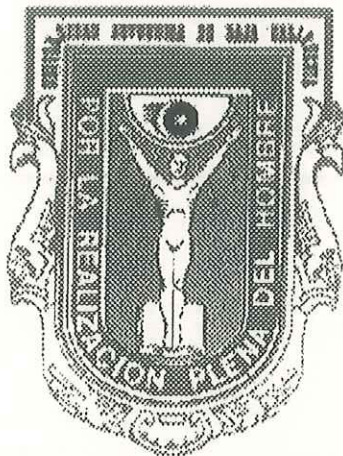


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



**ESTUDIO PALINOLOGICO DEL GENERO  
OPUNTIA (subgénero *Cylindropuntia*, Cactaceae)  
DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

Tesis Profesional  
que para obtener el título de

**BIOLOGO**

presenta

**Patricia Guadalupe Núñez Pérez**

Ensenada, B. C., México

Abril de 1995


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS


ESTUDIO PALINOLOGICO DEL GENERO OPUNTIA  
(Subgénero *Cylindropuntia*, Cactaceae) DE BAJA CALIFORNIA,  
MEXICO.

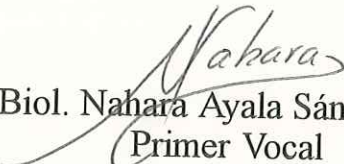
Tesis Profesional  
Que presenta

**Patricia Guadalupe Núñez Pérez**

Aprobada por:

  
Biol. José Delgadillo Rodríguez  
Presidente

  
Dr. Carlos Ochoa Morales  
Secretario

  
Biol. Nahara Ayala Sánchez  
Primer Vocal

# AGRADECIMIENTOS

Al Creador de la naturaleza.

A mis padres: Por haberme apoyado siempre, y por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria, y a los cuales les tengo todo mi cariño y respeto.

A mi esposo: Por apoyarme en todo momento y seguir siempre a mi lado. Al que debo la presentación y edición de este trabajo, que le dedico con todo mi cariño.

A la M. en C. Beatriz Ludlow, por enseñarme el mundo de la palinología y por el gran apoyo brindado durante mi estancia en Cd. Universitaria, D.F.

A el M. en C. Jon Rebman, por enseñarme a conocer mas acerca de las cactáceas y las chollas de B.C. y por el gran apoyo en la colecta de polen, ya que es la primera colecta de polen debido a la escasez de material en el herbario.

Al Biol. José Delgadillo por haber aceptado dirigir esta tesis y por el apoyo brindado para su realización.

Este trabajo se realizó con la ayuda de muchas personas, a las cuales les agradezco la gran ayuda que recibí de ellos:

A mis amigos: L.C.C. Edel López, M.C. Sandra Ayala y Sra. Bertha A. Macías.

Al personal de la Facultad de Ciencias de la UABC que me apoyó durante la realización de este trabajo. En especial a las siguientes personas: L.C.C. Mary Cervantes, Dra. Meredith Gould, M. C. Jose Luis Stephano, Dra. Ileana Espejel, M. C. Saúl Zavala, Biol. Mary Reséndiz, Dr. Gorgonio Ruiz, Biol. Nahara Ayala, Tec. Manuel Ornelas, Tec. Fernando Moreno.

A mis maestras M. C. Nelly Diego y Biol. Lourdes Olivera, de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Al personal del Instituto de Física de la UNAM, subsede Ensenada. En particular a: Dr. Miguel Avalos, M.C. Armando Reyes y Tec. Gumersindo Vilchez.

Al personal del Instituto de Astronomía, subsede Ensenada. En especial a: Dr. Alberto López, Tec. Ma. Elena Jiménez y Sra. Renée Graeff.

# RESUMEN

El presente trabajo es un estudio morfológico de polen del género *Opuntia* (subgénero *Cylindropuntia*, Cactaceae) del estado de Baja California, México, donde se analizaron las siguientes especies: *Opuntia acanthocarpa*, *O. bigelivii*, *O. ganderi* var. *catavinensis*, *O. cholla*, *O. echinocarpa*, *O. molesta*, *O. munzii*, *O. parryi* var. *parryi*, *O. parryi* var. *serpentina*, *O. prolifera*, *O. rosarica*, *O. tesajo* y *O. wolfii*. Se utilizó la técnica de acetólisis de Erdtman (1952) con ligeras modificaciones. El medio de montaje fué gelatina glicerizada con dimetilsulfóxido. Se midió el diámetro del grano de polen; el grosor de la exina, sexina, y endexina; el largo y ancho de los poros y la distancia entre los mismos. Se utilizó la prueba estadística de análisis de varianza de un vía, y se detectó que las especies estudiadas sí presentan diferencias significativas entre sí. Se lograron distinguir cuatro tipos morfológicos: granos periporados, micropolen, y en menor proporción los granos gemados e intactados. Con los resultados obtenidos se elaboró una clave palinológica la cual considera el diámetro, el grosor de la exina y la distancia entre los poros del grano de polen. Estas características se utilizaron para agrupar las especies de acuerdo a las semejanzas y diferencias de las mismas, lo cual es de gran utilidad para el estudio de esta familia de plantas.

Esta tesis se realizó bajo la dirección del Biol. José Delgadillo Rodríguez, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, y de la M. C. Beatriz Ludlow Wiechers, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Contando además con la participación del M. C. Jon Rebman de Arizona State University.

# INDICE

I.- INTRODUCCION .....	1
II.- ANTECEDENTES .....	3
a).- Aspectos generales .....	3
b).- Estudios palinológicos de la familia Cactaceae. ....	5
c).- Algunos aspectos taxonómicos. ....	10
d).- Sistemática de la familia Cactaceae .....	13
III.- OBJETIVOS .....	14
IV.- METODOLOGIA .....	15
a).- Técnica de acetólisis .....	16
V.- RESULTADOS .....	20
a).- Descripciones palinológicas .....	20
b).- Análisis estadístico .....	47
c).- Clave palinológica para el subgénero <i>Cylindropuntia</i> (chollas) de Baja California .....	50
VI.- DISCUSIONES .....	52
VII.- CONCLUSIONES .....	55
VIII.- LAMINAS .....	57
IX.- GLOSARIO .....	122
X.- BIBLIOGRAFIA.....	125

## I.- INTRODUCCION

La familia de las cactáceas es un grupo casi exclusivo del nuevo mundo (al género *Rhipsalis* se le encuentra en Africa y Madagascar), presentando de 50 a 1500 géneros y 1500 a 2000 especies (Walters y Keil, 1988), desarrollándose tanto en el norte como en el sur de América, pero especialmente en México donde muchos de los géneros son nativos (Davis y Heywood, 1963).

Pocos son los autores que han trabajado sobre la palinología la flora de Baja California. Palacios (1980), describió en forma general los granos de polen de 17 especies del género *Yucca* para la República Mexicana, mencionando a *Yucca whipplei* para Baja California. La tribu Antirrhineae (Scrophulariaceae) fue estudiada por Elisen (1986), describiendo el polen de algunas especies de Baja California, como *Antirrhinium coulterianum*, *A. nuttallinum*, *Gambelia speciosa*, *Mohavea confertiflora*, *Pseudorontium cyathiferum*, y *Saccalaria juncea*. Praglowski (1987), describe para Baja California la morfología del polen de 3 especies; *Kallstroemia californica*, *K. peninsularis*, y *K. parviflora*.

En el caso específico de la familia Cactaceae, este tipo de estudios son más bien nulos, contándose sólo con descripciones morfológicas generales de especies que se distribuyen en el suroeste de Estados Unidos pero que también se encuentran en la península de Baja California.

Este trabajo tiene como objetivo, la descripción palinológica detallada del subgénero *Cylindropuntia* en Baja California, así como el desarrollo de una clave palinológica. Los resultados obtenidos servirán como base para trabajos posteriores sobre taxonomía, florística, geología, paleoclimatología y paleobotánica, ya que el polen es una estructura muy resistente y preservable, y su morfología posee características de relevancia diagnóstica.

Aún falta mucho por hacer en cuanto a aspectos taxonómicos y ecológicos de la familia Cactaceae para Baja California, pero sobre todo existe la necesidad de realizar más estudios palinológicos, en general sobre la flora de Baja California, ya que contamos con un gran porcentaje de especies endémicas dentro de las cuales, en el subgénero *Cylindropuntia*, tenemos a *Opuntia tesajo*, *O. molesta*, *O. rosarica*, *O. burrageana*, *O. echinocarpa* var. *nuda*, *O. brevispina*, *O. ciribe*, *O. cineracea*, y *O. santamaría* (Wiggins, 1980).

## II.- ANTECEDENTES

### a).- Aspectos generales

La Palinología es un término introducido por Hyde (citado por Zaenz, 1978) que se refiere a la rama de la paleontología que trata el estudio de las esporas y polen fósiles, siendo de gran importancia en estudios estratigráficos del cuaternario.

Vista desde la superficie, la exina de muchas especies muestra espinas, depresiones, araeolas y otros tipos de ornamentaciones. Estas marcas externas, y la forma del grano de polen, son las características que pueden utilizarse en los estudios taxonómicos (Wodenhouse, 1935). Ultraestructuralmente la exina presenta muchas veces una estructura porosa (Larson *et al.* 1962).

La intina varía en grosor y, en una especie dada, es más o menos gruesa en la región del colpo. Además, no presenta ornamentaciones (Esau, 1976). La intina está formada principalmente por poliuronidos o una mezcla de estos y polisacáridos, pero en su parte interna contiene también celulosa.

Debido a la gran variedad de tipos polínicos en el Reino Vegetal y a la fijeza de los caracteres morfológicos dentro de un mismo taxón, la palinología fue convertida pronto en una fuente de caracteres utilizables en taxonomía (Zaenz, 1978).

Como primera norma para la aplicación de la palinología a la sistemática y a la filogenia, se establece, que salvo excepción, el género es el rango básico. Ello significa que, en general, es difícil encontrar diferencias muy significativas a nivel infragenérico (Zaenz, 1978). Aunque otros autores como Tsukada (1964) han encontrado estas diferencias hasta nivel intraespecífico.

Ludlow (1984), menciona que los caracteres polínicos son verdaderos reveladores del parentesco y procedencia de los diversos grupos taxonómicos, en consecuencia todas las familias de Angiospermas dicotiledoneas que conservan un polen monosulcado han sido situadas por la mayoría de los filogenistas modernos como los miembros más antiguos de sus respectivos grupos.

El polen provee una fuente confiable de caracteres taxonómicos porque presenta muy poca variación intraespecífica. Sin embargo, taxa diferentes muy frecuentemente presentan diferencias significativas en la estructura y ornamentación de la superficie (Trudel y Morton, 1992).

## b).- Estudios palinológicos de la familia Cactaceae.

Los estudios taxonómicos de esta familia han tenido un gran desarrollo desde el siglo XIX (Davis y Heywood, 1963). La investigación de la morfología del polen de esta familia empezó con Kurtz (1948) quien realizó un estudio de granos de polen de especies nativas de Arizona, donde muestra que los granos son de dos formas. Cada forma básica puede ser subdividida posteriormente por tamaño, ornamentación de la exina, número y posición de los poros germinales de los granos de polen, por lo cual se pueda distinguir el género, subgénero y algunas especies. La identificación de algunos géneros y especies en base a la morfología del grano de polen a veces es un poco impráctico, aunque si se tiene conocimiento previo del género, el tamaño del polen puede ser un auxiliar para distinguir a nivel de especie, como es el caso para *Echinocereus* (Kurtz, 1948). Este mismo autor (1963) menciona que a la fecha se han analizado palinológicamente 110 géneros y aproximadamente 700 especies diferentes. Benson (1982) hace un estudio de la morfología del polen de *Opuntia acanthocarpa*, *O. violacea*, *O. basilaris*, *O. erinacea*, *O. fugida*. y *O. fragilis*.

Leuenberger (1976), al realizar un estudio palinológico de polen en 630 especies de cactáceas, tanto en microscopio óptico como en electrónico de barrido, observó y tomó en cuenta el tamaño, número, posición y características de las aberturas, además de la calidad y densidad de la exina y elementos estructurales.

La subfamilia Opuntioideae (Thorne, 1992) es palinológicamente un grupo heterogéneo y se caracteriza por poseer granos periporados, sobresaliendo con mayor número de aberturas la especie *Pereskia* con 31 poros, mientras que se encontró el menor número de aberturas en *O. macbridei* y *O. glaucescens*; estas dos especies se encuentran en la transición de hexacolpado y hexaporado (ó 6 pantoporado) que puede ser interpretada como una reducción de las formas de los granos 12 pantoporado, común en el subgénero de *Platyopuntias*. Las exinas de *Pereskiopsis*, *Brasiliopuntia* y *Quiabentia* presentan relaciones con Pereskioideae mientras que en otros géneros son más especializadas. Las opuntias con tallos cilíndricos como es el caso de las chollas, presentan una exina con ornamentación claramente diferente a la de *Platyopuntia*, pero en *Nopalea* y *Taciga* las perforaciones de tectum son muy pequeñas, a diferencia de otros géneros dentro de la subfamilia (Leuenberger, 1976).

Kurtz (1963), realizó una revisión de 108 géneros de cactáceas, en el cual menciona a *Cylindropuntia* con granos de polen que presentaron diámetros de 65 a 120 $\mu$ m, con 12 poros y con la exina con puncta. Así mismo, este mismo autor señala que en general la descripción de polen de la familia Cactaceae, permanece igual de acuerdo con Kurtz (1948), excepto por la reciente detección de espínulas pequeñas en varios géneros.

En relación a claves desarrolladas para cactáceas, en base al grano de polen, Tsukada (1964) desarrolló una clave tentativa, clasificando a la familia en ocho principales grupos de acuerdo al número de colpos y poros, y la forma de los granos de polen. El primer grupo

presenta granos tricolpados, el segundo grupo presenta granos seis pantocolpados, el tercer grupo presenta granos 9 pantocolpados, el cuarto grupo 12 pantocolpados, el quinto grupo 15 pantocolpados, el sexto grupo 9 pantoporados, el séptimo grupo 12 a 15 pantoporados con forma poliédrica y por último el grupo de los 12 a 15 pantoporados con forma global, en los cuales se encuentra el subgénero *Cylindropuntia*. Para el nivel de subdivisión, este mismo autor basó sus claves en el patrón de la exina.

El subgénero *Cylindropuntia* se distingue por poseer un exina con puncta. El género *Opuntia* presenta granos dodecolpados, cúbicos y dodecaédricos de 65-130 $\mu$  de diámetro, exina gruesa con puncta o reticulada, con poros planos a convexos, usualmente con un poro germinal en el centro de cada 12 hexágonos más o menos regulares y seis gruesos, muy reticulados o tetragonos con puncta. La exina en muchas especies es gruesa excepto en los bordes de los exágonos o en los poros. El grado de reticulación o puncta es el carácter más consistente en cada especie (Tsukada, 1964).

Kurtz (1963), analizó algunas especies del subgénero *Cylindropuntia*, de las cuales encontramos algunas de interés para nuestro estudio: *Opuntia bigelovii* de 80 a 120 $\mu$ m (generalmente 98 $\mu$ m) con poros germinales convexos y muchos granos de tamaño irregular. *O. echinocarpa* de 98 a 100 $\mu$ m de diámetro, poros granulares planos a convexos y *O. acanthocarpa* de 107 $\mu$ m de diámetro, poros convexos y punteados con márgenes irregulares.

Tsukada (1964), también menciona que la exina de polen en la mayoría de las especies de cactáceas, a excepción de *Platyopuntia*, puede ser agrupado principalmente en aquellas que presentan exina puntitegillada. Este término es mejor utilizarlo como característica de la familia. Así mismo, este autor considera que una de las características más efectivas o representativas para la clasificación del polen de cactáceas, se encuentra ubicada tanto en la zona de báculas como en la zona tegilada; por lo que clasifica a la ektexina en tres tipos de acuerdo a sus características: punctibaculada, espinulada y reticulada.

La punctibaculada (que es la que caracteriza al subgénero *Cylindropuntia*), fué propuesta por Tsukada (1964) como un nuevo término palinológico, para la parte sólida protuberante de la bácula, la cual presenta un patrón -LO (ó patrón reticuloide negativo en la base, semejante a un retículo). Este término es utilizado en contraste con la denominación de ektexina punctitegillada la cual es utilizada, según Erdtman (1952), para los elementos con tegilium perforado. Se conocen dos tipos de ektexina punctibaculada, la compacta y la aislada (Tsukada, 1964).

De manera específica Tsukada (1964), refiere para el género *Opuntia* (*Cylindropuntia* y *Corynopuntia*), granos de 9 a 15 pantoporados, granos esféricos y poros circulares de 15 a 26 $\mu$ m de diámetro que están cubiertos con un opérculo granular. La ektexina punctibaculada es más gruesa que la endexina, pero ésta se adelgaza hacia los poros. La forma basal de las báculas varía de una especie a otra, el tegilium presenta perforaciones de 1 $\mu$ m, endexina delgada de 1 $\mu$ m y no se extiende a los poros.

Tsukada (1964) también menciona que otro caracter diagnóstico a nivel de especie es la forma de la báculo en su base y su número por cada  $100\mu\text{m}^2$ . En el caso de las especies utilizadas en este estudio, describe tres especies, clasificándolas dentro del grupo con granos 12-15 pantoporados: *Opuntia acanthocarpa*, con frecuencia de báculo por  $100\mu\text{m}^2$  de 9 a 14 (tipo A) y de 10 a 15 (tipo B), con un diámetro de 93.1 a  $122.5\mu\text{m}$ ; *O. echinocarpa*, con frecuencia de báculo por  $100\mu\text{m}^2$  de 10 a 15, diámetro del grano de 82.2 a  $100.5\mu\text{m}$ , báculo elongada y con punta suave.

### c).- Algunos aspectos taxonómicos.

Los taxónomos toman en cuenta a los granos de polen sólo cuando están realizando un estudio de algún grupo de plantas en particular siendo estas observaciones muy superficiales, tendiendo a pasar por alto las características morfológicas, y como resultado de la falta de información de caracteres palinológicos, raramente son utilizados para hacer relaciones taxonómicas (Fægri e Iversen, 1966). Sin embargo, la morfología del polen es altamente significativa para los taxónomos y no hay duda de que se debe emplear la palinología como un dato relevante y más accesible (Davis y Heywood, 1963).

La pregunta de qué caracteres son importantes en las especulaciones filogenéticas de las cactáceas es un problema cuya solución es difícil de resolver. Sin embargo, Fosberg (1931) considera que los órganos reproductivos son particularmente más útiles en dichas especulaciones, desde un punto de vista botánico, en comparación con los órganos vegetativos, porque están menos influenciados por las condiciones ecológicas cambiantes .

Tsukada (1964), asume en su trabajo que la morfología del polen en cactáceas quizás haga posible conocer la filogenia de la familia ya que los órganos reproductivos de los organismos son en general más conservativos que los vegetativos.

Los principales caracteres de valor taxonómico en los granos de polen son: el número y posición de los sulcos o colpos; el número, posición y complejidad de las aberturas y la forma de la ornamentación de la exina (Davis y Heywood, 1963).

Leuenberger (1976), sugiere que las características del polen pueden ser de gran ayuda en la discusión de problemas de tipo taxonómico y evolutivo. En el caso de géneros problema se requiere un mayor espectro de muestras de polen como base para tal discusión.

Jarvis (1981), al estudiar los granos de polen de la subtribu Borzicactinae (Cactaceae) menciona la importancia de la palinología en la elucidación a nivel de género. En cuanto a relaciones con otras familias, Hutchinson, (en Erdtman, 1979), menciona que las Caryophyllales presentan aberturas simples, dentro de las cuales tenemos a las familias, Caryophyllaceae, Portulacaceae y Molluginaceae, además de Cactaceae (Thorne, 1992).

La taxonomía ha mostrado que se ha beneficiado tanto macroscópica, microscópica como ultramicroscópicamente de los caracteres de polen. Aunque los resultados están frecuentemente de acuerdo con las clasificaciones establecidas, deberán ser tratadas cuidadosamente y no deben ser interpretadas sin tener otras líneas de evidencia. La interpretación de ciertas estructuras, el grado de variación y elucidación de las tendencias siguen causando preocupación y debe de recordarse que las características de polen son sujetas a paralelismo y convergencia, así como otros caracteres utilizados por el taxónomo. La evidencia palinológica debe ser utilizada para ubicar a taxa de incierta afinidad, para sugerir arreglos, separaciones, así como corroboraciones de evidencia de otras líneas. Ahora es posible estudiar hasta detalles finos estructurales de polen fósil, abriendo así las posibilidades de nueva evidencia filogenética. Podemos esperar que la morfología del polen juegue un gran papel tanto en la taxonomía fenológica comparativa como en interpretaciones evolutivas (Davis *et al.* 1963).

Finalmente, las variaciones en la morfología del polen, que se pueden presentar en cualquier especie, pueden ser estenopalinos o euripalinos (Davis y Heywood, 1963). Por ejemplo tenemos a *Rorippa silvestris* cerca de Suiza, que presenta diferentes tipos de polen, los típicos de crucíferas con tres colpos, granos muy grandes inaperturados y transiciones entre estos dos tipos. En el estudio de algunas especies puras, el polen a veces se encuentra heterogéneo, polimórfico (con disturbios meióticos) o degenerado. Esto sugiere que las especies “puras” puedan ser híbridos (Erdtman, 1979).

d).- Sistemática de la familia Cactaceae (Thorne, 1992).

**Clase:** Magnoliopsida

**Superorden:** Caryophyllanae

**Orden:** Caryophyllales

**Suborden:** Caryophyllineae

**Familia:** Cactaceae

**Género:** Opuntia

**Subfamilia:** Opuntioideae

**Subgénero:** Cyllindropuntia

### III.- OBJETIVOS

- a).- El presente trabajo tiene como principal objetivo realizar un análisis morfológico del polen de las plantas de la familia Cactaceae en el estado de Baja California, específicamente a trece especies del género *Opuntia* (subgénero *Cylindropuntia*).
  
- b).- Caracterizar los granos de polen de las especies de la familia Cactaceae, del subgénero *Cylindropuntia* de Baja California, México.
  
- c).- Contribuir a la formación de la sección palinológica en el Herbario BCMEX de la Facultad de Ciencias de la U.A.B.C.

## IV.- METODOLOGIA

Se utilizó para este estudio la acetólisis (Erdtman, 1952), con algunas modificaciones. Esta técnica es utilizada en más de tres cuartas partes de los estudios palinológicos como único método de preparación (Hesse y Waha, 1989).

Según Pragłowski (1970), la acetólisis da mejores resultados al colapso del grano que el tratamiento con hidróxido de potasio (KOH), donde, el material acetolizado presenta más granos perfectos o escasamente colapsados que con el material tratado con KOH.

La palinología moderna también infiere en la función y el desarrollo del polen por lo que se requiere información de las partes sin sporolenina (intina) la cual no puede ser observada por el método de acetólisis. Desde el punto de vista de la investigaciones realizadas tanto el polen acetolizado como el no acetolizado, este método se ha utilizado de manera obligatoria para tener una visión mas balanceada de la estructura y función del polen (Hess y Waha, 1989).

La metodología de estudio consistió en dos etapas:

- 1.- Obtención de material de estudio:** Se tomaron muestras de polen de flores y botones florales en campo, así como también se utilizó material del herbario BCMEX de la Facultad de Ciencias de la U. A. B. C. Para cada uno de los ejemplares la información esta referida en cada una de las etiquetas de herbario.

**2.- Análisis descriptivo del polen:** Para el análisis descriptivo del polen, las muestras se trataron con la técnica de acetólisis (Erdtman, en Zaenz 1978), fotografiándolos en un fotomicroscopio American Optical, empleando película Plus-X 125 pan. Algunas de las muestras fueron observadas al microscopio electrónico de Barrido JOEL-JMST-20, fotografiándolas con placa Royal Pan 400-ASA. El medio de montaje para observar al microscopio óptico fue gelatina glicerizada con dimetilsulfóxido. Posteriormente se realizaron las descripciones morfológicas y morfométricas del polen, tomando 20 a 40 granos de polen de una especie de manera azarosa.

### a).- Técnica de acetólisis

- 1.- Se toma el material con pinzas y se deposita en tubos para centrífuga debidamente etiquetados. Si las flores son grandes como en el caso de algunas cactáceas, se pueden separar las estructuras florales como pétalos o sépalos, sin dañar o sacudir las anteras y estas se introducen en el tubo de ensaye.
- 2.- Se agrega un poco de agua destilada, hasta cubrir el material y se macera con cuidado usando una espátula de acero inoxidable. La maceración es lenta y sobre las paredes del tubo. Cada tubo debe tener su espátula, ya que de otra manera el material se contamina.

3.- Al producto obtenido, si es necesario, se le agrega agua destilada y se continúa con los siguientes pasos: Centrifugar por 3 minutos a 1500 RPM (revoluciones por minuto) y decantar.

Nota: Los tubos de ensaye que se introduzcan a la centrífuga deben ser antes equilibrados en una balanza granataria de platos dobles.

4.- Se prepara el baño maría para la acetólisis a una temperatura de 38°C.

5.- Se prepara en una campana con extractor de vapores la mezcla acetolítica que contiene nueve partes de anhídrido acético y una parte de ácido sulfúrico. Nota: La mezcla acetolítica es altamente corrosiva, no debe ponerse en contacto con la piel, ojos o cualquier otra parte del cuerpo. Debe manejarse con guantes y lentes protectores. Se prepara dejando escurrir las sustancias lentamente por las paredes de la probeta. Se agrega primero el ácido sulfúrico y posteriormente se agrega el anhídrido acético, lentamente y a intervalos, dejando que se mezclen lentamente. Dejar reposar la mezcla por varios minutos antes de utilizarla.

6.- Se agrega ácido acético glacial a los tubos hasta cubrir el material y un poco más. No se recomienda llenar el tubo si no es necesario. Se macera un poco el material, se centrifuga y se decanta.

- 7.- Se agrega ácido acético glacial, se centrifuga y se decanta. Antes de pasar a la mezcla acetolítica, se debe asegurar que el material no contiene agua, es decir que esté bien deshidratado.
  
- 8.- Dentro de la campana se agrega la mezcla acetolítica a los tubos y se mantiene en baño maría por un minuto a una temperatura de 38°C. Se agita la mezcla muy lentamente con la espátula, nunca hacia abajo, ya que si es de vidrio se puede romper y se ponen en contacto el agua y la mezcla acetolítica, produciendo una reacción violenta.
  
- 9.- Se suspende la reacción con ácido acético glacial, se centrifuga y se decanta. Esta decantación debe ser muy cuidadosa y lenta.
  
- 10.- Se agrega ácido acético glacial, se centrifuga y se decanta.
  
