. Physiol. 46: 815-818.
- Pendoun, W.T. 1931.- Plant anatomy as conditioned by light in tensity and soil moisture. Amer. Jour. Bot. 18: 558-572.
- Preston, C.E. 1900.- Observations on the root system of certain Cactaceae. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 30: 348-351.
- Price, J.L. 1970.- Ultrastructure of druce crystal idioblasts in leaves of *Cercidium floridum*.
- Radford, E.A. Dickinson, C.W. Massey, R.J. Bell, R.C. 1974.- Vascular plant systematics. Harper & Row, Publishers,
- Rzedowski, J.R. 1959.- Las principales zonas áridas de México y su vegetación Bios. 24 pp.
- \_\_\_\_\_ 1978.- Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- Sax, K. & H.J. Sax. 1937.- Stomatal size and distribution in diploid and polyploi plants. Jour. Arnold. Arbor. 18: 164-172.
- Skoss, J.D. 1955.- Structure and composition of plant cuticle in relation to enviromental factors and permeability. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 117: 55-72
- Sokal, R.R. 1963.- Principles of numerical taxonomy. W.H. Freeman and Company. San Francisco. 359 pp.
- Sudzuki, F. 1966.- Structure and composition of plant cuticle in relation
- \_\_\_\_\_ 1966.- Absorción foliar de humedad atmosférica en Tamarugo. I. Bol. Téc. Est. Exp. Afron. Univ. Chile. 30: 1-23
- \_\_\_\_\_ 1967.- Ibid. II. Aplicación foliar de THO en plántulas de Tamarugo. Bol. Téc. Est. Exp. Afron. Univ. Chile. 7-9.
- \_\_\_\_\_ 1969. Ibid. III. Absorción foliar atmosférica en Tamarugo Bol. Téc. 30. Fac. Agr. Univ. Chile. 10-32.
- \_\_\_\_\_ 1975.- Captación y economía del agua en plantas que viven en ambientes de desierto. Bol. Téc. Fac. Agr. Univ. Chile. 38-47.