- 11.- Se lava con agua destilada, se centrifuga y se decanta.
  
- 12.- Se repite el paso anterior.
  
- 13.- Se observa la muestra al microscopio.

La muestra debe estar limpia, sin contenido orgánico antes de proceder al montaje de la misma (pasar al No. 18). En caso contrario se procede con lo siguiente.

- 14.- Se agrega KOH al 5%, apenas cubriendo el material, y se mantiene en baño maría durante 5 minutos a una temperatura de 50°C. Se agita el material muy lentamente.
- 15.- Se suspende la reacción agregando agua destilada, se centrifuga y decanta.
- 16.- Se agrega agua por segunda vez, se centrifuga y decanta.
- 17.- Se centrifuga con agua destilada y se decanta rápido sin agitar el fondo del tubo, para concentrar la muestra.
- 18.- Se agrega gelatina glicerada con dimetilsulfóxido al tubo de centrifuga que contiene la muestra. Se calienta en baño maría para que la gelatina se mezcle con la muestra.
- 19.- Se ponen 2 ó 3 gotitas en un portaobjetos, se distribuyen con un palillo de plástico limpio y se coloca un cubreobjetos. Este procedimiento debe ser rápido para que la gelatina no se enfríe y evitar que se formen burbujas.
- 20.- Las preparaciones se deben dejar secar por 2 ó 3 días.  
Se limpian los restos de gelatina y se sella con barniz.
- 21.- Se etiquetan las preparaciones poniendo la información del ejemplar de herbario (familia, género, especie, colector, número de colecta, herbario y estado).

## V.- RESULTADO

### a).- Descripciones palinológicas

Los valores de tamaño y otras magnitudes mensurables del grano de polen son promedios de las observaciones efectuadas en un ejemplar como mínimo y seis como máximo. La cifra dada entre paréntesis representa el valor promedio y las cifras anterior y posterior representan el valor mínimo y máximo, respectivamente, de la variación observada.

Cada taxa muestra la descripción morfológica polínica, además de otro tipo de información como el hábitat, tipo de vegetación y floración, que provienen de las etiquetas del ejemplar de referencia; algunos de ellos muestran además su correspondiente número cromosómico (n) y comentarios sobre la variación morfológica.

## 1.- *Opuntia acanthocarpa* Engelm & Big.

( $n = 33$ )

**Polen:** Esférico de  $102(110.4)126\mu\text{m}$  de diámetro.

**Exina:**  $7.14\mu\text{m}$  de grosor, sexina  $6.2\mu\text{m}$ , nexina  $0.95\mu\text{m}$ . Punctibaculada, diámetro superior de las báculas de 1 a  $2.4\mu\text{m}$ , distancia entre las baculas  $0.95\mu\text{m}$ , área fuertemente punctibaculada  $1.4\mu\text{m}$  alrededor del poro.

**Periporado:** El número de poros varía de 12 a 14; ancho del poro  $18(25)30\mu\text{m}$ ; largo del poro  $18(27.5)36\mu\text{m}$ ; distancia entre poros  $12(17.5)21.6\mu\text{m}$ .

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Abril

**Distribución:** Baja California, Arizona, California, Utah, Nevada y Sonora (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 7110 (BCMEX) Baja California,  $114^{\circ}45'$  oeste,  $30^{\circ} 56'$  al norte; Valle del Cardonal, al sur del aeropuerto de San Felipe. J. Rebman (2577) y J. Delgadillo.

**Otros ejemplares observados:**

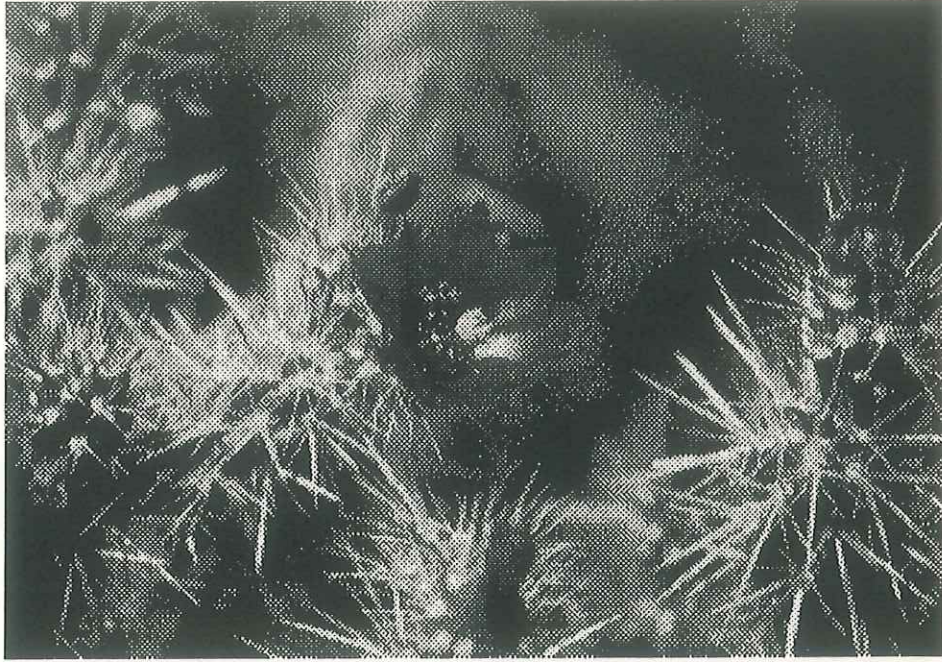
a) No. 6940 (BCMEX) Baja California,  $115^{\circ}16'$  oeste,  $31^{\circ}18'$  norte. Desierto de San Felipe; Km. 170 de la ruta 3, México, entre Ensenada y San Felipe; 3.5 millas al este de la desviación a la Col. San Pedro Mártir y Laguna del diablo. J. Rebman (2540).

b) No. 7081 (BCMEX) Baja California, 115°16' oeste, 31°18' norte; Desierto de San Felipe; Km. 170 ruta 3 México, entre Ensenada y San Felipe 3.5 millas al este de la desviación a la Col. San Pedro Mártir y la Laguna del diablo. J. Rebman (2544).

c) No. 7107 (BCMEX) Baja California, 115°03' oeste, 31°01' norte; Desierto de San Felipe, 9.2 millas al oeste de la ruta 5 México, Km. 179, camino a Agua Caliente y la sierra San Pedro Mártir. J. Rebman (2569).

d) No. 7073 (BCMEX) Baja California, 115°27' oeste, 31°18' norte; en el paso de San Matías; 5.8 millas al este del ejido San Matías (Francisco R. Serrano) sobre la ruta 3 entre Ensenada y San Felipe. J. Rebman (2681) con C. Cano y Lucero (posible nueva variedad, comunicación personal Jon Rebman).

**Variación morfológica de la especie:** De las muestras observadas se encontraron: a) micropolen de 48(50)53µm de diámetro, en un 1.4 a 1.9 %; b) granos intactados de 156µm en un 0.5 a 1.4 %; c) granos gemados de 96µm a 103µm de diámetro, en un 0.92 a 0.96%, y d) microgemados de 36µm de diámetro en un 18.7 a 22.6%.



**Fig. 1.** *Opuntia acanthocarpa*. (Fotografia tomada por J. Rebman, 1994).

## 2.- *Opuntia bigelovii* Engelm.

( $2n=33$ ,  $n=11$ )

**Polen:** Esférico de  $90(94.5)102\mu\text{m}$  de diámetro.

**Exina:** de  $8.09\mu\text{m}$  de grosor, sexina  $7.4\mu\text{m}$ , nexina  $0.71$  a  $0.95\mu\text{m}$ . Punctibaculada diámetro superior de las báculas  $0.47$  a  $1.4\mu\text{m}$ , distancia entre las báculas  $0.47\mu\text{m}$ , área fuertemente punctibaculada alrededor del poro  $1.4\mu\text{m}$ .

**Periporado:** Número de poros varía de  $12$  a  $14$ , largo del poro  $16.8(21.9)30\mu\text{m}$ , ancho del poro  $18(22.4)26.4\mu\text{m}$ , distancia entre poros  $10.8(16.3)20.4\mu\text{m}$ .

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Abril (febrero a mayo, Wiggins 1980)

**Distribución:** Baja California; al sur de Nevada, Arizona, California, al norte de Sonora y al norte de Baja California (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 6962 (BCMEX) Baja California, Desierto de San Felipe, a lo largo de la ruta 3 México, entre Ensenada y San Felipe; 3.5 millas al este de el camino a Col. San Pedro Mártir y Laguna del diablo. J. Rebman (2541)

**Otros ejemplares observados:**

a) No. 7105 (BCMEX) Baja California,  $115^{\circ}13'$  oeste,  $31^{\circ}03'$  norte. Desierto de San Felipe; aproximadamente 0.5 millas al oeste de la intersección sobre el camino a Agua Caliente y Laguna del diablo. J. Rebman (2565).

**Variación morfológica de la especie:** De las muestras observadas se encontró micropolen de 45.6(50.3)54  $\mu\text{m}$  de diámetro en un 18 a 36.4 % .



**Fig. 2.** *Opuntia bigelovii*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

### 3.- *Opuntia ganderi* Wolf var. *catavinensis* var. nov

(Nuevo taxa infraespecífico, comunicación personal de Jon Rebman, 1994)

( $n=11$ )

**Polen:** Esférico de  $74.4(89.52)105.6\mu\text{m}$  de diámetro.

**Exina:** de  $7.6\mu\text{m}$  de grosor, sexina  $6.6\mu\text{m}$ , nexina  $0.95\mu\text{m}$ . Punctibaculada, diámetro superior de las báculas  $1.43$  a  $2.38\mu\text{m}$ , distancia entre las báculas  $0.95\mu\text{m}$ , área fuertemente punctibaculada alrededor del poro  $4.76\mu\text{m}$ .

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro  $14.4(19.08)26.4\mu\text{m}$ , largo del poro  $12(19.5)28.8\mu\text{m}$ , distancia entre poros  $12(17.8)26.4\mu\text{m}$ .

**Hábito:** Suculenta.

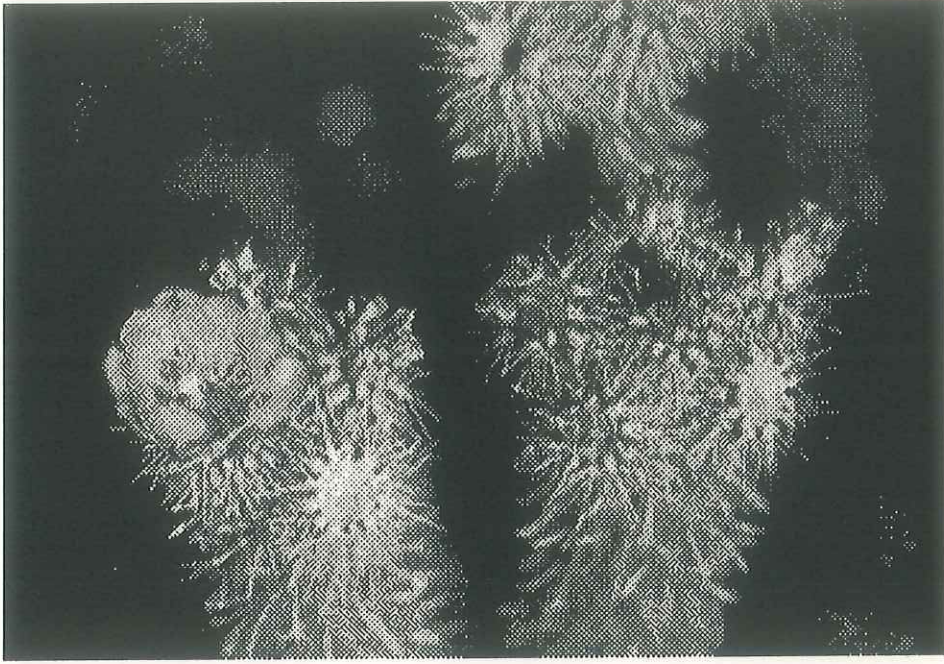
**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Mayo.

**Distribución:** Baja California (Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 6977 (BCMEX) Baja California,  $114^{\circ}45'$  oeste,  $29^{\circ}48'$  norte; al norte de Cataviña; 1.2 millas al noroeste del km 166 de la ruta 1 México; entre el Rosario y Cataviña. J. Rebman (2727) con P. Vincent

**Variación morfológica de la especie:** De las muestras observadas se encontró a) micropolen de  $34.8(38.7)42\mu\text{m}$  en un 0.67 a 4.6%; b) granos de tamaño mediano con una exina de  $6.6\mu\text{m}$ , lumen de  $1.9$  a  $2.4\mu\text{m}$ , y un área indefinida de  $1.43\mu\text{m}$ .



**Fig. 3.** *Opuntia ganderi* var. *catavinensis*. (Fotografia tomada por J. Rebman, 1994).

#### 4.- *Opuntia cholla* Weber.

( $n=11$  ,  $2n=33$  y  $n=22$ )

**Polen:** Esférico de 70.8(83.94)93.6 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** de 4.76 $\mu$ m de grosor, sexina 3.9 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada diámetro superior de las báculas 1.9 a 2.38 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.95 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 3.6 a 6 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 18(21.14)24 $\mu$ m, largo del poro 12(21.7)30 $\mu$ m, distancia entre poros 12(16.8)20.4 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral costero.

**Floración:** Abril a junio (abril a mayo, Wiggins 1980).

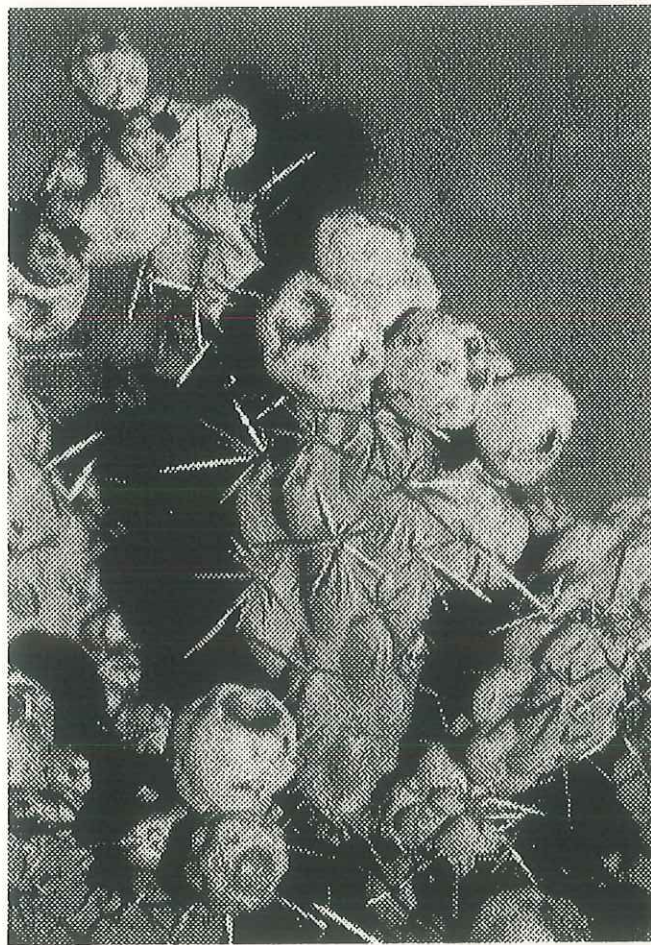
**Distribución:** Baja California, al oeste de Bahía Magdalena, y en las costas al este hasta Mulegé (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 7076 (BCMEX) Baja California, 116°40' oeste, 31° 52' norte; cultivada en el jardín botánico de la Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Ensenada. J. Rebman (2781).

**Otros ejemplares observados:** a) No. 7066 (BCMEX) Baja California, 113°59' oeste, 28°39' norte; al este de Rosarito sobre el camino a la misión de San Borja. J. Rebman (2630) con W. Hodgson.

b) No. 7085 (BCMEX) Baja California, 113°24' oeste, 28°05' norte; al norte de El Arco; al sur de Calmalli sobre la carretera, entre Pozo Alemán y Calmalli. J. Rebman 2823 (BCMEX) M. Resendiz y C. Cano.

**Variación morfológica de la especie:** De las muestras observadas se encontró micropolen de 39.6(47.5)60 $\mu$ m en un 2.4 a 2.6 % de las muestras.



**Fig. 4.** *Opuntia cholla*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

## 5.- *Opuntia echinocarpa* Engelm. & Bigel.

(*n*=11)

**Polen:** Esférico de 74.4(92.28)102 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** 4.76 $\mu$ m de grosor, sexina 3.8 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada, diámetro superior de las báculas de 1.42 a 2.38 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.95 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 3.6 a 4.8 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 14, ancho del poro 16.8(19.56)24 $\mu$ m, largo del poro 15.6(19.6)25.2 $\mu$ m, distancia entre poros 9.6(16.56)24 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

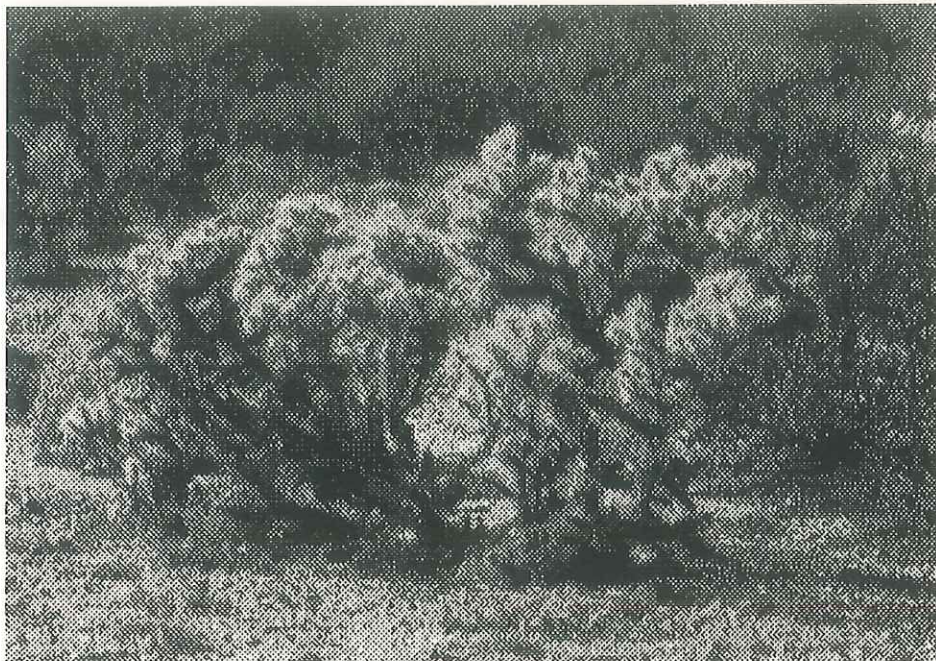
**Floración:** Abril a junio (marzo a abril, Wiggins 1980).

**Distribución:** Nevada, Utah, Arizona, California y Baja California (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 6363 (BCMEX) Baja California, 115°50' oeste, 32° 37' norte; aproximadamente 1.5 millas al norte de la ruta 2 México, entre La Rumorosa y Mexicali. J. Rebman (2065) con S. Hiraes.

**Otros ejemplares observados:** a) No. 7108 (BCMEX) Baja California, 115°34' oeste, 32° 31' norte; al sureste de Mexicali, aproximadamente 5 millas al este de la ruta 2 México, en la planta eléctrica y la intersección entre la ruta 2 (libre) y la ruta 2 (cuota). J. Rebman (2615).

**Variación morfológica de la especie:** De las muestras observadas se encontró micropolen de 27.6(33.9)42 $\mu$ m en un 3.6 a 3.8%.



**Fig. 5.** *Opuntia echinocarpa*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

## 6.- *Opuntia molesta* K. Brand.

(*n*=44)

**Polen:** Esférico de 96(112)144 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** 5.23 $\mu$ m de grosor, sexina 4.3 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada, diámetro superior de las báculas 1.42 a 2.38 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.71 a 1.42 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 2.4 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 14 a 16, ancho del poro 15.6(22.26)36 $\mu$ m, largodel poro vertical 18(22.2)31.2 $\mu$ m, distancia entre poros 14.4(20.52)26.4 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Mayo (abril, Wiggins 1980).

**Distribución:** Baja California y Baja California Sur en San Ignacio (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

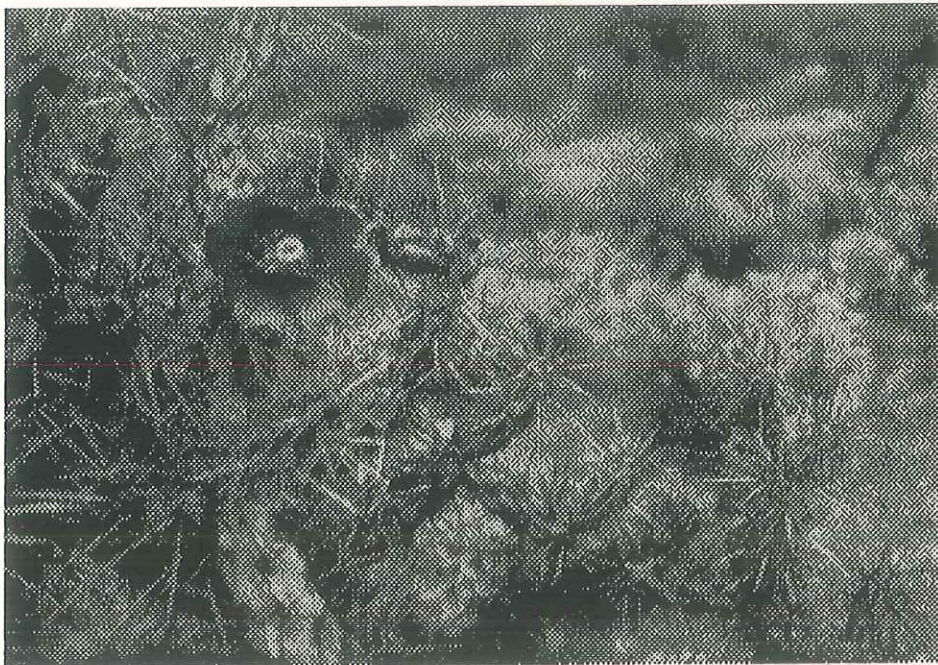
**Ejemplar de referencia:** No. 5141 (BCMEX) Baja California, a 3 millas al norte de Cataviñá en el Km. 170 en la ruta 1, y 0.3 millas oeste de la carretera. J. Rebman (1144) y K. Rice.

**Otros ejemplares observados:**

a) No. 6980 (BCMEX) Baja California, 115°27' oeste, 30°12' norte; al sureste del Rosario; hacia el norte de Km. 99 de la ruta 1 México, entre El Rosario y Cataviñá, y 5.4 Km. al este de la ruta 1 camino a Rancho Los Mártires. J. Rebman (2715) y P. Vincent.

b) No. 5090 (BCMEX) Baja California, 115°19' oeste, 30°05' norte; en el Km. 105 de la ruta 1; al sur del Rosario. J. Rebman (1422) con L. Ecker y H. Cota

**Variación morfológica de la especie:** En las muestras observadas se encontraron: a) micropolen de 36.18 $\mu$ m de diámetro en un 13.5 a 16.8%; b) granos intactados de 144 $\mu$ m de diámetro en un 6 a 10%, y c) algunos granos gemados de 140 $\mu$ m en un 2%.



**Fig. 6.** *Opuntia molesta*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

## 7.- *Opuntia munzii* C.B. Wolf.

( $n=11$  ,  $2n=33$ )

**Polen:** Esférico de 90(103.2)111.6 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** 7.14 $\mu$ m de grosor, sexina 6 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada, diámetro superior de las báculas 1.42 a 2.38 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.95 $\mu$ m. a 1.42 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 6 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 20(23.94)27.6 $\mu$ m, largo del poro 21.6(24.17)30 $\mu$ m, distancia entre poros 14.4(19.76)26.4 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Abril a mayo.

**Distribución:** Baja California (Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 7098 (BCMEX) Baja California, a 10 millas al suroeste de San Felipe, en Valle de Saguaros. J. Rebman (2576).

**Otros ejemplares observados:**

a) No. 7070 (BCMEX) Baja California, 115°22' oeste, 31°17' norte; cerca de el Paso de San Matías. J. Rebman (2680).

**Variación morfológica de la especie:** En las muestras observadas se encontró micropolen en un 0.73 a 1.6%, en la muestra tomada del ejemplar J. Rebman 2680, sólo se encontraron granos gemados de 162 $\mu$ m diámetro y algunos intactados de 90.4 $\mu$ m.

## 8.- *Opuntia parryi* var. *parryi* Engelm.

( $n=11$ )

**Polen:** Esférico de 90(94.2)98.4 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** 6.6 $\mu$ m de grosor, sexina 5.6 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada, diámetro superior de las báculas 0.95 a 1.90 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.95 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 4.8 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 14.4(21.6)26.4 $\mu$ m, largo del poro 18(22.5)26.4 $\mu$ m, distancia entre poros 12(15.9)18 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Chaparral, pino, encino y junipero.

**Floración:** Mayo (abril a junio, Wiggins 1980).

**Distribución:** Baja California, los valles interiores del sur de California (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 5065 (BCMEX) Baja California, a 10 millas del Ejido Héroes de la Independencia en el Km. 78 sobre la ruta 3 entre Ensenada y San Felipe. J. Rebman (1188) y H. Cota.

**Otros ejemplares observados:**

a) No. 5071 (BCMEX) Baja California, al norte del Valle de la Trinidad en el Km. 122 sobre la ruta 3 entre Ensenada y San Felipe. J. Rebman (1193) y H. Cota.

b) No. 7104 (BCMEX) Baja California, 115°13' oeste, 31°03' norte; Desierto de San Felipe; aproximadamente 0.5 millas de la intersección de la carretera a Agua Caliente y la carretera a Laguna del diablo. J. Rebman (2566).



**Fig. 7.** *Opuntia parryi* var. *parryi*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

## 9.- *Opuntia parryi* Engelm var. *serpentina* L. Benson.

( $n=11$ )

**Polen:** Esférico de 78(96.36)112.8 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** Punctibaculada de 7.14 $\mu$ m de grosor, lumen 0.95 a 1.42 $\mu$ m, muros 0.71 a 0.95  $\mu$ m  
nexina menor de 0.95 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 1.42 a 1.9 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 16.8(21.54)26.4 $\mu$ m, largo del  
poro 18(22.44)32.4 $\mu$ m, distancia entre poros 8.4(14.52)20.4 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral costero.

**Floración:** Abril a mayo.

**Distribución:** Sur de California y norte de Baja California (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 7095 (BCMEX) Baja California, 116°11' oeste, 31° 17' norte; a  
18.1 millas norte del puente que cruza el río San Rafael en Colonet, sobre la ruta 1, entre San  
Vicente y Colonet. J. Rebman (2736) y D. Pinkava.

### **Otros ejemplares observados:**

a) No. 7098 (BCMEX) Baja California, 116°33' oeste, 32°33' norte; a 1 milla al este de la  
ruta 3 México, en el km 39 entre Tecate y Ensenada; al sur de el Valle de las Palmas. J.  
Rebman (2622).

**Variación morfológica de la especie:** Se encontró micropolen de 38 $\mu$ m de diámetro en un  
0.73 a 1.4%

## 10.- *Opuntia prolifera* Engelm.

( $2n=33$ ,  $n=11$ )

**Polen:** Esférico de  $72(102.78)141.6\mu\text{m}$  de diámetro.

**Exina:**  $6.6$  a  $7.4\mu\text{m}$  de grosor, sexina  $6.4\mu\text{m}$ , nexina  $0.95\mu\text{m}$ . Punctibaculada  $1.9$  a  $2.38\mu$ , muros  $0.47$  a  $0.95\mu\text{m}$ , fuertemente alrededor del poro  $2.4$  a  $3.6\mu\text{m}$ .

**Periporado:** Número de poros varía de  $12$  a  $14$ , ancho del poro  $12(20.81)24\mu\text{m}$ , largo del poro  $12(20.45)24\mu\text{m}$ , distancia entre poros  $12(19.15)30\mu\text{m}$ .

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Abril a mayo.

**Distribución:** Sur de California y en costas de Baja California (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 5843 (BCMEX) Baja California,  $115^{\circ}55'$  oeste,  $30^{\circ}36'$  norte; 4 millas al norte de la base militar en Lázaro Cárdenas y a 2.3 m. al este de la ruta 1 sobre terracería. J. Rebman (1650) y C. Davis.

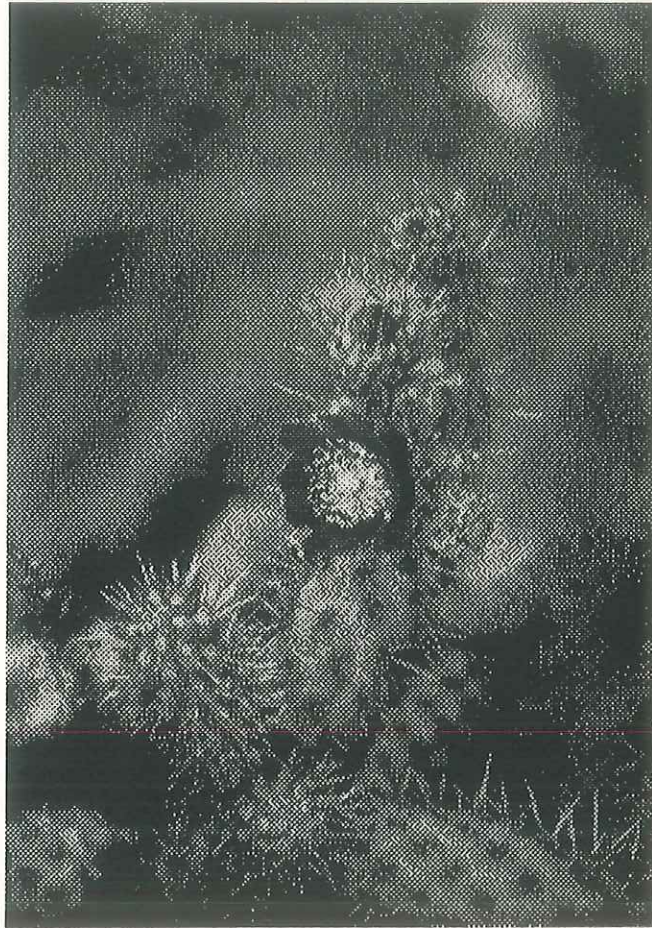
**Otros ejemplares observados:**

a) No. 7054 (BCMEX) Baja California,  $115^{\circ}47'$  oeste,  $30^{\circ}11'$  norte; al sur de San Quintín en el Km. 38 de la ruta 1 México, entre el Rosario y Socorro; aproximadamente 10 millas al norte del Rosario por carretera. J. Rebman (2706) y P. Vincent.

b) No. 7071 (BCMEX) Baja California, 115°47' oeste, 30°11' norte; al sur de San Quintín en el Km. 38 de la ruta 1 México, entre El Rosario y Socorro, aproximadamente a 10 millas al norte del Rosario por carretera. J. Rebman (2704).

c) No. 7096 (BCMEX) Baja California, 116°11' oeste, 31°17' norte; 18.1 millas al norte del puente que cruza el río San Rafael en Colonet, sobre la ruta 1 México entre San Vicente y Colonet. J. Rebman (2737) y D. Pinkava.

**Variación morfológica de la especie:** En las muestras observadas se encontraron: a) micropolen, pareciera ser inaperturado de 34.4µm de diámetro en un 6.2 a 12.2%; polen intectado de 90µm de diámetro, además se observaron algunos granos inaperturados de 84µm de diámetro.



**Fig. 8.** *Opuntia prolifera*. (Fotografia tomada por J. Rebman, 1994).

## 11.- *Opuntia rosarica* Lindsay.

( $n=11$ )

**Polen:** Esférico de 80.4(102.88)110.4 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** 6.6 $\mu$ m de grosor, sexina 5.6 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada, diámetro superior de las báculas 0.95 a 2.38 $\mu$ m, generalmente 1.9 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.47 a 0.95 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 3.6 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 15.6(20.96)24 $\mu$ m, largo del poro 15.6(21.41)28 $\mu$ m, distancia entre poros 15.6(22.61)30 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral costero y chaparral.

**Floración:** Marzo a julio (junio a agosto, Wiggins 1980).

**Distribución:** Baja California (Wiggins, 1980).

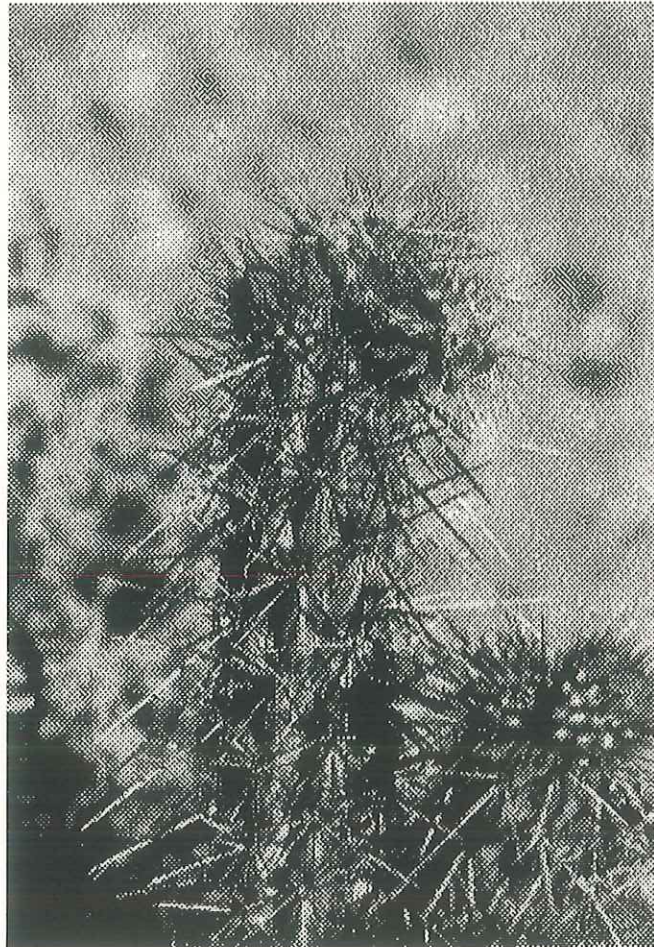
**Ejemplar de referencia:** No. 5820 (BCMEX) Baja California, 115°30' oeste, 30°04' norte; aproximadamente 82 Km. al sur de San Quintín a lo largo de la ruta 1 México en la cuesta de la colina. J. Rebman (1644) y J. Delgadillo.

### **Otros ejemplares observados:**

a) (MEXU) Baja California, 115°39' oeste, 31°03' norte; en la sierra San Pedro Mártir. R. Moran (15304).

b) (MEXU) Baja California, en rancho Meling camino al observatorio de San Pedro Mártir. Sanchez (2484).

**Variación morfológica de la especie:** En las muestras observadas se encontró micropolen de 47.4µm de diámetro en un 0.3 a 0.6%.



**Fig. 9.** *Opuntia rosarica*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

## 12.- *Opuntia tesajo* Engelm. ex Coulter

( $n=11$ )

**Polen:** Esférico de 72(95.1)108 $\mu$ m de diámetro.

**Exina:** 7.14 $\mu$ m de grosor, sexina 6 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Punctibaculada, diámetro superior de las báculas 1.42 a 2.38 $\mu$ m generalmente 1.9 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.95 a 1.42 $\mu$ m, área fuertemente punctibaculada alrededor del poro 1.9 $\mu$ m:

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 12(21.24)26.4 $\mu$ m, largo del poro 14.4(22.68)30 $\mu$ m, distancia entre poros 12(17.1)21.6 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Marzo a junio.

**Distribución:** Baja California, parte central de Baja California (Britton y Rose, 1963; Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 5807 (BCMEX) Baja California, 114°12' oeste, 29° 27' norte; aproximadamente a 1.5 m. al norte de la misión Calamajue. J. Rebman (1615) y J. Delgadillo

### **Otros ejemplares observados:**

a) No. 6981 (BCMEX) Baja California, 115°27' oeste, 30°12' norte; al sureste de El Rosario, al norte del Km. 99 de la ruta 1 México, entre el Rosario y Cataviñá, y a 5.4 millas al este de la ruta 1 sobre la carretera a rancho Los Mártires. J. Rebman (2717) y P. Vincent.

b) No. 7097 (BCMEX) Baja California, 115°27' oeste, 30°12' norte; entre el Rosario y Cataviñá; 4.8 millas al este del Km. 99 de la ruta 1 sobre la carretera a rancho Los Mártires. J. Rebman (2746) y D. Pinkava.

c) No. 7212 (BCMEX) Baja California, 115°22' oeste, 31°17' norte; en el desierto de San Felipe, al noroeste de la Laguna del diablo; 3.7 millas al este del paso de San Matías. J. Rebman (2679) y J. Cano, J. Lucero.

d) No. 7047 (BCMEX) Baja California, 113°59' oeste, 28°39' norte; al este de Rosarito sobre la carretera a la misión de San Borja. J. Rebman (2634) y W.Hodgson.

**Variación morfológica de la especie:** En las muestras observadas se encontraron: a) micropolen de 31.2µm de diámetro en un 2.9 a 12% b) granos gemados de 42µm de diámetro en un 0.68%, y c) algunos granos inaperturados de 83µm diámetro.



**Fig. 10.** *Opuntia tesajo*. (Fotografía tomada por J. Rebman, 1994).

### 13.- *Opuntia wolfii* (L. Benson) M. Baker.

( $n=33$ )

**Polen:** Esférico de 114(127.3)144 $\mu$  de diámetro.

**Exina:** 5.7 $\mu$ m de grosor, sexina 4.7 $\mu$ m, nexina 0.95 $\mu$ m. Puntibaculada, diámetro superior de las báculas 2.38 $\mu$ m, distancia entre las báculas 0.47 $\mu$ m, área fuertemente puntibaculada alrededor del poro 1.9 a 2.38 $\mu$ m.

**Periporado:** Número de poros varía de 12 a 14, ancho del poro 18(22.39)24 $\mu$ m, largo del poro 18(22.66)30 $\mu$ m, distancia entre poros 12(21.19)30 $\mu$ m.

**Hábito:** Suculenta.

**Tipo de Vegetación:** Matorral desértico.

**Floración:** Mayo.

**Distribución:** Baja California (Wiggins, 1980).

**Ejemplar de referencia:** No. 7111 (BCMEX) Baja California, 115°55' oeste, 32°33' norte; en el fondo de la Rumorosa sobre la ruta 2 México, entre Tecate y Mexicali. J. Rebman (2617).

**Variación morfológica de la especie:** En las muestras observadas se encontraron: a) granos gemados de 103.2 $\mu$ m de diámetro, y b) microgemados de 36 $\mu$ m de diámetro en un 18.7 a 22.6%.

## b).- Análisis estadístico

Para tener una mejor estimación de las diferencias entre las especies estudiadas, con los datos tomados de diámetro, diámetro del poro y distancia entre poros de los granos de polen, se realizó un análisis de varianza de una vía, con la ayuda de un programa estadístico llamado Primer, del cual se obtuvo lo siguiente:

### \*Diámetro del grano de polen

	Suma de cuadrados $\Sigma x^2$	Varianza estimada $\sigma^2$
1) Diferencias entre las especies	22 736.15	1891.69
2) Diferencias dentro de cada especie	12 807.37	55.68
Cociente de variación	$F = \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 34.03$	
Hipótesis nula	$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots$	
Hipótesis alterna	$H_a =$ Al menos una de las $\mu$ es diferente.	

El criterio utilizado fue el siguiente:

Si  $F_t > F$  entonces no hay diferencias significativas

Si  $F_t < F$  entonces sí hay diferencias significativas

donde  $F_t$  es el cociente de variación obtenido de tablas estadísticas, y  $\mu$  la media.

---

En este caso,  $F_t = 1.75$  (Sokal y Rohlf, 1979) y  $F = 34.03$ , por lo tanto sí existen diferencias significativas entre las especies, en cuanto al diámetro del grano de polen.

\*Diámetro de poro del grano de polen

	Suma de cuadrados	$\Sigma x^2$	Varianza estimada $\sigma^2$
1) Diferencias entre las especies	1026.85		85.57
2) Diferencias dentro de cada especie	2171.44		9.44
Cociente de variación	$F = \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 9.06$		
Hipótesis nula	$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3, \dots$		
Hipótesis alterna	$H_a =$ Al menos una de las $\mu$ es diferente.		

En este caso,  $F_t = 1.75$  y  $F = 9.06$ , por lo tanto sí existen diferencias significativas entre las especies, en cuanto al diámetro del poro del grano de polen.

\*Distancia entre los poros del grano de polen

	Suma de cuadrados	$\Sigma x^2$	Varianza estimada $\sigma^2$
1) Diferencias entre las especies	1168.56		97.38
2) Diferencias dentro de cada especie	1726.41		7.51
Cociente de variación	$F = \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 12.97$		
Hipótesis nula	$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3, \dots$		
Hipótesis alterna	$H_a =$ Al menos una de las $\mu$ es diferente.		

En este caso,  $F_t = 1.75$  y  $F = 12.97$ , por lo tanto sí existen diferencias significativas entre las especies, en cuanto a la distancia entre los poros del grano de polen.

De acuerdo a los resultados anteriores, se procedió a realizar una prueba Student-Newman-Keuls, para conocer cuales presentan mayor grado de semejanza o diferencia entre las especies de chollas, con lo cual se obtuvieron cinco grupos diferentes quedando representadas de la siguiente forma:

1.- *Opuntia cholla*.

2.- *Opuntia molesta* y *O. acanthocarpa*.

3.- *Opuntia munzii*, *O. rosarica* y *O. prolifera*.

4.- *Opuntia echinocarpa*; *O. parryi* var. *parryi*; *O. parryi* var. *serpentina*; *O. tesajo*,

*O. bigelovii* y *O. ganderi* var. *catavinensis*.

5.- *Opuntia wolfii*

## c).- Clave palinológica para el subgénero *Cylindropuntia* de Baja California

En esta clave se consideraron las siguientes características en orden de importancia: diámetro de grano de polen, grosor de la exina, distancia entre los poros y la zona fuertemente punctibaculada. Los valores para cada una de las características anteriores es la media de los valores obtenidos para los taxa estudiados. Mientras que los valores encerrados en paréntesis (ejemplo: 71 $\mu$ m mínimo, 94 $\mu$ m máximo) indican los rangos mínimo y máximo del grupo correspondiente. De acuerdo a los resultados estadísticos que se obtuvieron se distinguen cinco grupos considerando el diámetro del grano de polen.

### *Cylindropuntia*

- 1a.- Diámetro del grano de polen 84 $\mu$ m (71 $\mu$ m mínimo, 94 $\mu$ m máximo) ..... *Opuntia cholla*
- 1b.- Diámetro del grano de polen 94 $\mu$ m (72 $\mu$ m mínimo, 113 $\mu$ m máximo)
  - 2a.- exina 5 $\mu$ m..... *O. echinocarpa*
  - 2b.- exina 6.5 $\mu$ m..... *O. parryi* var. *parryi*
  - 2c.- exina 8 $\mu$ m..... *O. bigelovii*
  - 2d.- exina 7-7.5  $\mu$ m
- 3a.- diámetro del poro 19 $\mu$ m, área indefinida
  - 4a.- alrededor del poro 4.7 $\mu$ m..... *O. ganderi* var. *catavinensis*

- 3b.- diámetro del poro 21-21.5 $\mu$ m
- 3c.- distancia entre los poros 14.5 $\mu$ m ..... *O. parryi* var. *serpentina*
- 3d.- distancia entre los poros 17 $\mu$ m ..... *O. tesajo*
- 1c.- Diámetro del grano de polen 103 $\mu$ m (72 $\mu$ m mínimo, 141 $\mu$ m máximo)
- 2e.- exina 7 $\mu$ m, área indefinida alrededor del poro 6 $\mu$ m ..... *O. munzii*
- 2f.- exina 6.5 a 7.4 $\mu$ m
- 3e.- distancia entre los poros 19 $\mu$ m ..... *O. prolifera*
- 3f.- distancia entre los poros 22.5 $\mu$ m ..... *O. rosarica*
- 1d.- Diámetro del grano de polen 111 $\mu$ m (96 $\mu$ m mínimo, 144 $\mu$ m máximo)
- 2g.- exina 5 $\mu$ m ..... *O. molesta*
- 2h.- exina 7 $\mu$ m ..... *O. acanthocarpa*
- 1e.- Diámetro del grano de polen 127 $\mu$ m (114 $\mu$ m mínimo, 144 $\mu$ m máximo) ..... *O. wolfii*

## VI.- DISCUSIONES

De acuerdo a los primeros estudios palinológicos realizados para la familia Cactaceae, Kurtz (1948, 1963), al hacer una revisión de gran parte de los géneros de la familia, refiere el polen del subgénero *Cylindropuntia* como granos con 12 poros de 65 a 120 $\mu$ m de diámetro. Resultados semejantes a los obtenidos fueron de 70 a 140 $\mu$ m de diámetro, en los cuales menciona a *Opuntia echinocarpa*, con poros germinales granulares de forma plana o convexos; *O. acanthocarpa* de 107 $\mu$ m de diámetro y *O. bigelovii* 120 $\mu$ m de diámetro. En nuestros resultados, el máximo diámetro en las dos especies fué de 102 $\mu$ m. En cuanto a la forma de los poros convexos o plano, ahora se sabe que es un fenómeno normal para el control de agua en el grano llamado harmemogatia (Erdtman, 1979).

Tsukada (1964), hizo una revisión más detallada de la familia, describiendo al subgénero *Cylindropuntia* con características más cercanas a las descripciones para las especies estudiadas de Baja California, sin embargo este autor hace mucho énfasis en el tipo de exina punctibaculada si es compacta o aislada, por lo que aunque esta característica nos permite hacer una separación hasta especie, también son importantes otras características como el diámetro del poro, la distancia entre los poros y el grosor de la exina. Todas estas características son de igual importancia para hacer la distinción entre especies de un género, además para observar la forma de las báculas se necesita un estudio más profundo en un microscopio electrónico de barrido, lo cual en este estudio no se realizó debido a las anomalías

en el único microscopio de barrido accesible. Sin embargo se analizaron algunas muestras para confirmar la ornamentación de la exina.

En cuanto a los granos de polen aberrantes encontrados en las muestras como son micropolen y algunos granos más grandes (macropolen) que la media normal, son característicos de híbridos y poliploides según lo han encontrado Kurtz (1963) y Erdtman (1979), y es probablemente normal, ya que éstas y otras cactáceas se reproducen más asexual que sexualmente y esta malformación quizás sea la consecuencia de estas dos características antes mencionadas. Sin embargo, hay que tener cuidado en cuanto a la cantidad de granos encontrados de este tipo ya que el porcentaje de estos varía de una planta a otra y no de la especie, (aunque se ha encontrado mayor cantidad en *O. bigelovii*, considerada como un híbrido ancestral, comunicación personal de J. Rebman); es por ello recomendable hacer un estudio más profundo de estas especies a nivel genético de varias poblaciones para observar su comportamiento.

Hay que tomar en cuenta también la importancia de la palinología en la taxonomía, en el análisis del polen de las especies de chollas de Baja California, donde se puede hacer la distinción entre éstas, y es de mucho valor esta información ya que según Davis y Heywood (1963) y Fosberg (1931) mencionan que los órganos reproductivos, (el polen y esporas) son en general más conservativos en cuanto a sus características que los órganos vegetativos ya que estos últimos están mayormente influenciados por las condiciones cambiantes del ambiente.

Sin embargo hay que tener cuidado en hacer taxonomía con una sola característica de una especie como es el polen o el esporofito. Para hacer la delimitación de un espécimen hay que tener en cuenta todas las características morfológicas tanto del gametofito como del esporofito así como también tomar en cuenta las condiciones y relaciones ecológicas que presenta.

También hay que agregar que con una evaluación con mas individuos, dentro de cada especie la variabilidad podría volverse mayor y resultaría en una falta de diferencias significativas en los caracteres de polen entre especies.

## VII.- CONCLUSIONES

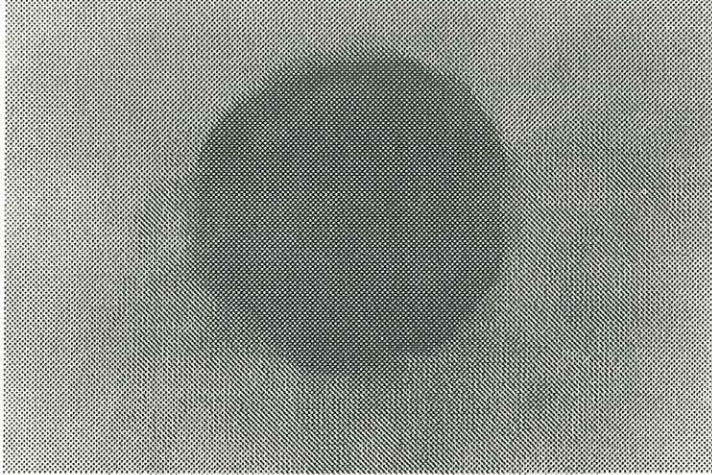
- ❖ Los granos de polen del subgénero *Cylindropuntia* son granos periporados con 12 a 14 poros, con opérculos granulados, de 70 a 140 $\mu$ m de diámetro, con exina punctibaculada de 5 a 8 $\mu$ m de grosor, esta exina puede ser tipo compacta o aislada según la especie. Esta es otra característica descrita por Tsukada (1964) válida para distinguir especies del subgénero *Cylindropuntia*.
- ❖ Los granos de polen estudiados se distinguen en cuatro tipos morfológicos: los periporados (los más frecuentemente encontrados), micropolen, granos gemados e intactados en menor proporción.
- ❖ De acuerdo a las pruebas estadísticas que se utilizaron para evaluar los resultados, se obtuvo que sí hay diferencias significativas en cuanto al diámetro del polen, entre las especies de chollas estudiadas, por lo tanto se puede hacer una distinción entre especies tomando en cuenta otras características peculiares, como son el grosor de la exina, la distancia entre los poros, y el área fuertemente punctibaculada alrededor del poro distinguible fácilmente en aumento de 40x, en microscopio óptico.

❖ Los granos de polen anormales como es el caso de micropolen y macropolen, encontrados en las muestras, son granos muy probablemente no fértiles, los cuales son ocasionados por una separación desigual del material genético. Esto es debido a que este tipo de plantas como muchas cactáceas tienden a reproducirse más asexualmente que por vías sexuales, como es el caso más característico de *O. prolifera* y *O. bigelovii*.

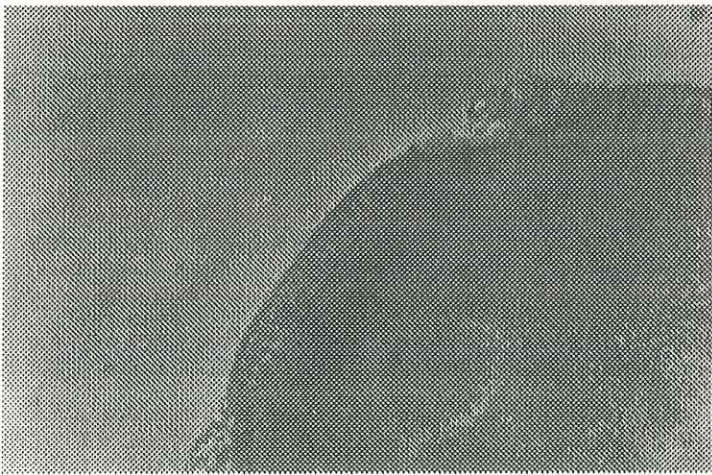
❖ Este trabajo además de realizar una descripción palinológica de las chollas de Baja California, pretende ser una metodología accesible para cualquier persona no especializada en esta área.

## VIII.- LAMINAS

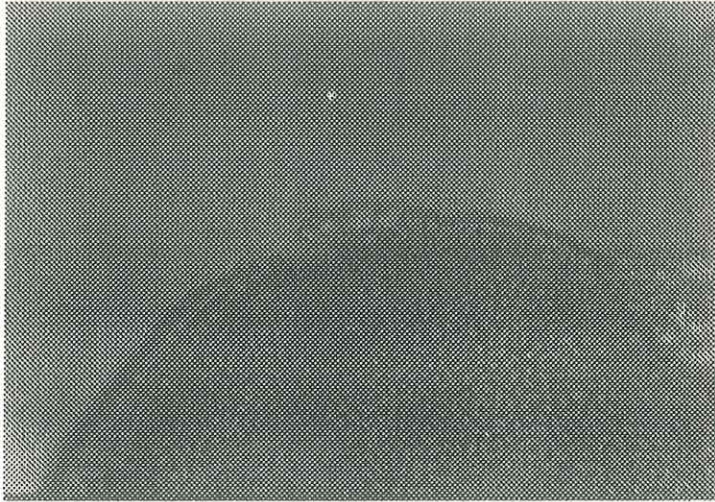
LAMINA I: *Opuntia acanthocarpa*



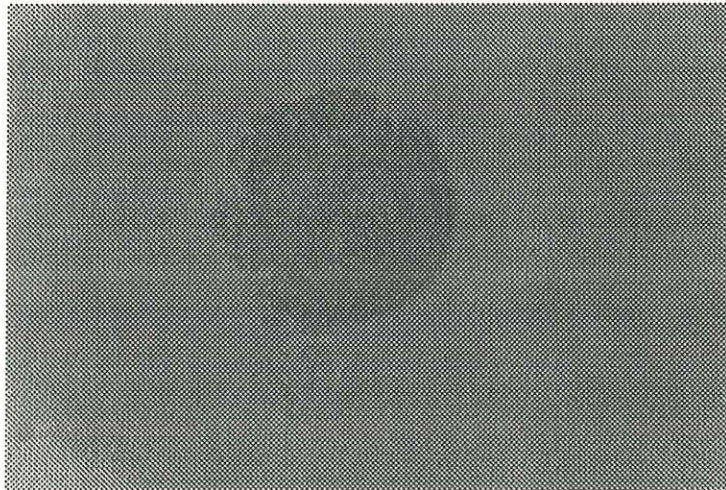
1.- Sección óptica (40x).



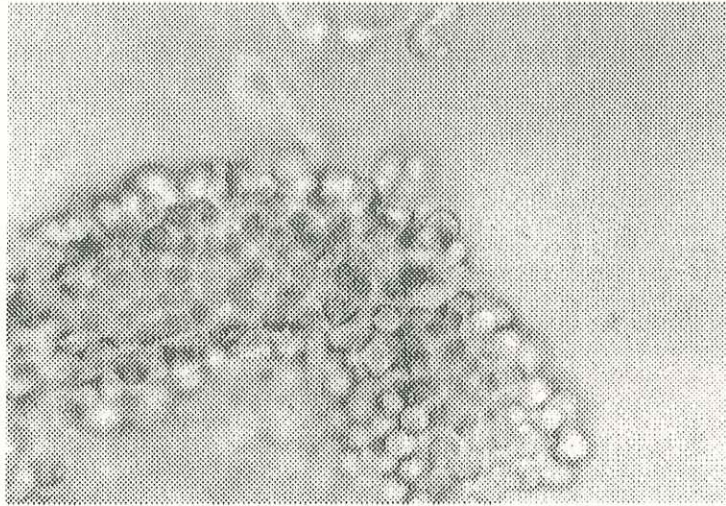
2.- Sección de la exina (100x).



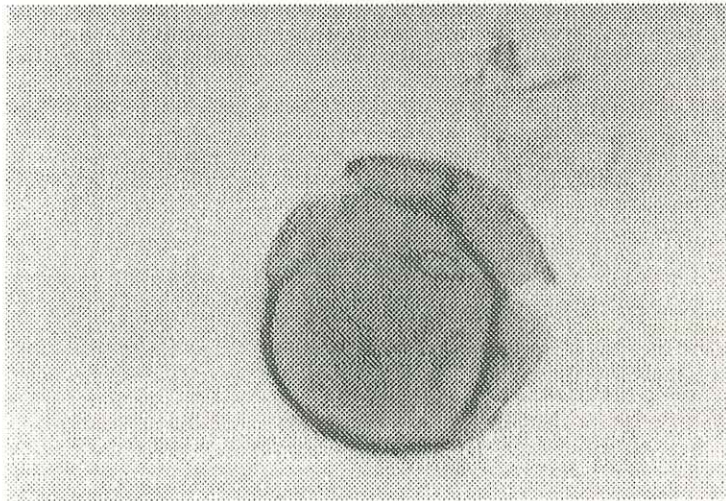
3.- Ornamentación (100x).



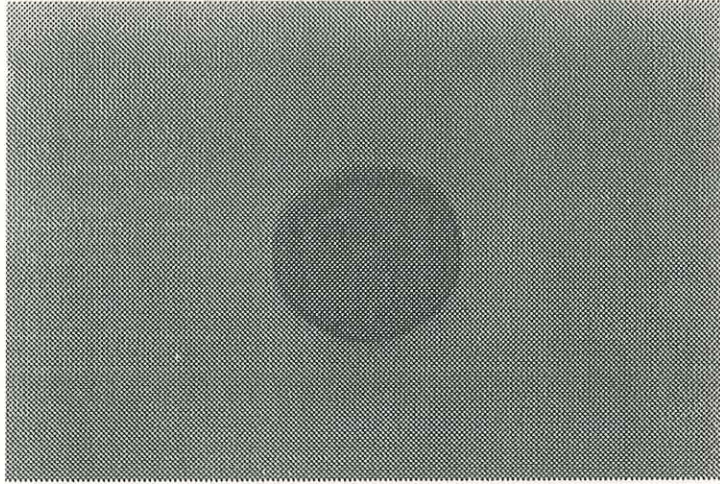
4.- Grano gemado (40x).



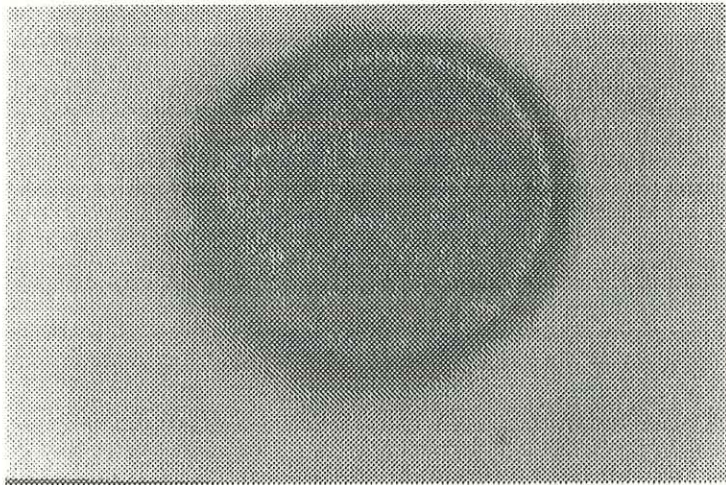
5.- Grano gemado (100x).



6.- Grano intacto (40x).

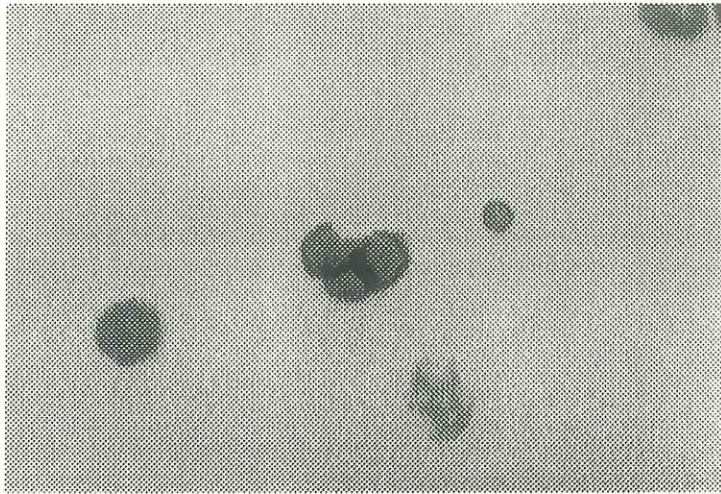


7.- Micropolen (40x).

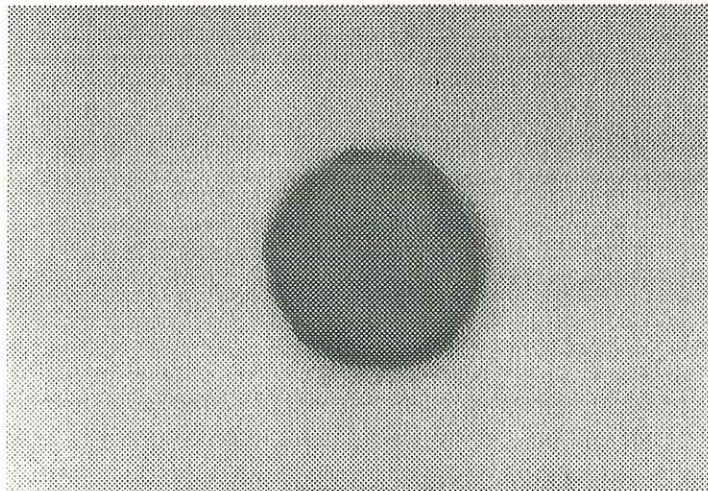


8.- Micropolen (100x).

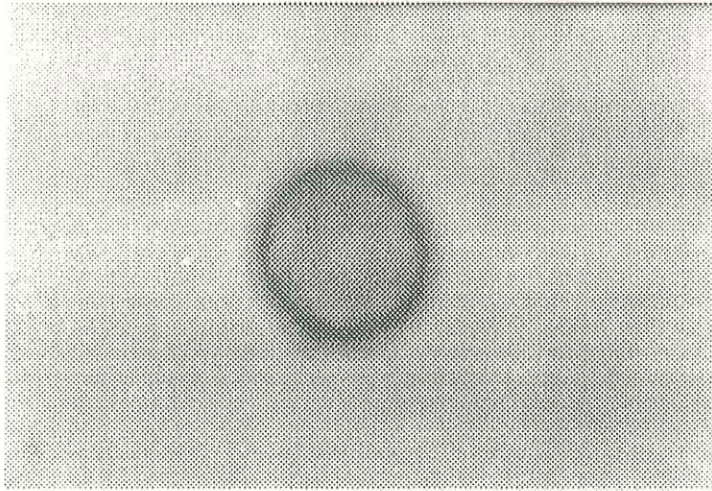
LAMINA II: *Opuntia bigelovii*



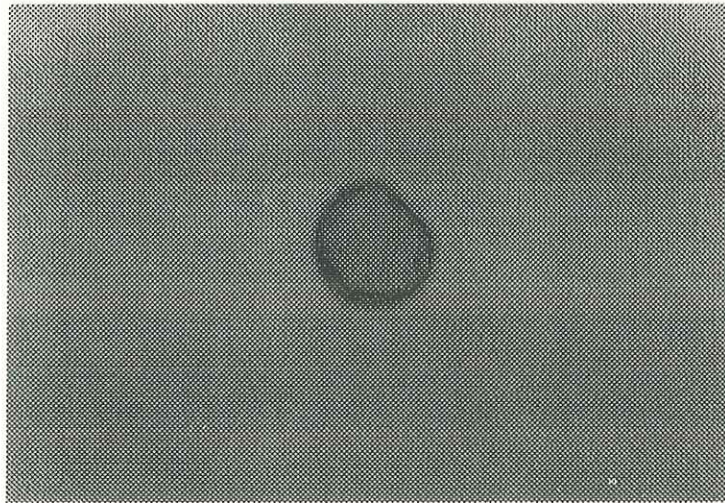
1.- Tetrada (10x).



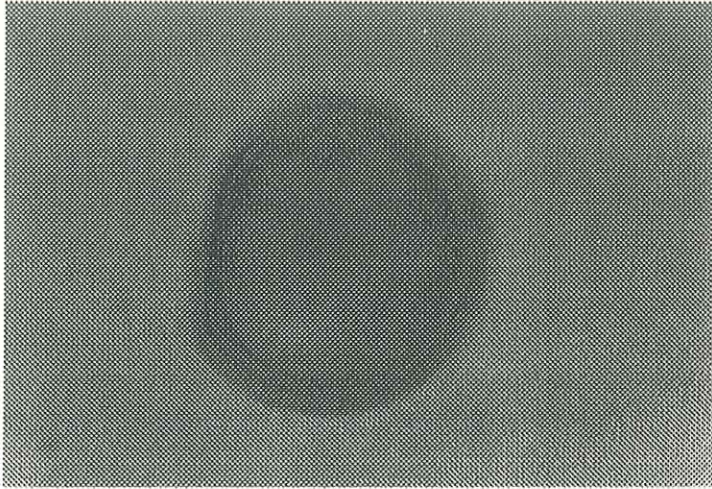
2.- Sección óptica (40x).



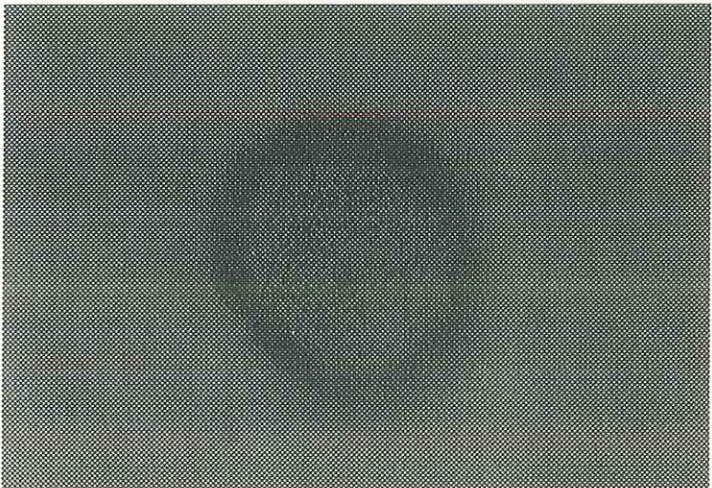
3.- Ornamentación (40x).



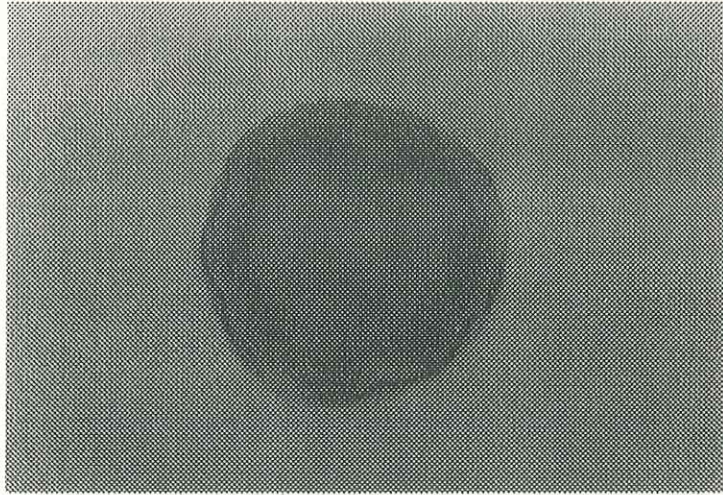
4.- Micropolen. Sección óptica (40x).



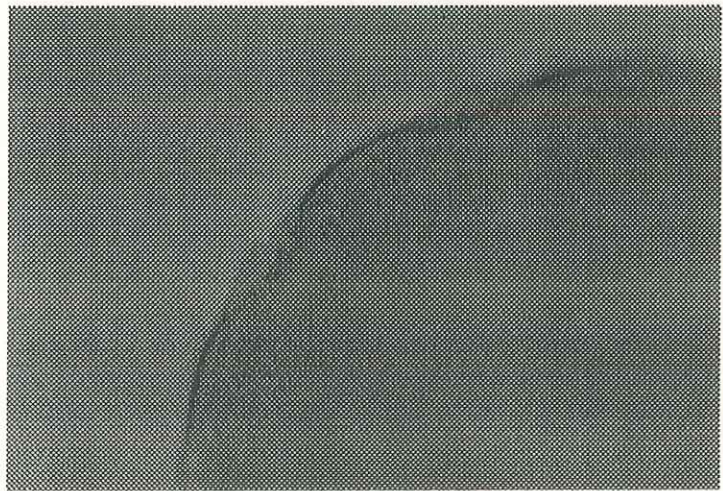
5.- Micropolen (100x).



6.- Micropolen. Ornamentación (100x).

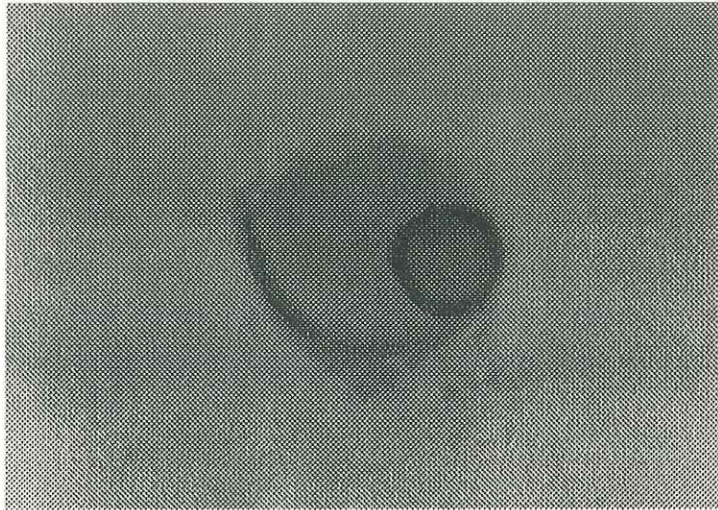


7.- Sección óptica y poros (40x).

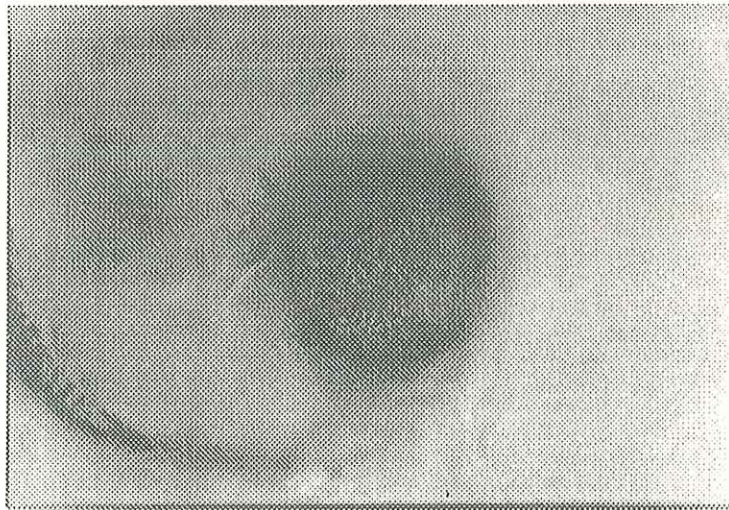


8.- Poros y ornamentación de poros (100x).

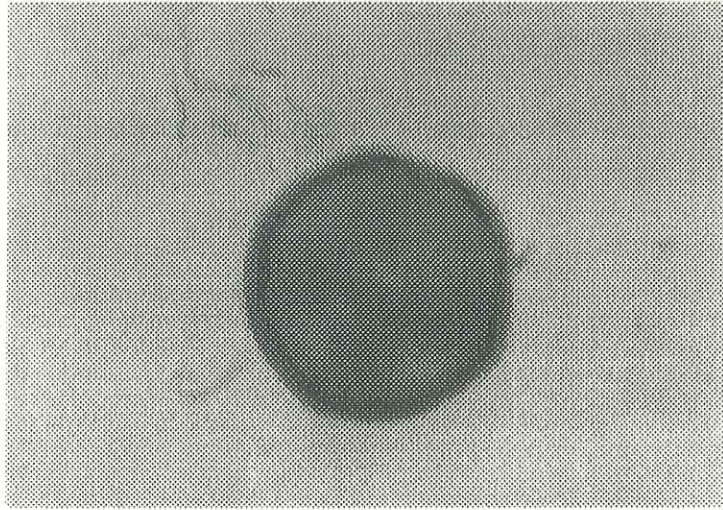
LAMINA III: *Opuntia ganderi* var *catavinensis*



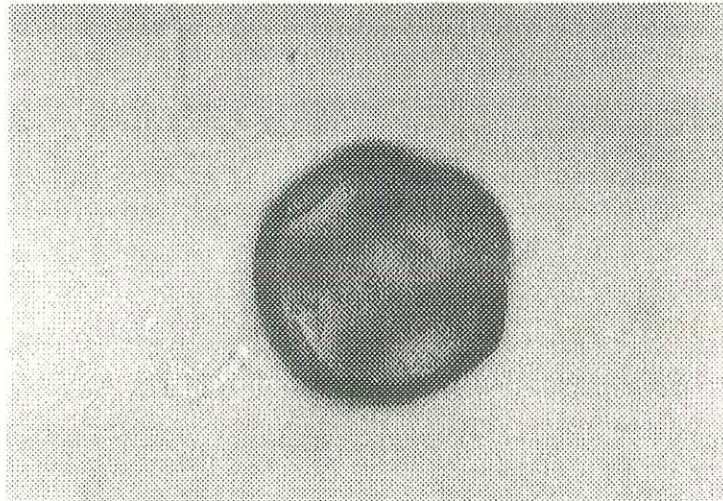
1.- Micropolen. Sección óptica (40x).



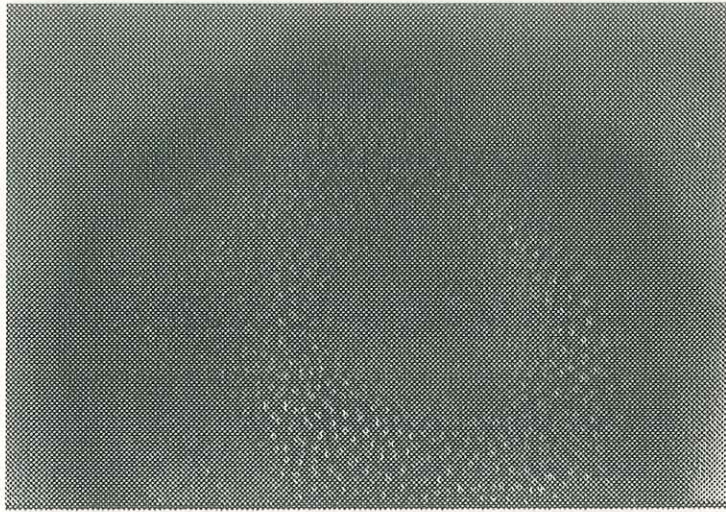
2.- Micropolen. Ornamentación (40x).



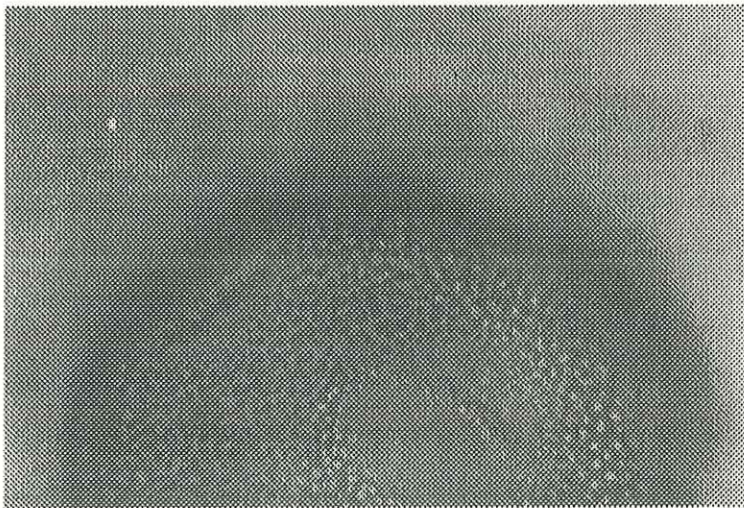
3.- Sección óptica (40x).



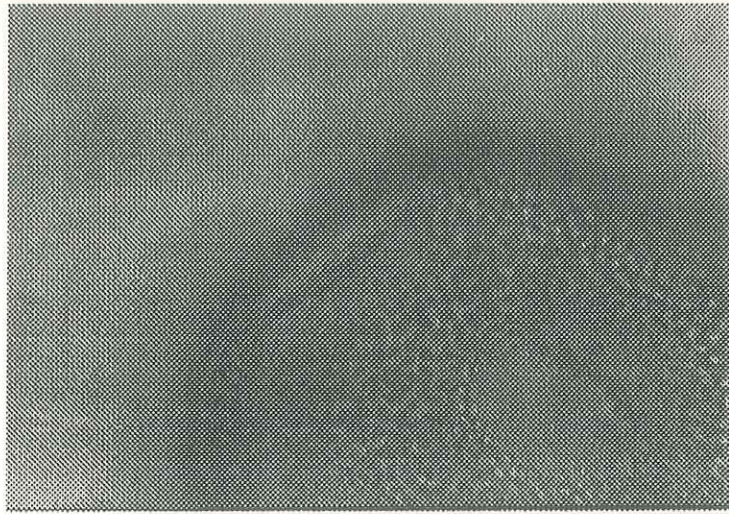
4.- Ornamentación (40x).



5.- Ornamentación (100x).

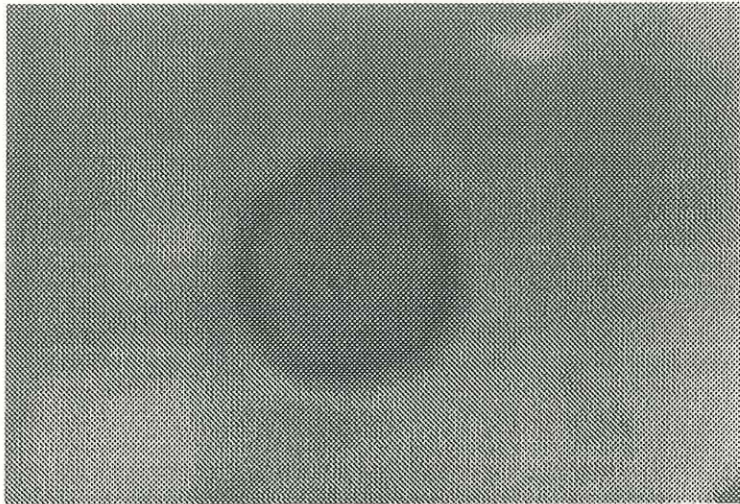


6.- Ornamentación y poros (100x).

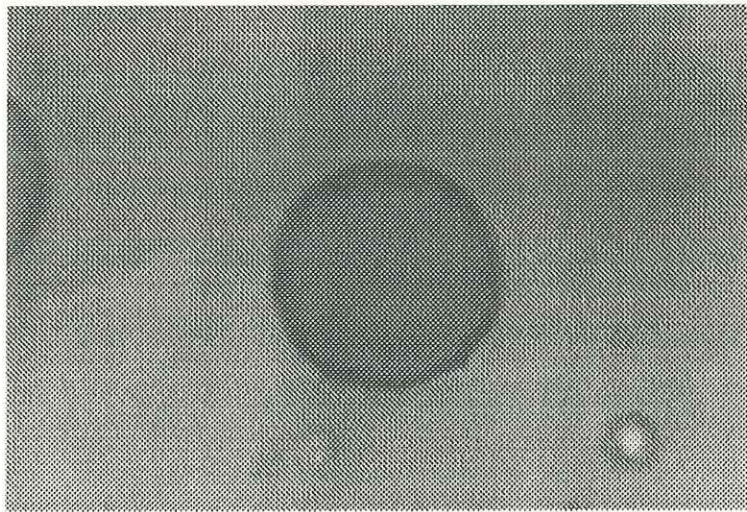


7.- Ornamentación y poros (100x).

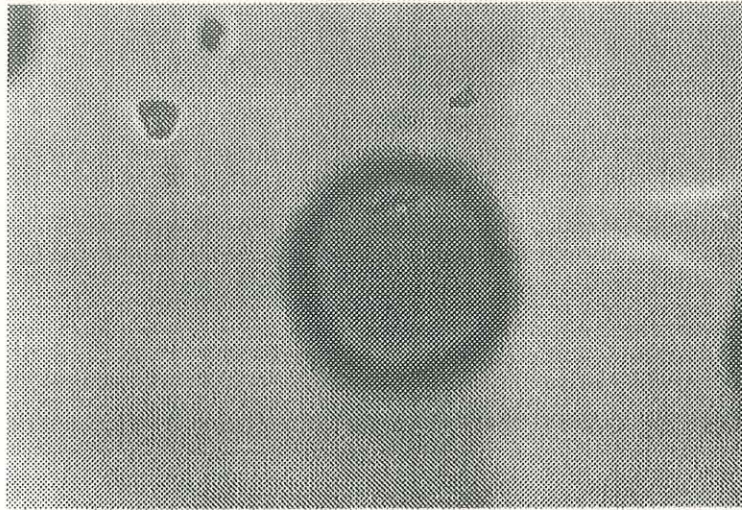
LAMINA IV: *Opuntia cholla*



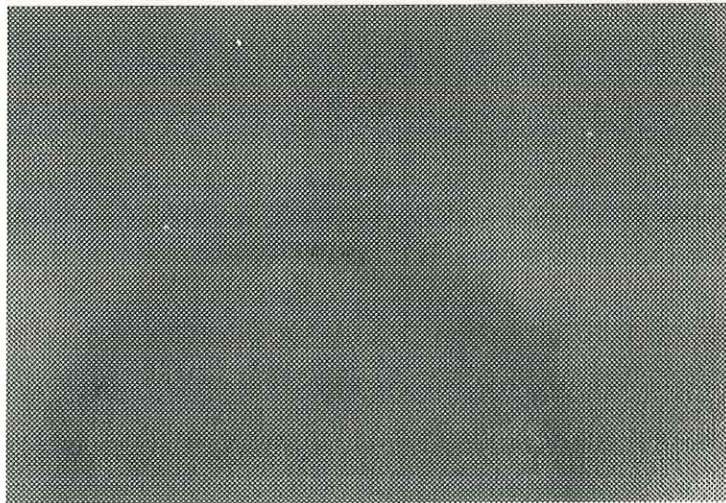
1.- Ornamentación (40x).



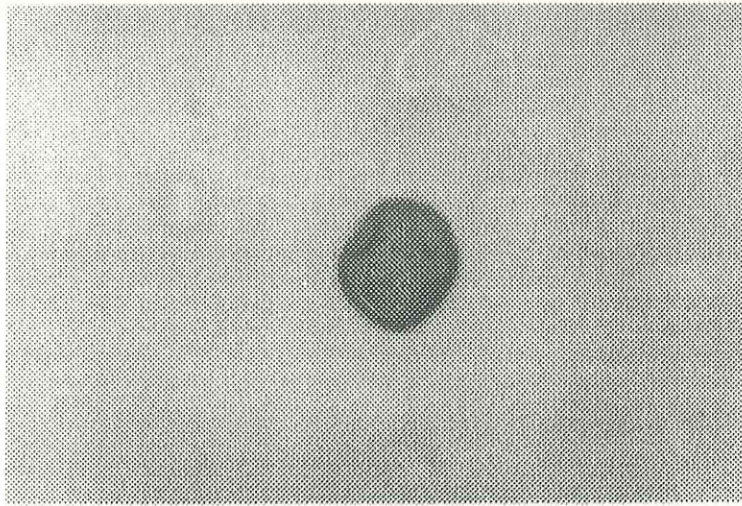
2.- Sección óptica (40x).



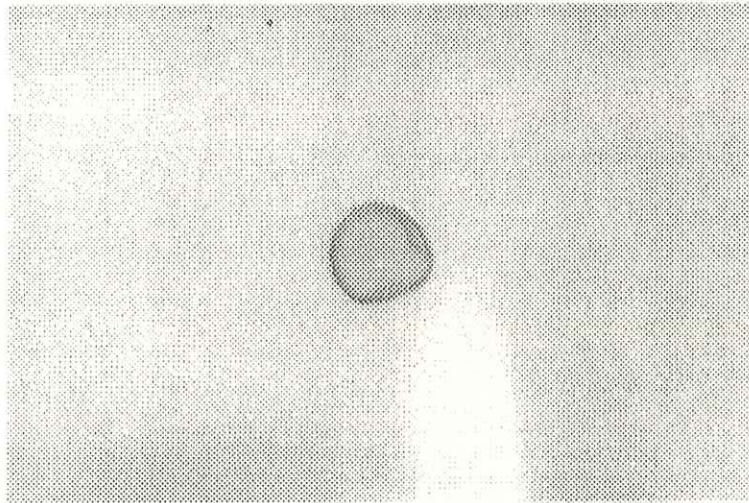
3.- Ornamentación y poro (40x).



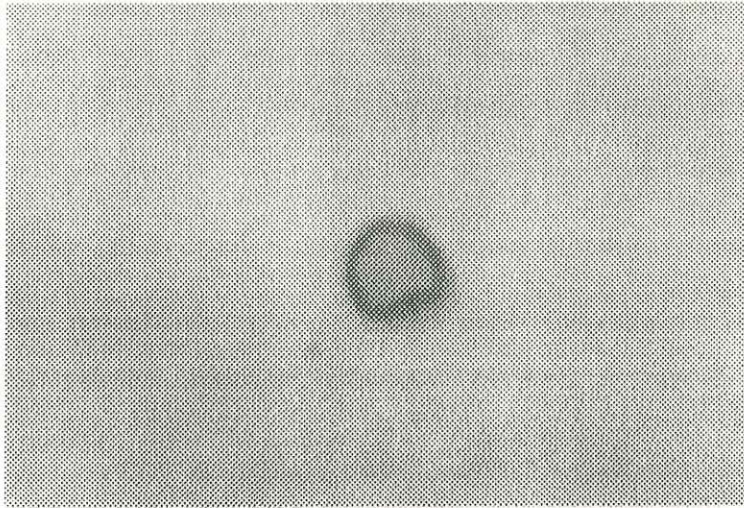
4.- Poro granulado (40x).



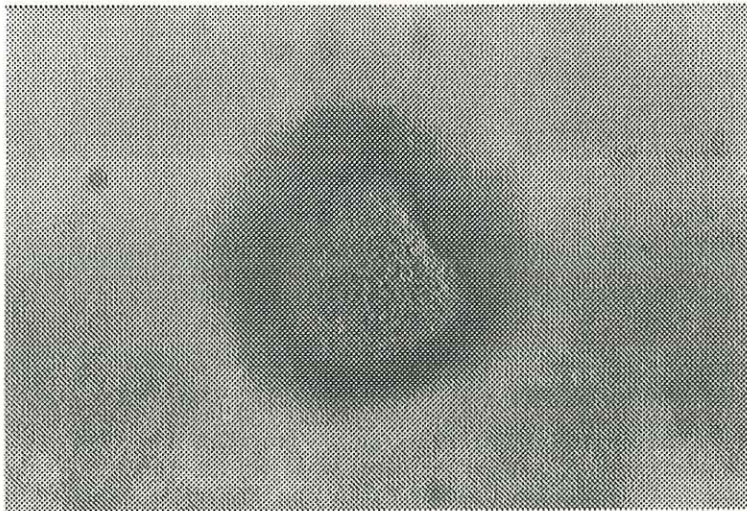
5.- Micropolen. Sección óptica (40x).



6.- Micropolen (40x).

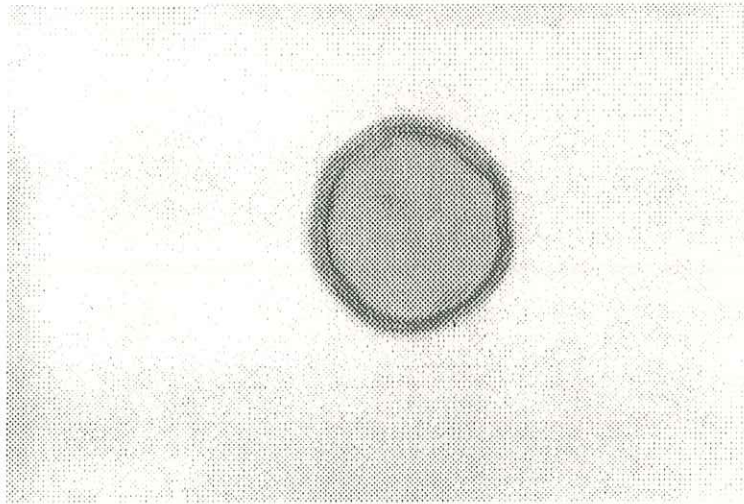


7.- Micropolen. Ornamentación (40x).

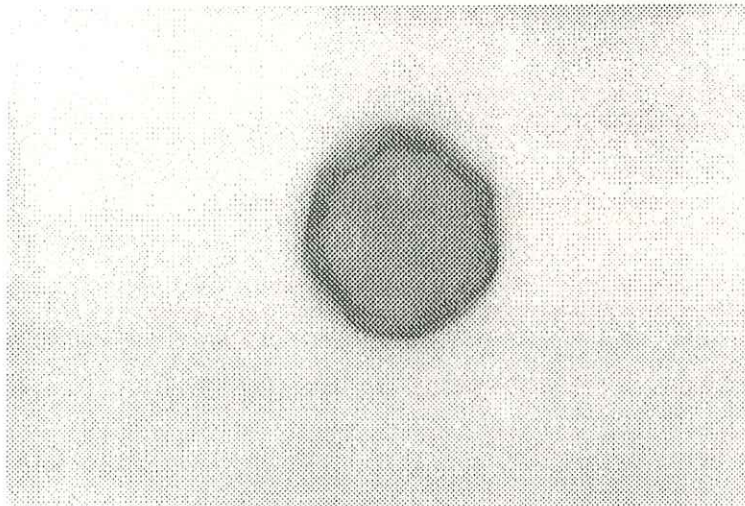


8.- Micropolen. Ornamentación (100x).

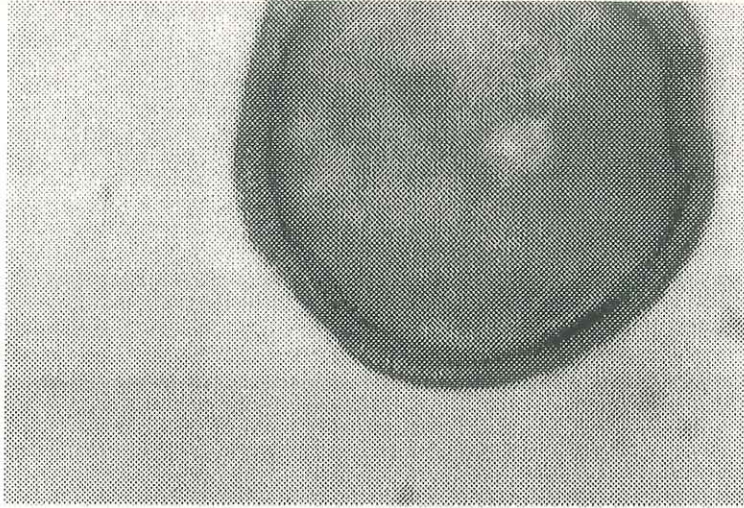
LAMINA V: *Opuntia echinocarpa*



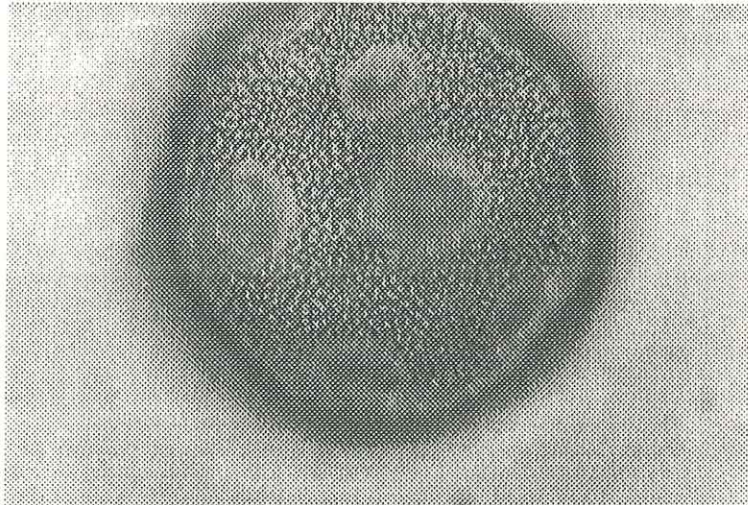
1.- Sección óptica (40x).



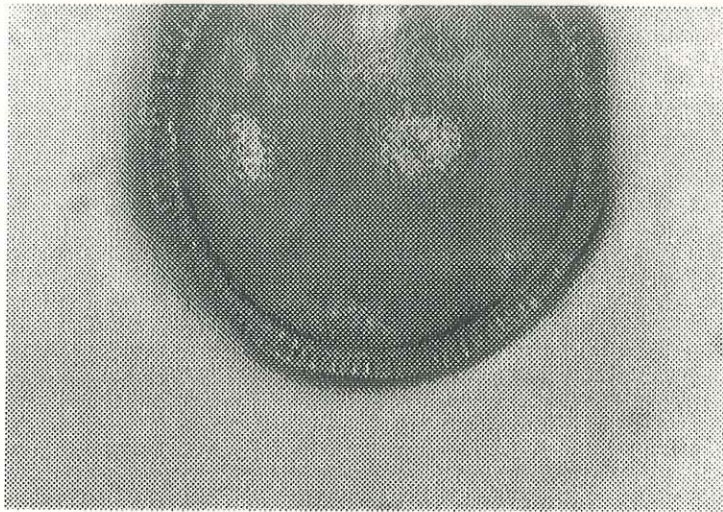
2.- Ornamentación y poros (40x).



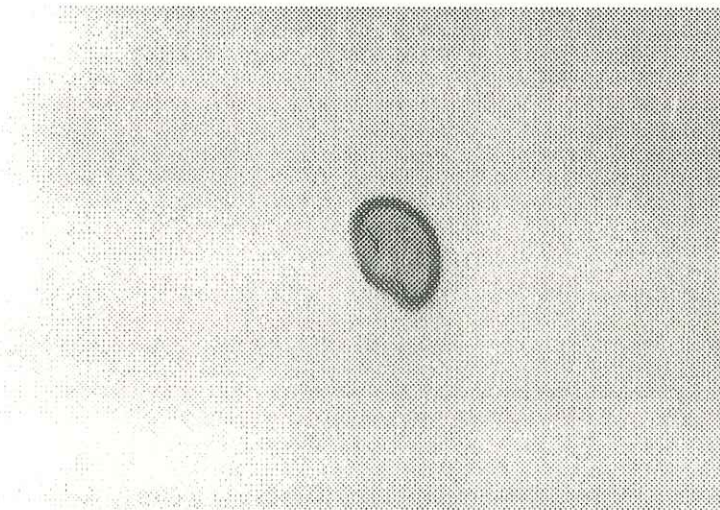
3.- Poro granular (100x).



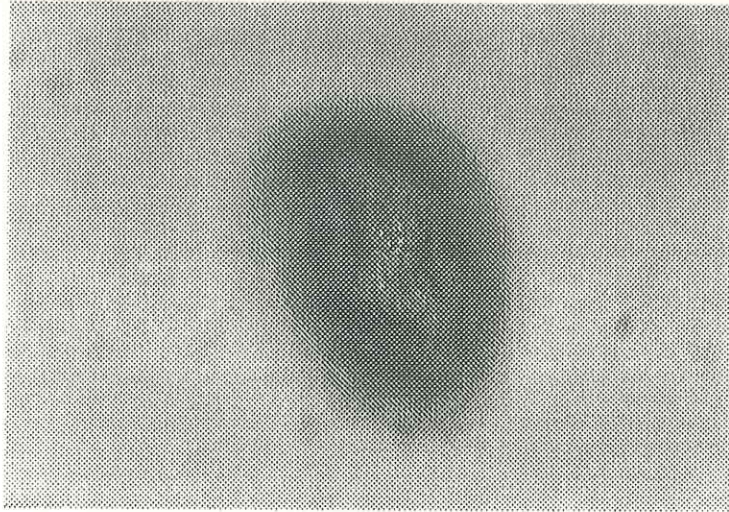
4.- Ornamentación (100x).



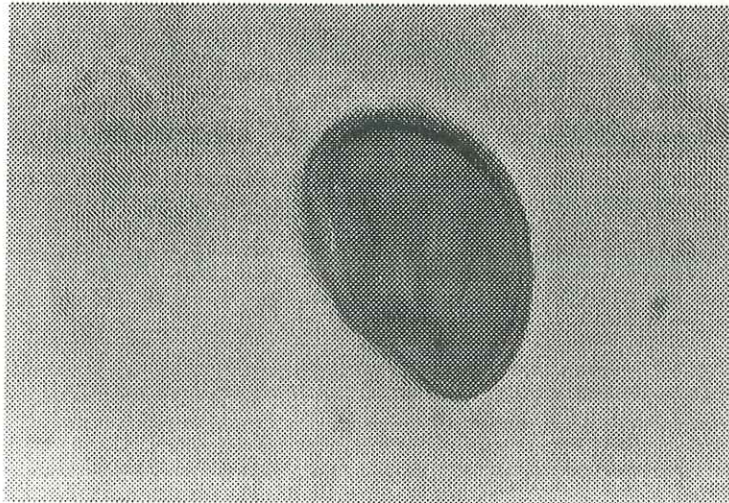
5.- Exina y poro granular (100x).



6.- Micropolen. Sección óptica (40x).

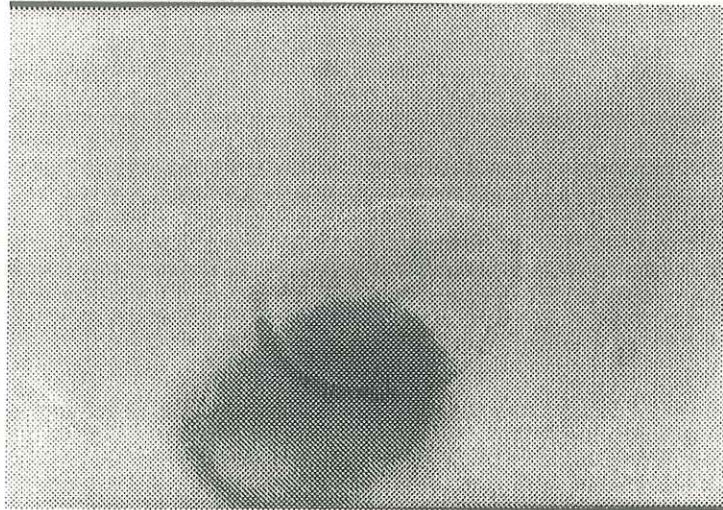


7.- Micropolen. Ornamentación (100x).

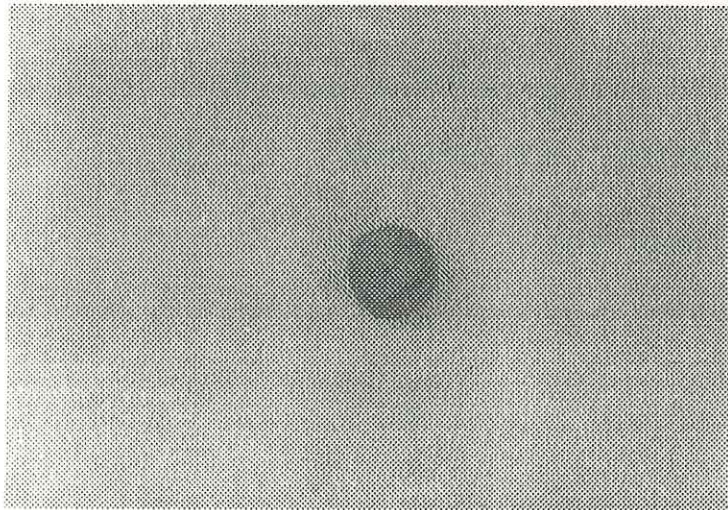


8.- Micropolen (100x).

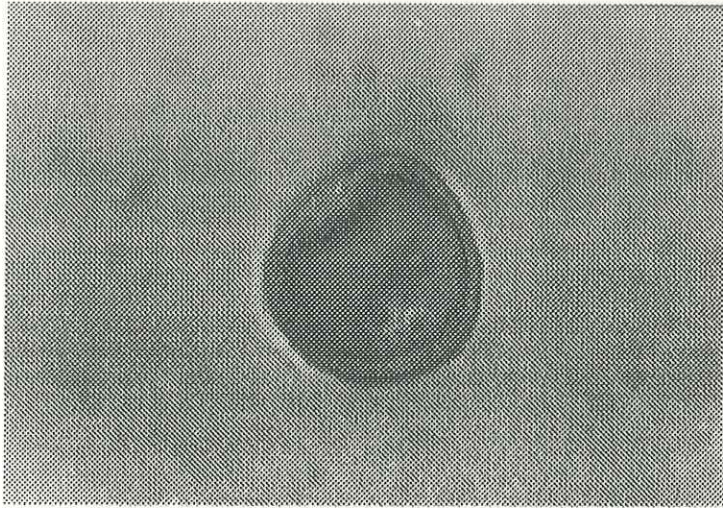
LAMINA VI: *Opuntia molesta*



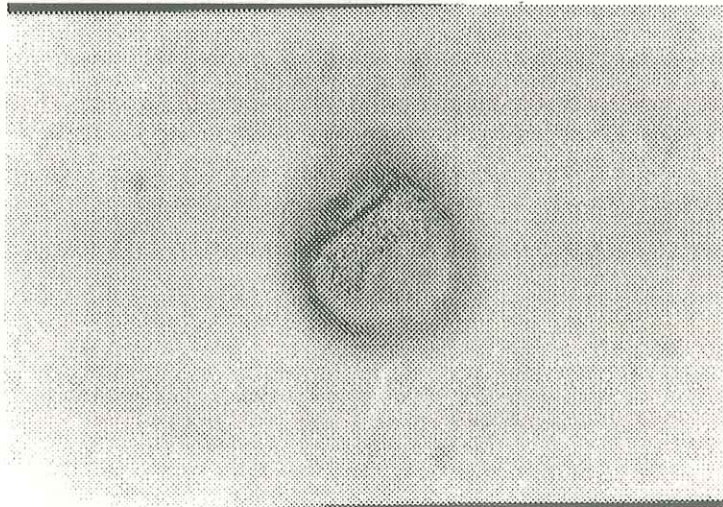
1.- Grano infectado (40x).



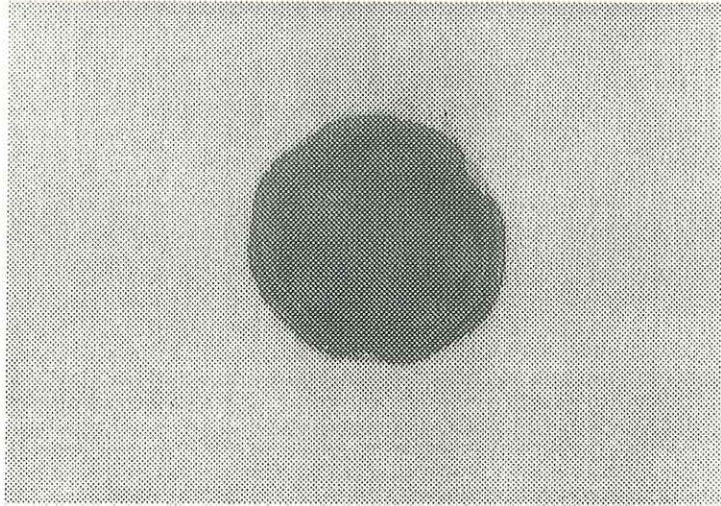
2.- Micropolen. Sección óptica (40x).



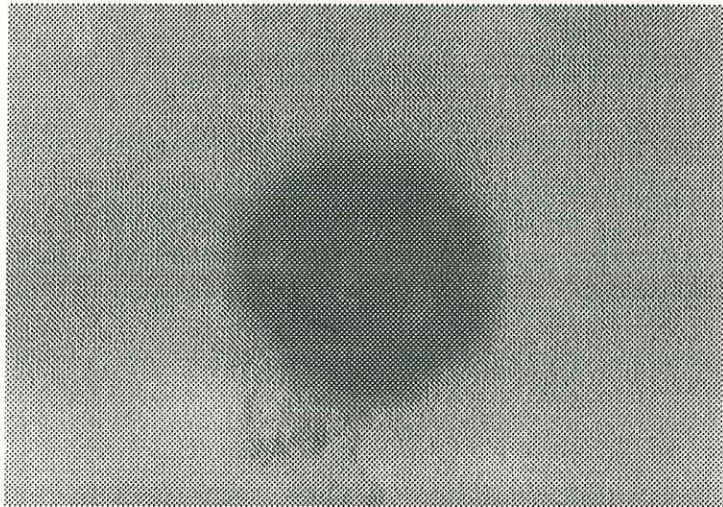
3.- Micropolen (100x).



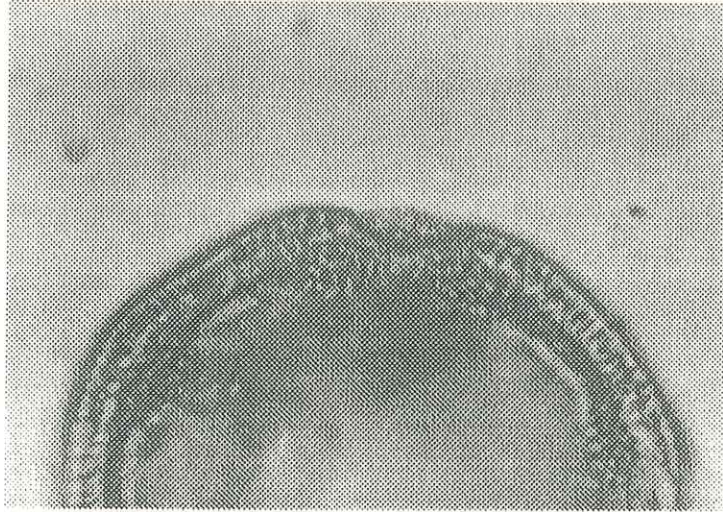
4.- Micropolen. Ornamentación (100x).



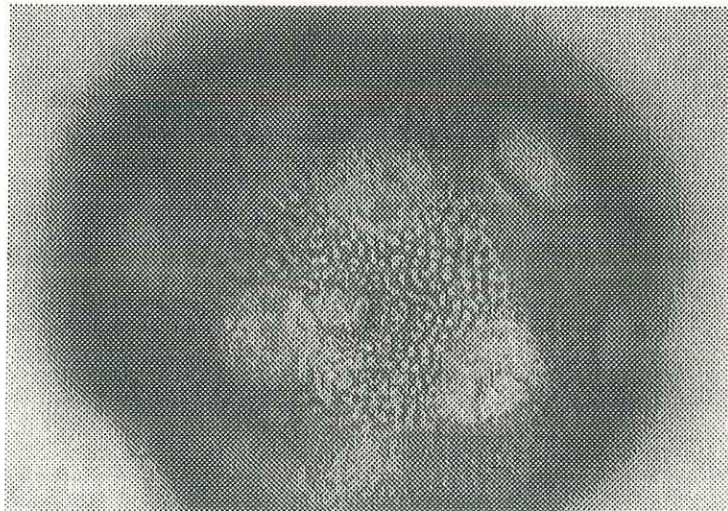
5.- Sección óptica y poros (40x).



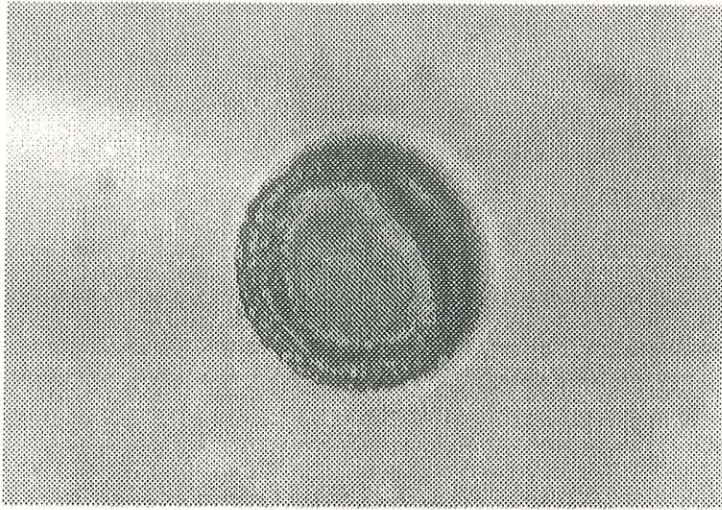
6.- Ornamentación (40x).



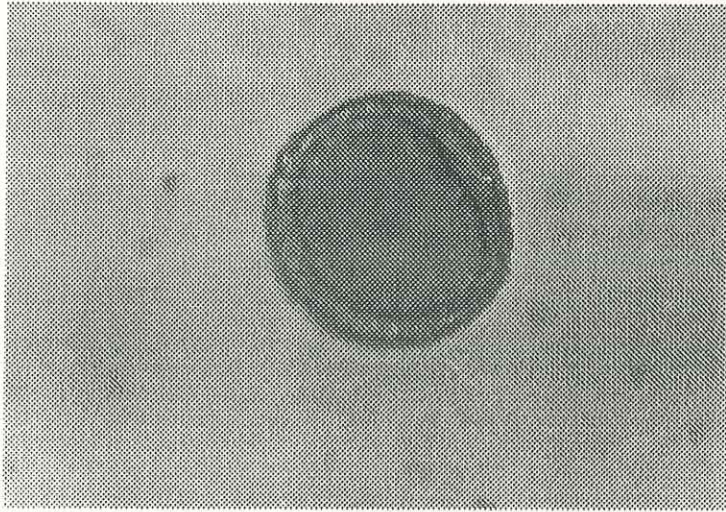
7.- Sección de la exina y poro granular (100x).



8.- Ornamentación-LO (100x).

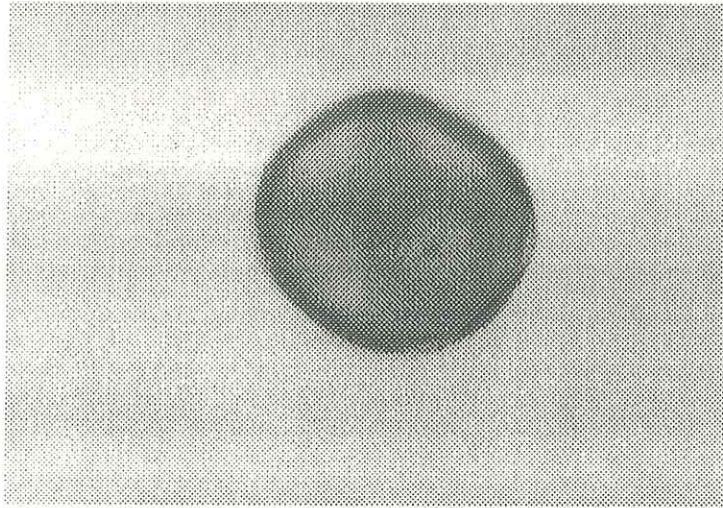


9.- Grano gemado (100x).

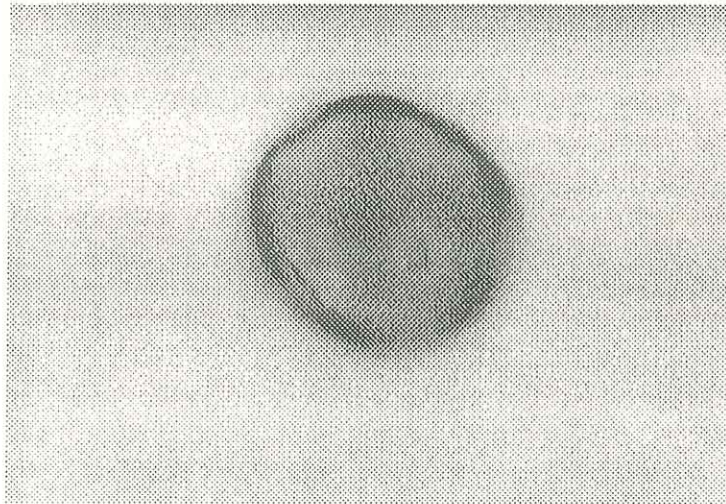


10.- Grano gemado (100x).

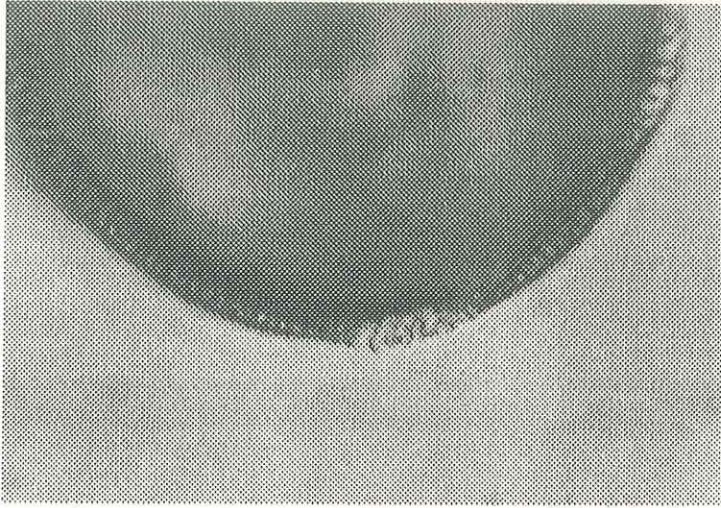
LAMINA VII: *Opuntia munzii*



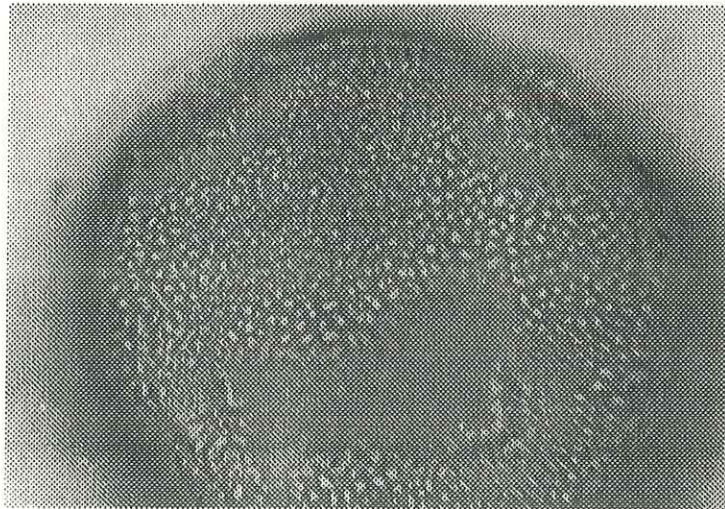
1.- Sección óptica (40x).



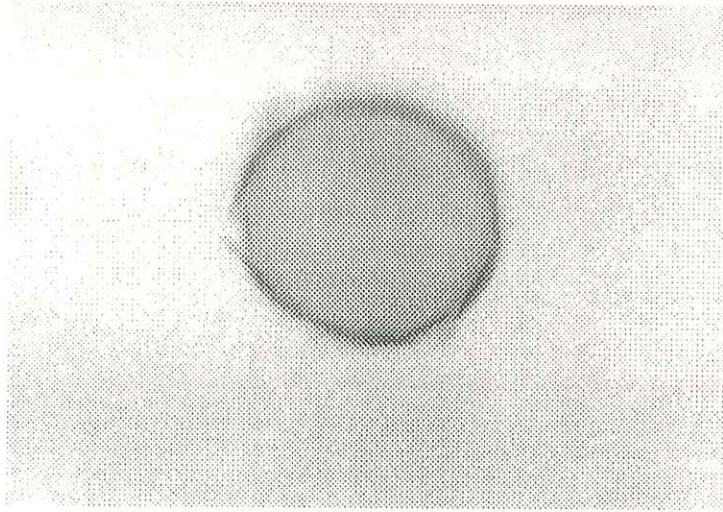
2- Ornamentación (40x).



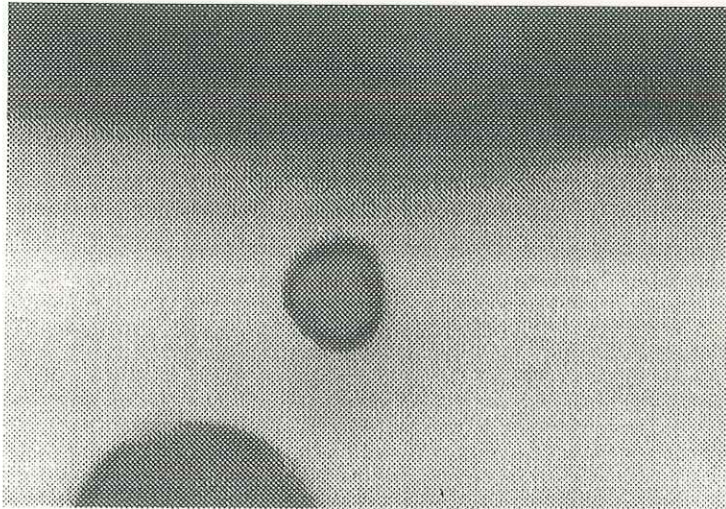
3.- Poro granular y exina (100x).



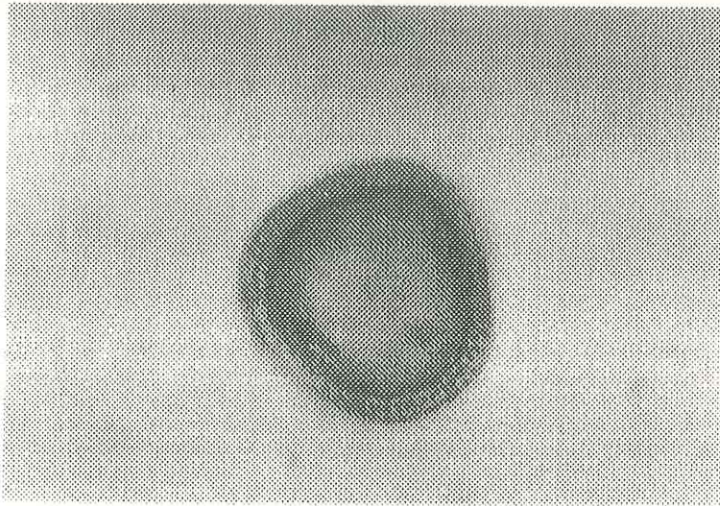
4.- Ornamentación (100x).



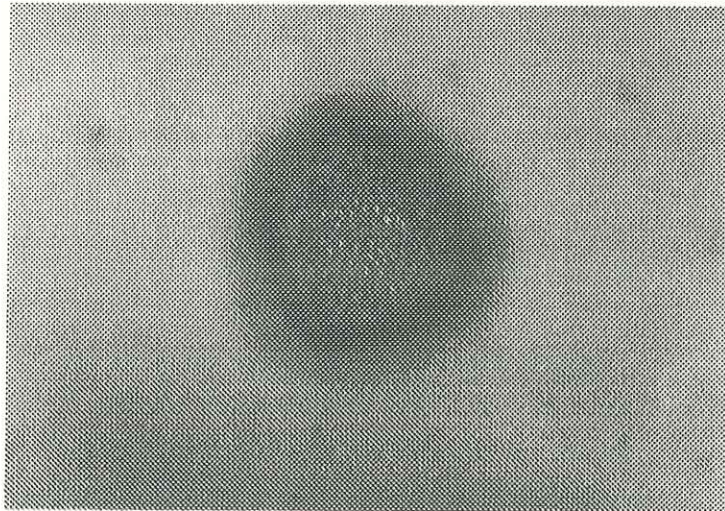
5.- Sección óptica y opérculos (40x).



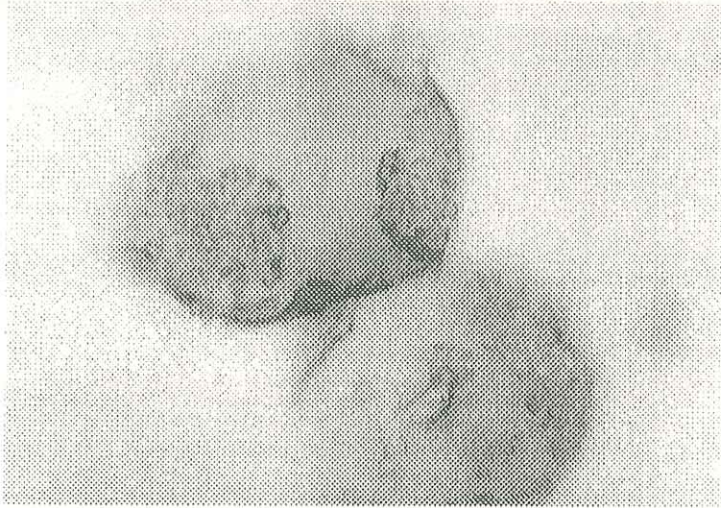
6.- Micropolen (40x).



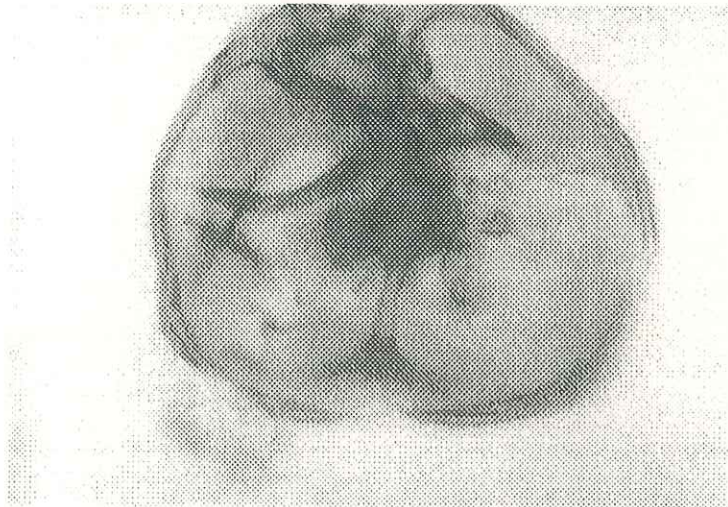
7.- Micropolen. Sección óptica (100x).



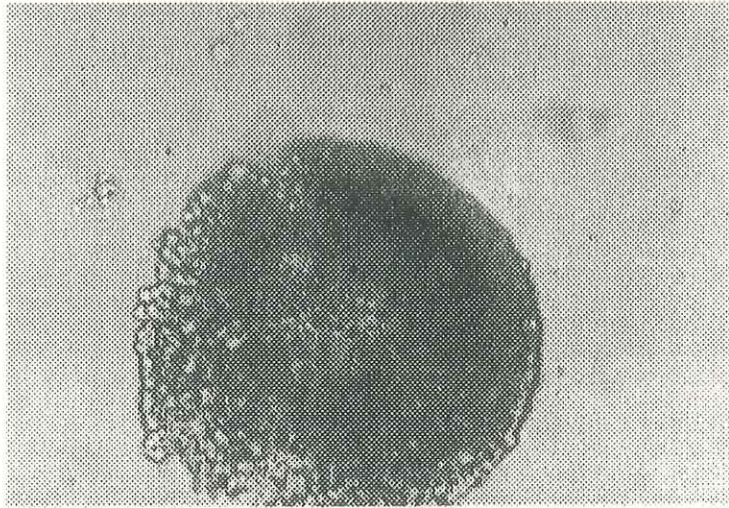
8.- Micropolen. Ornamentación (100x).



9.- Grano gemado (40x).

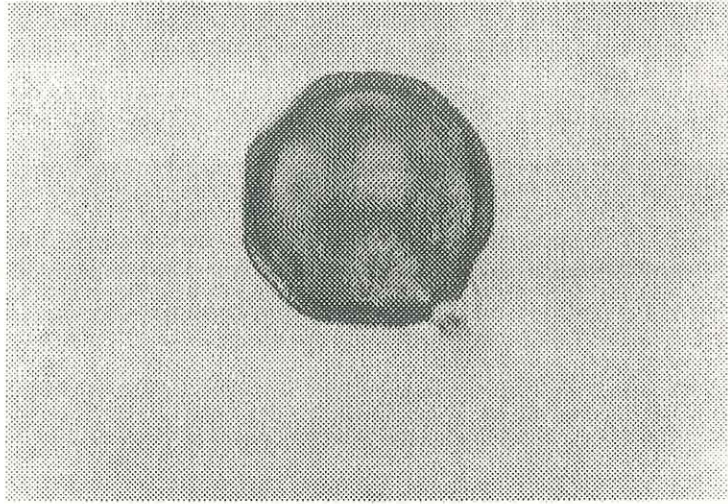


10.- Grano intactado (40x).

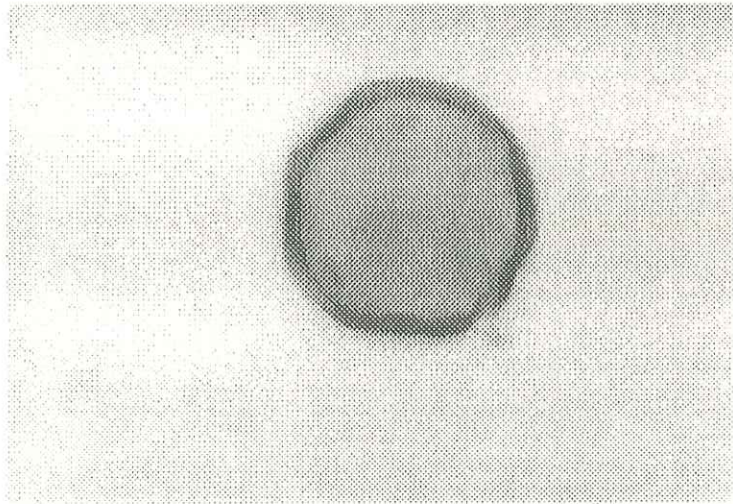


11.- Grano gemado (40x).

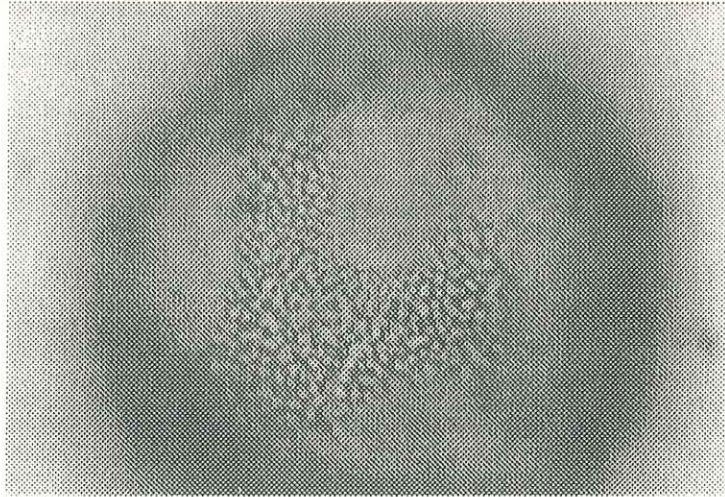
LAMINA VIII: *Opuntia parryi* var . *parryi*



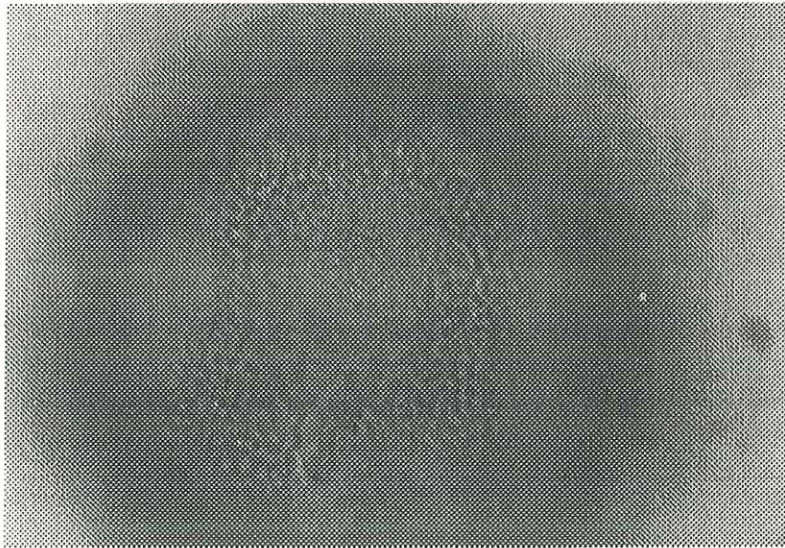
1.- Exina (40x).



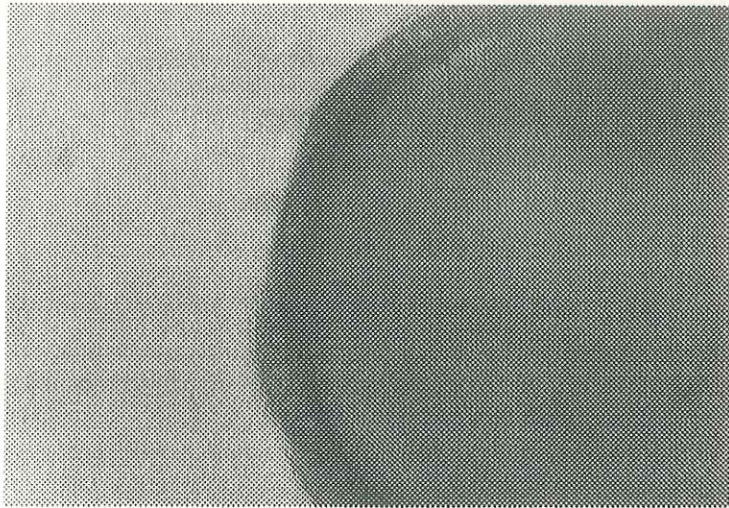
2.- Sección óptica (40x).



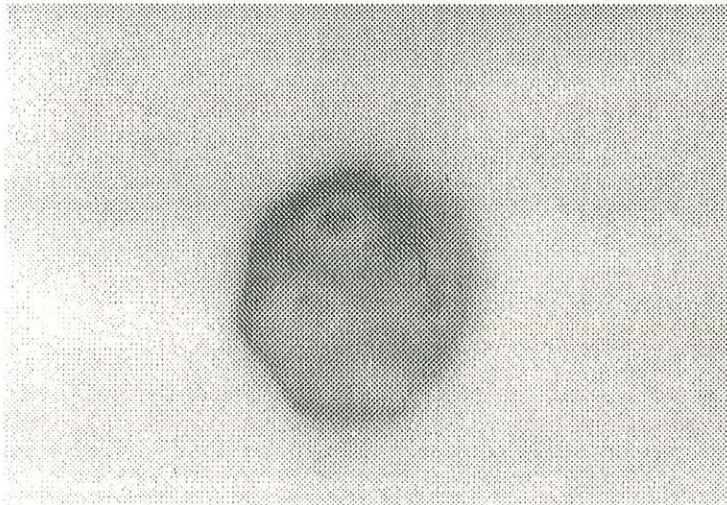
3.- Ornamentación (100x).



4.- Ornamentación y poro granular (100x).

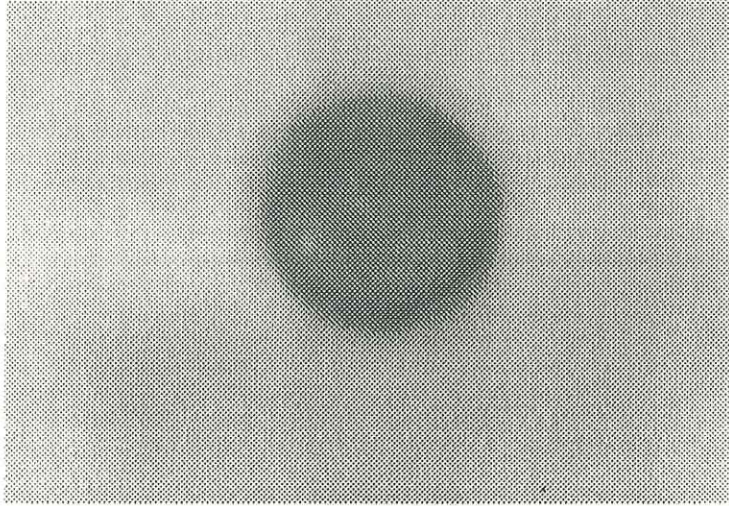


5.- Exina y poro granular (100x).

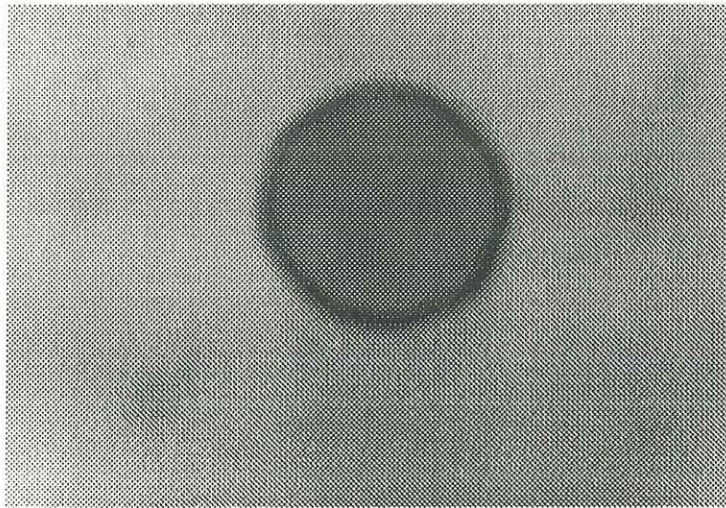


6.- Area fuertemente punctibaculada (40x).

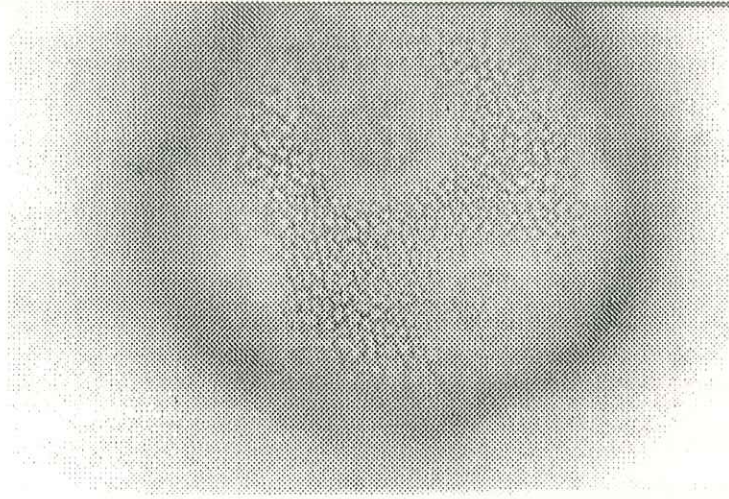
LAMINA IX: *Opuntia parryi* var. *serpentina*



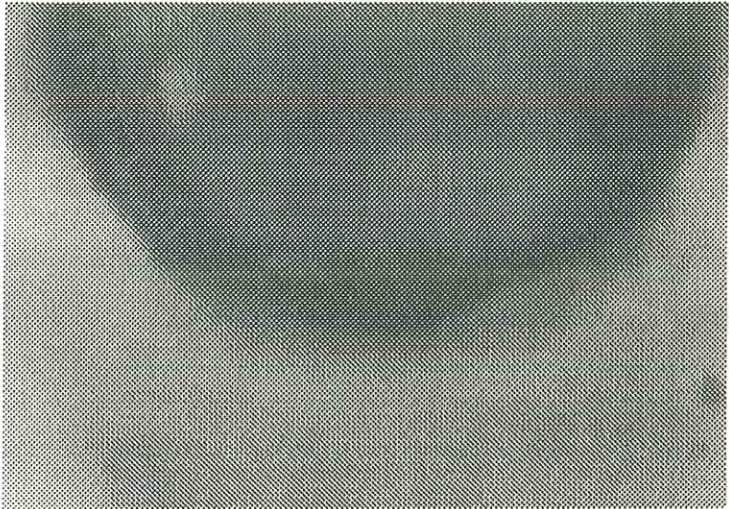
1.- Poros, área fuertemente punctibaculada (40x).



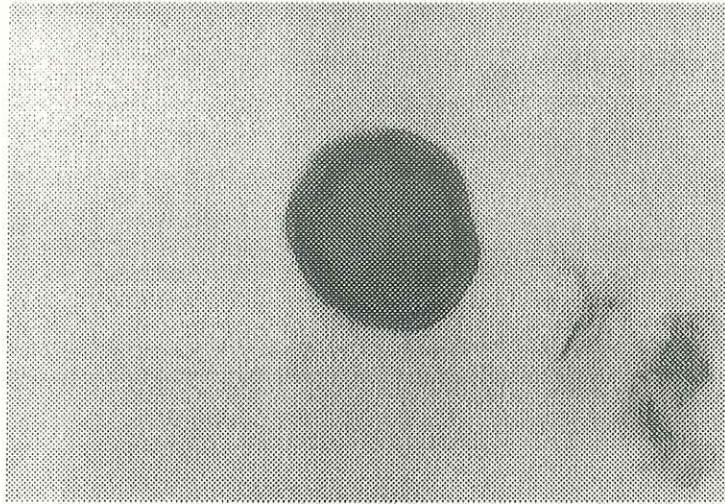
2.- Sección óptica (40x).



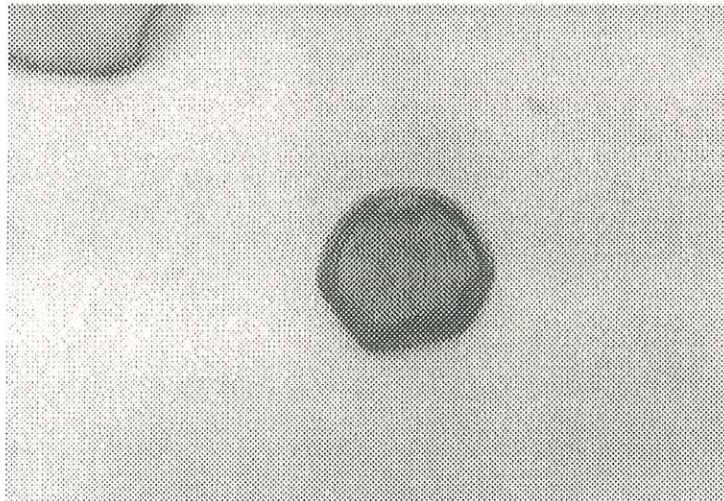
3.- Ornamentación y poros (100x).



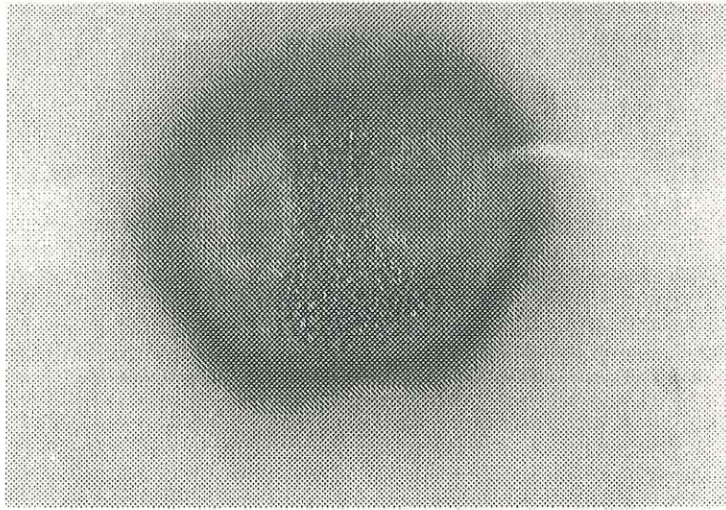
4.- Ornamentación y poro granular (100x).



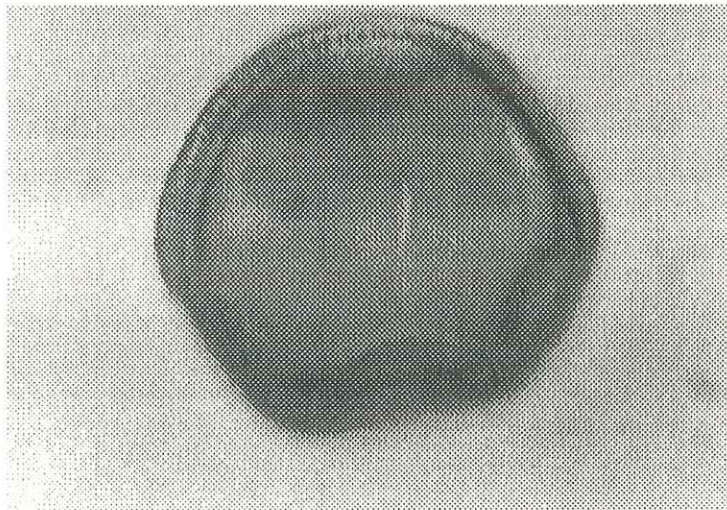
5.- Grano mediano. Sección óptica (40x).



6.- Micropolen (40x).

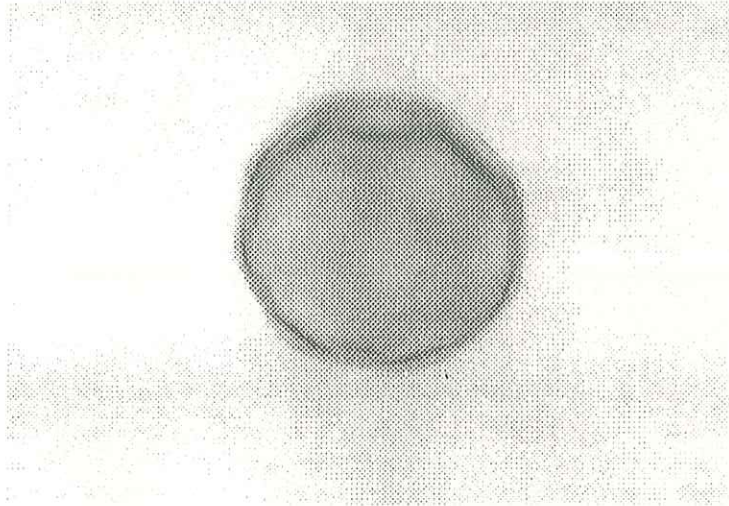


7.- Micropolen. Ornamentación (100x).

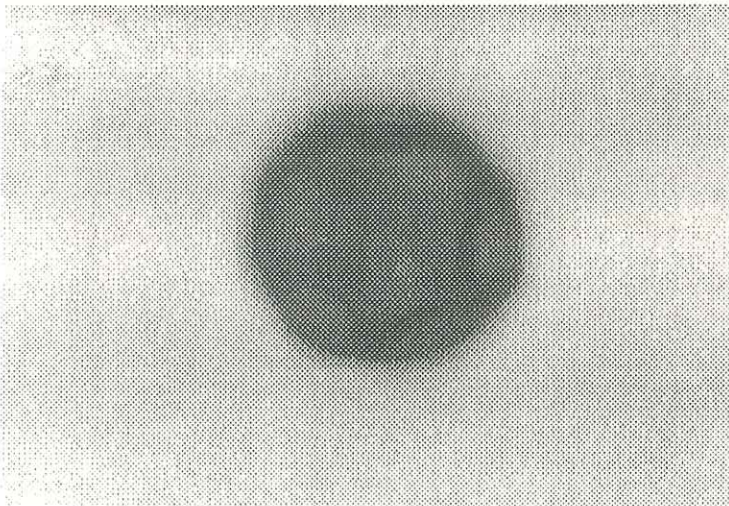


8.- Micropolen. Sección óptica (40x).

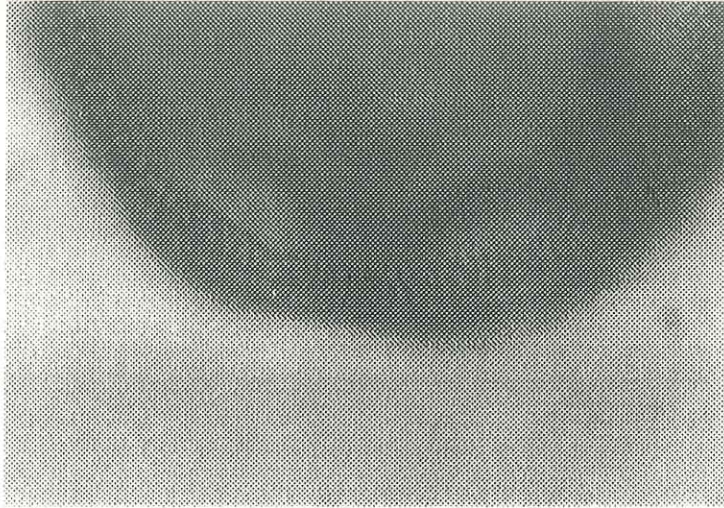
LAMINA X: *Opuntia prolifera*



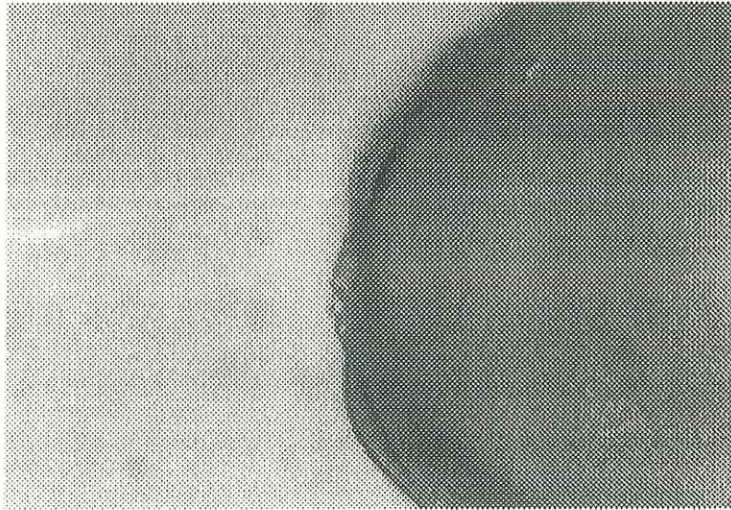
1.-Sección óptica (40x).



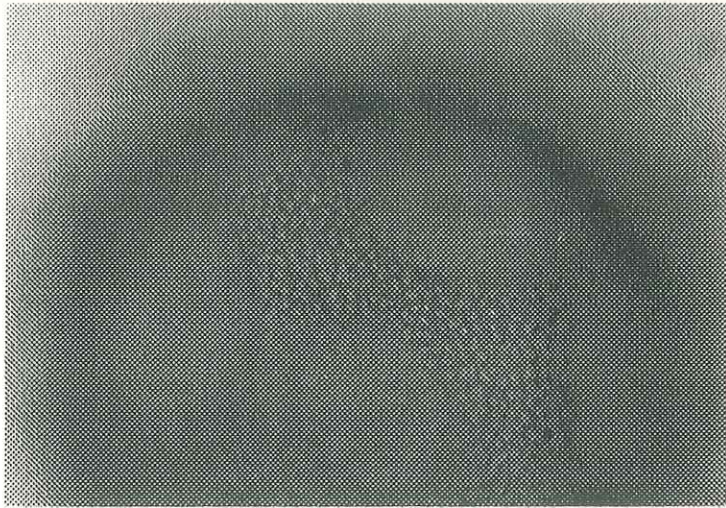
2.- Ornamentación y poros (40x).



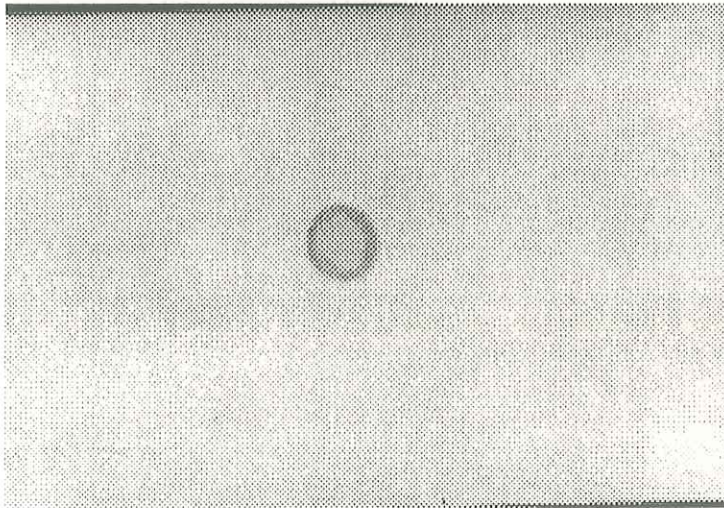
3.- Exina (100x).



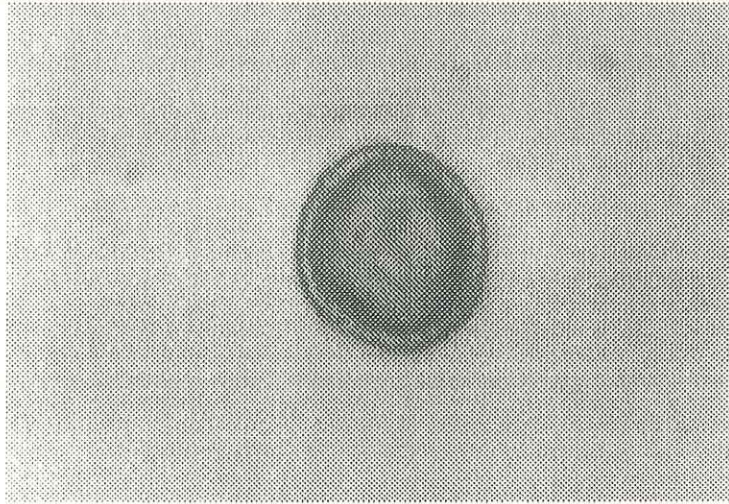
4.- Poro granular (100x).



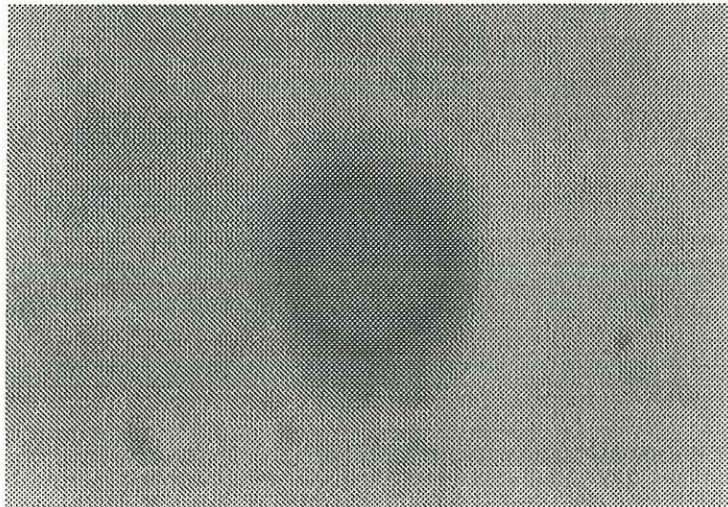
5.- Ornamentación (100x).



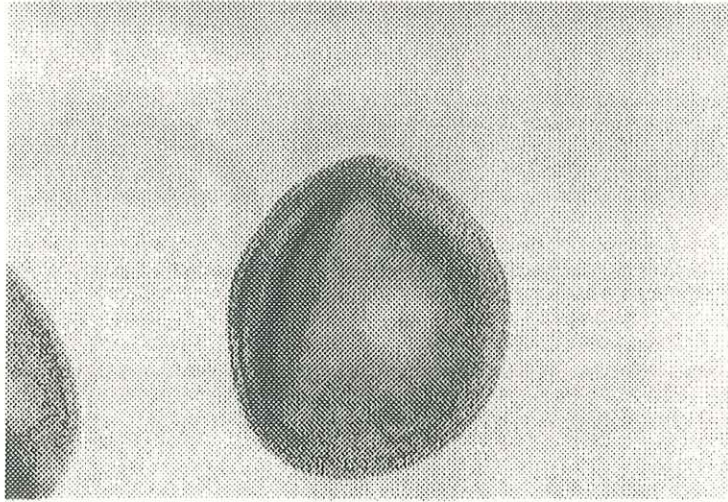
6.- Micropolen (40x).



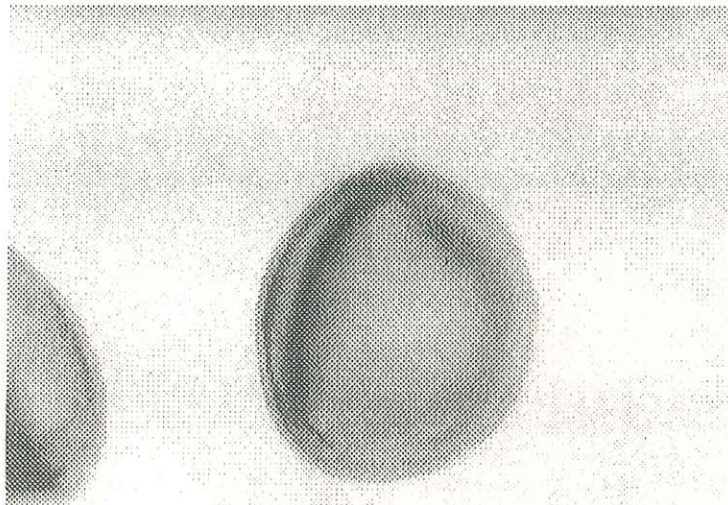
7.- Micropolen. Sección óptica (100x).



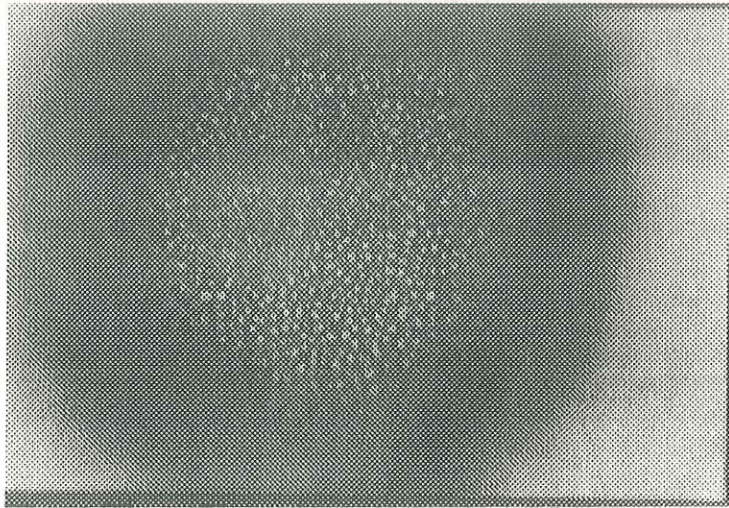
8.- Micropolen. Ornamentación (100x).



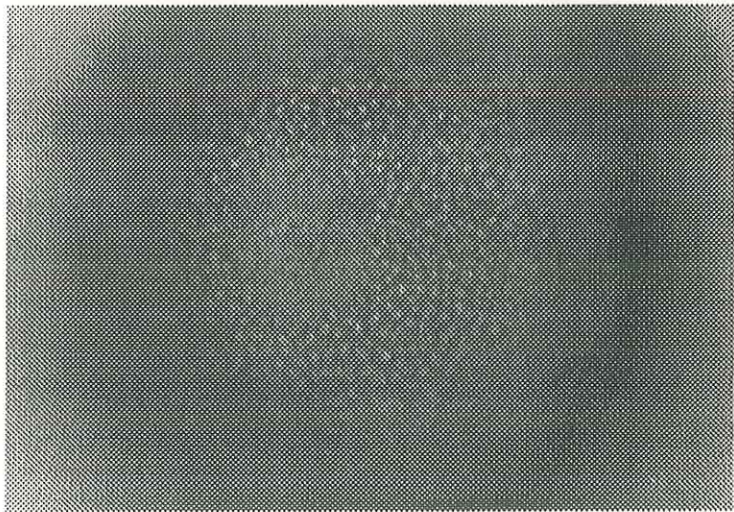
9.- Grano intacto. Sección óptica (40x).



10.- Grano intacto. Ornamentación (40x).

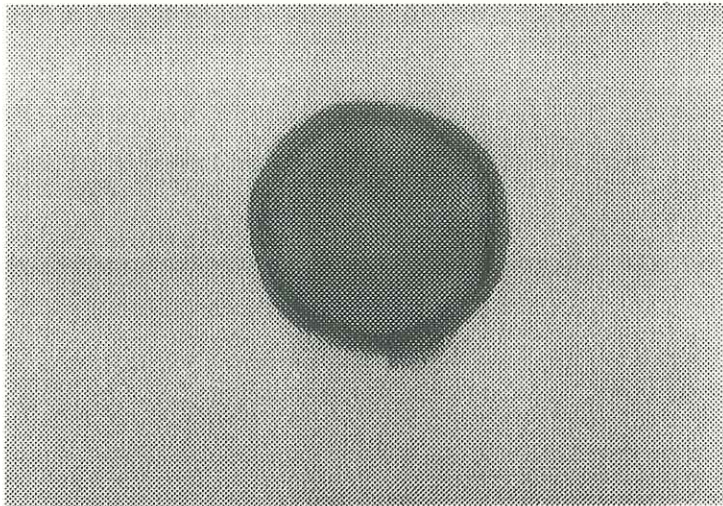


11.- Grano intactado. Ornamentación (100x).

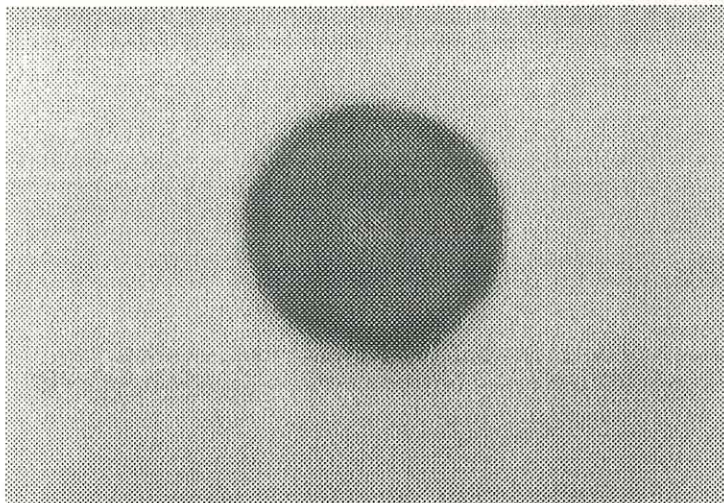


12.- Grano intactado. Ornamentación (100x).

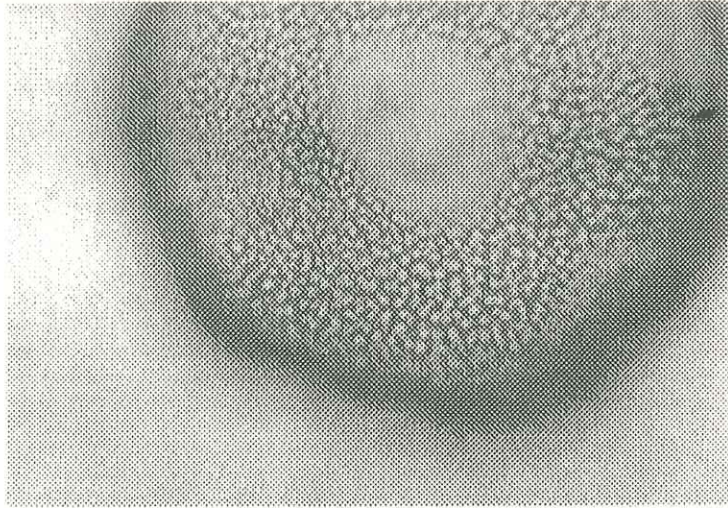
LAMINA XI: *Opuntia rosarica*



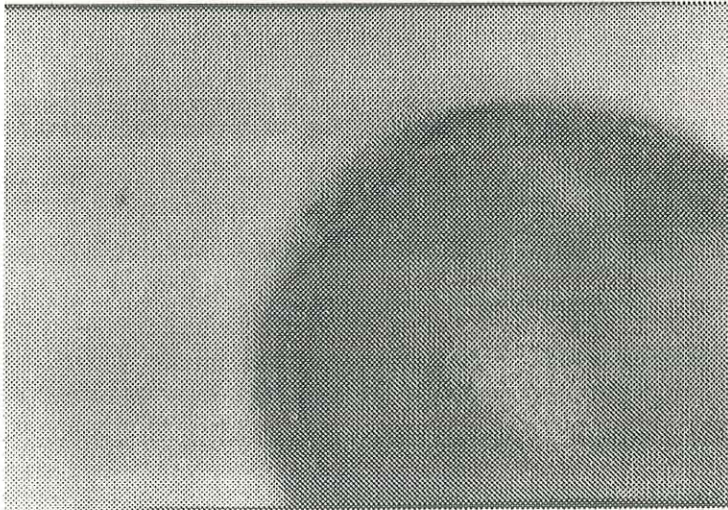
1.- Sección óptica (40x).



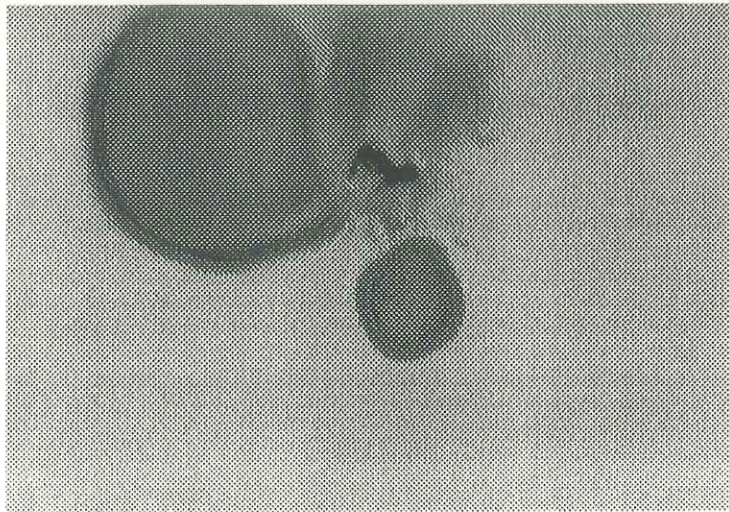
2.- Ornamentación (40x).



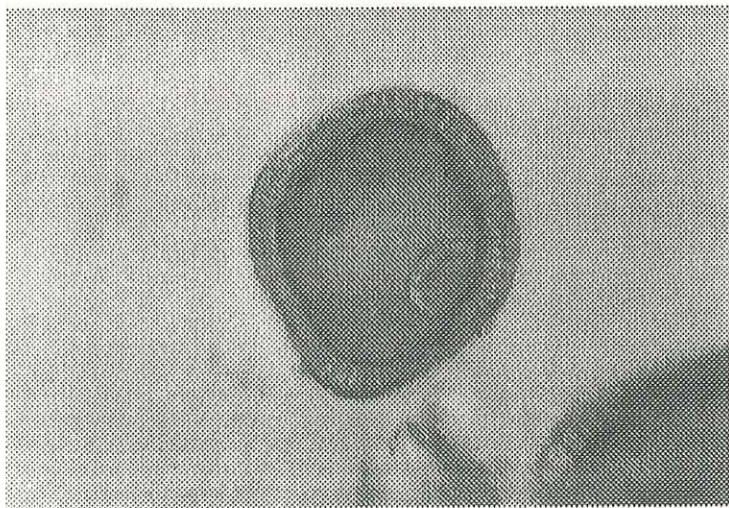
3.- Ornamentación (100x).



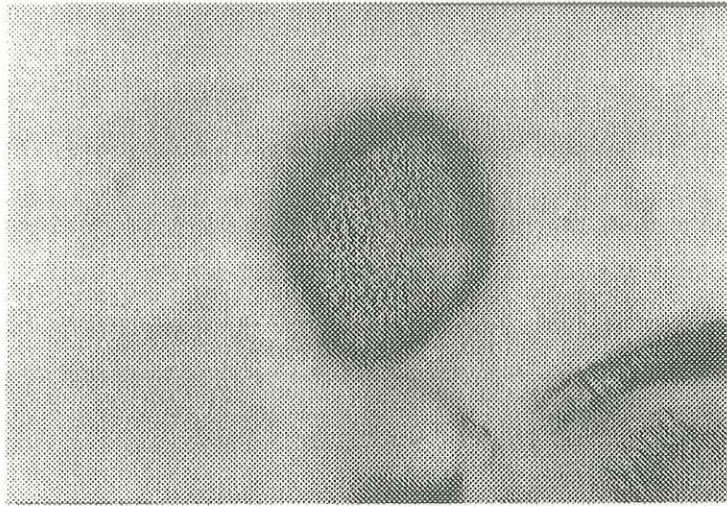
4.- Poro granular (100x).



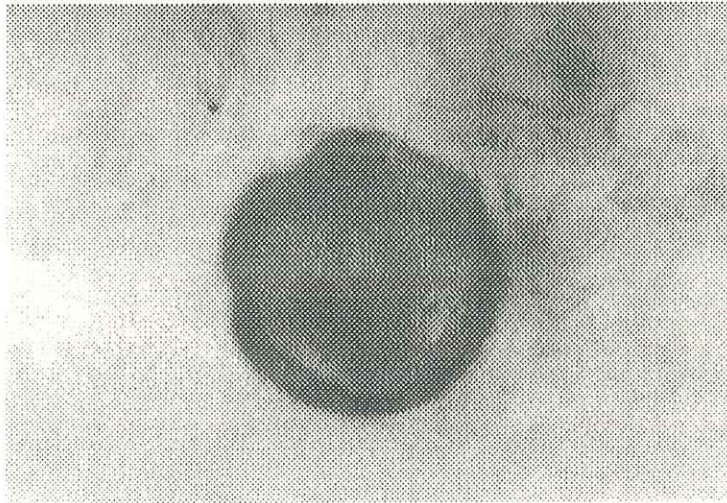
5.- Micropolen (40x).



6.- Micropolen. Sección óptica (100x).

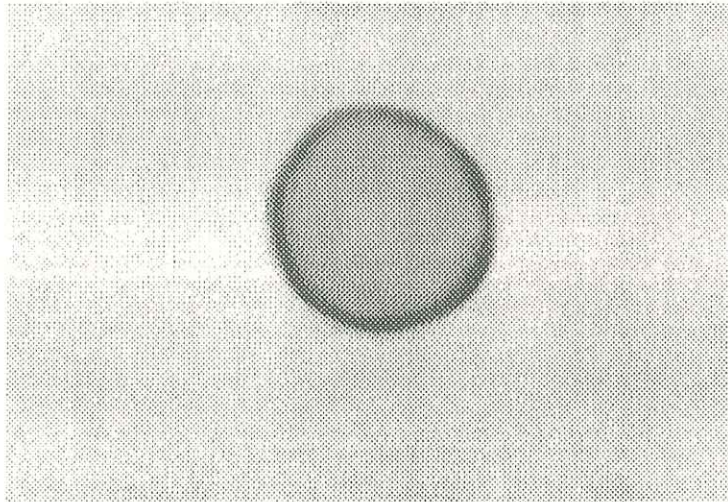


7.- Micropolen. Ornamentación (100x).

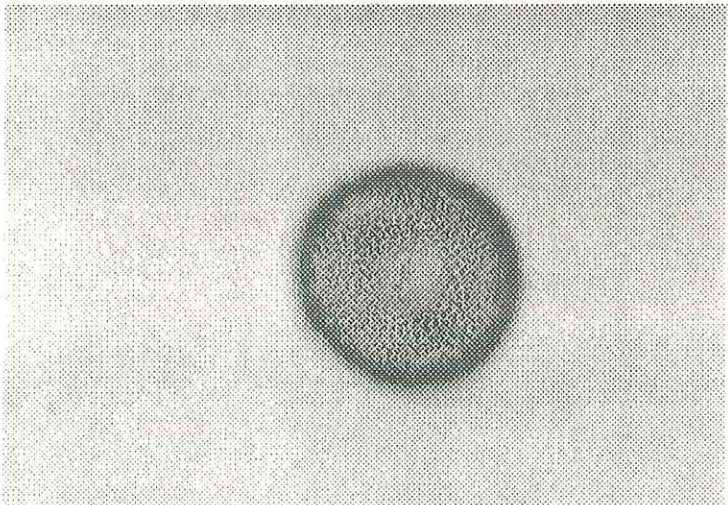


8.- Poros y ornamentación (40x).

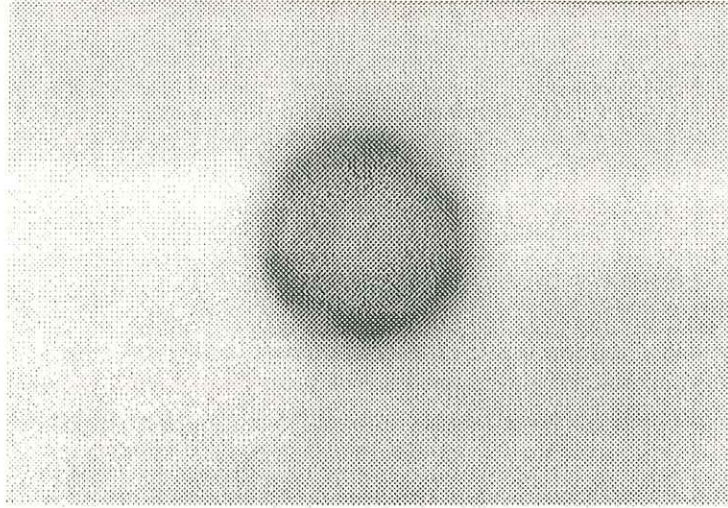
LAMINA XII: *Opuntia tesajo*



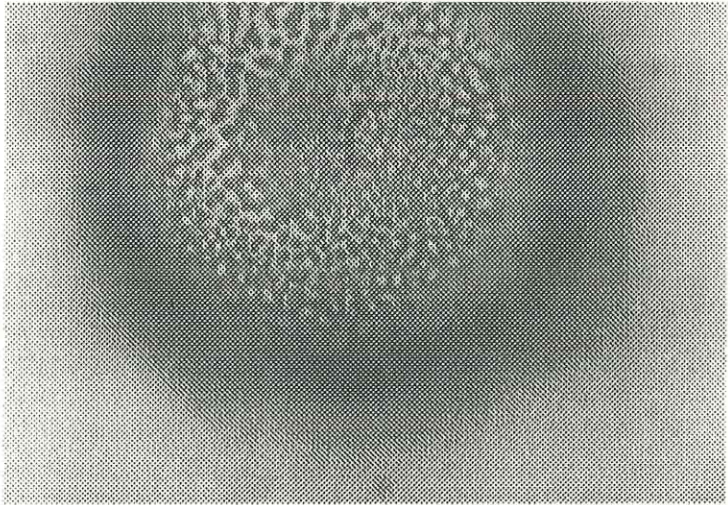
1.- Sección óptica (40x).



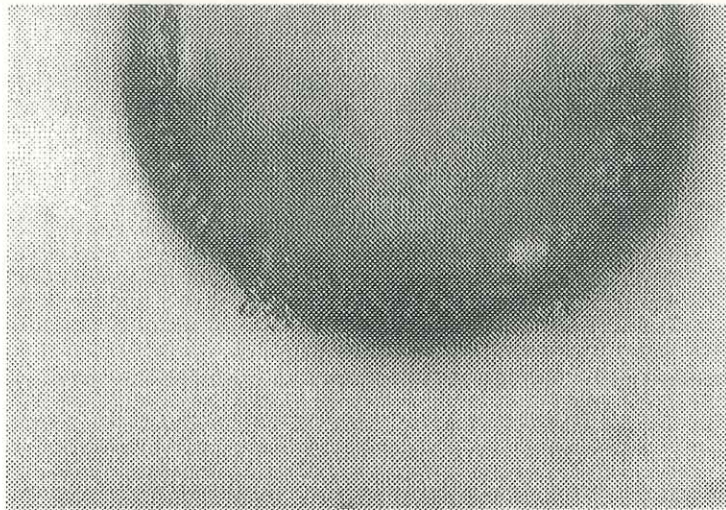
2.- Ornamentación (40x).



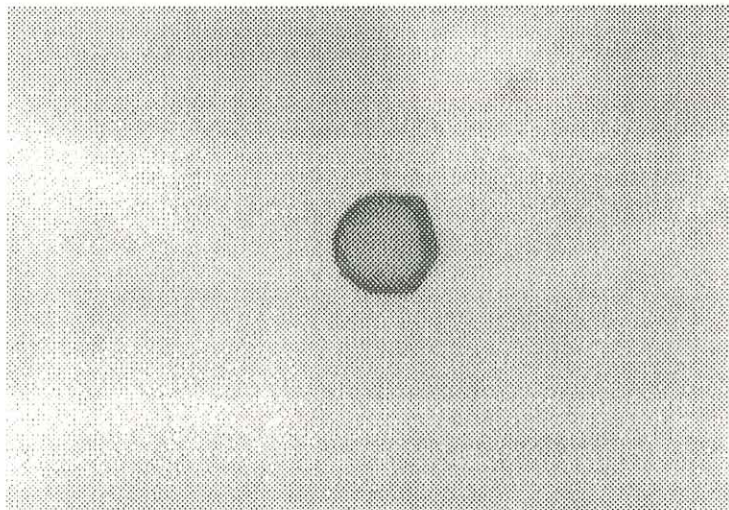
3.- Ornamentación (40x).



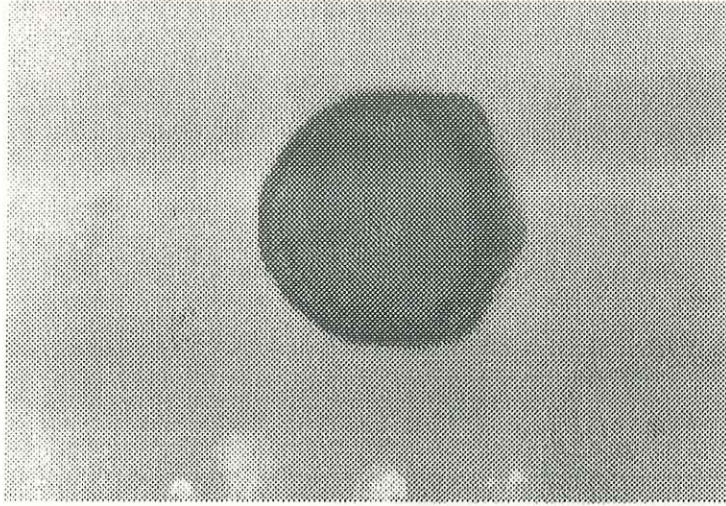
4.- Ornamentación (100x).



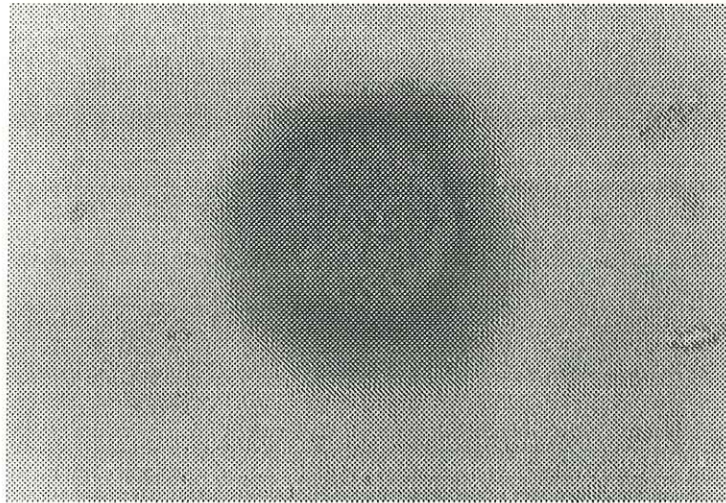
5.- Poro granular (100x).



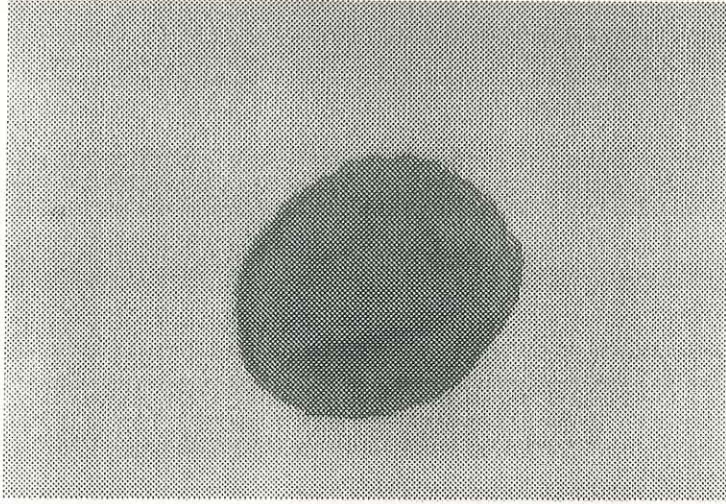
6.- Micropolen (40x).



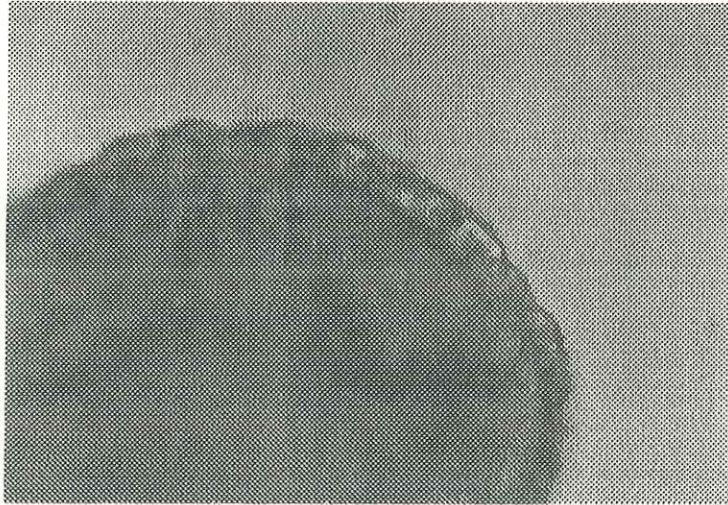
7.- Micropolen (100x).



8.- Micropolen. Ornamentación (100x).

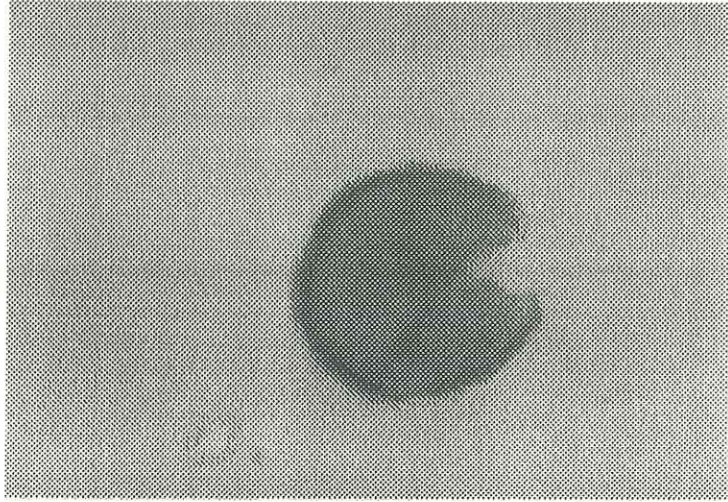


9.- Grano gemado (40x).

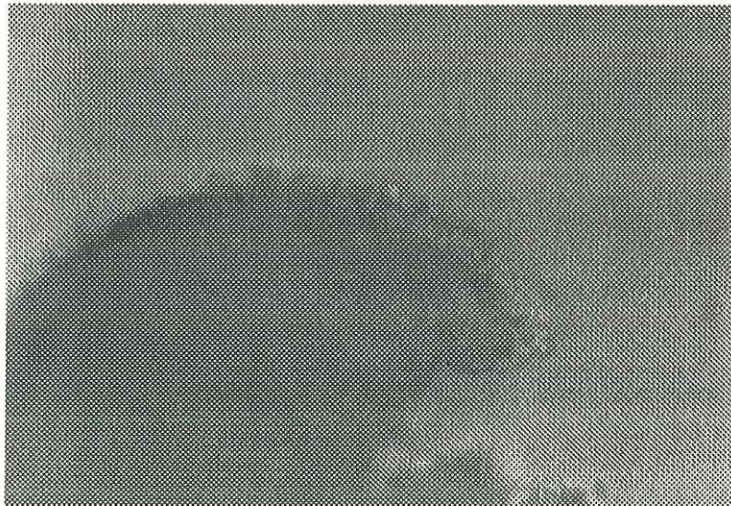


10.- Grano gemado (100x).

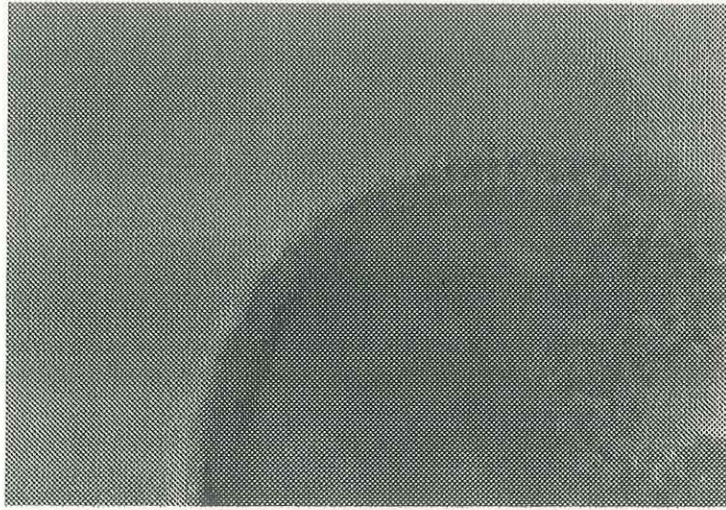
LAMINA XIII: *Opuntia wolfii*



1.- Grano gemado (40x).



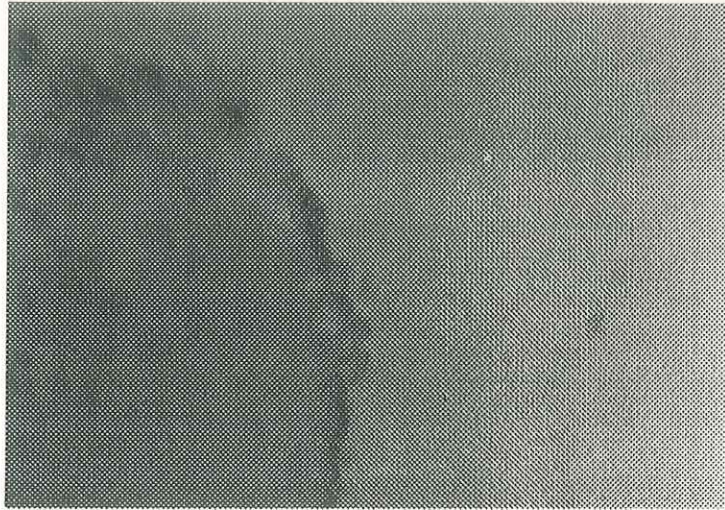
2.- Grano gemado (100x).



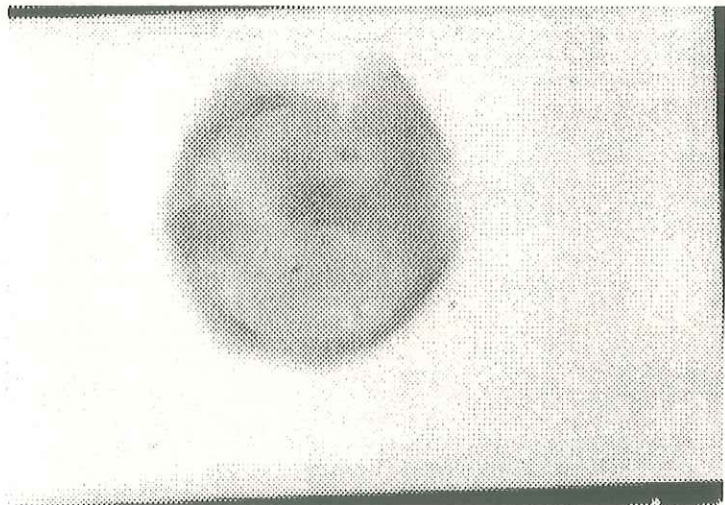
3.- Grano gemado (100x).



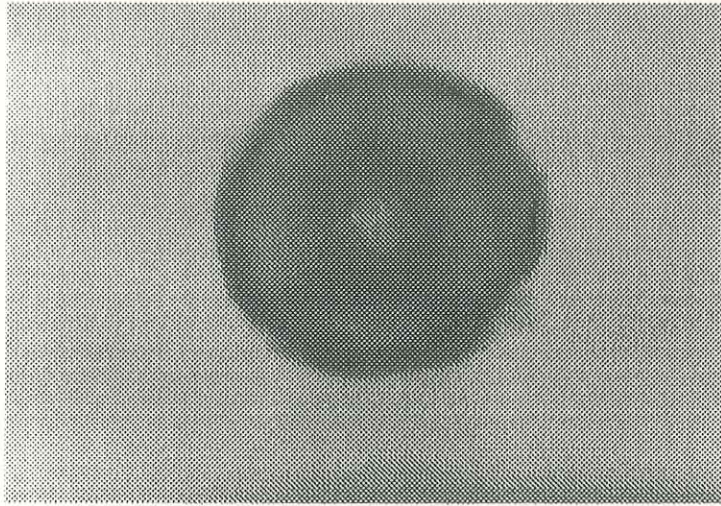
4.- Grano gemado (100x).



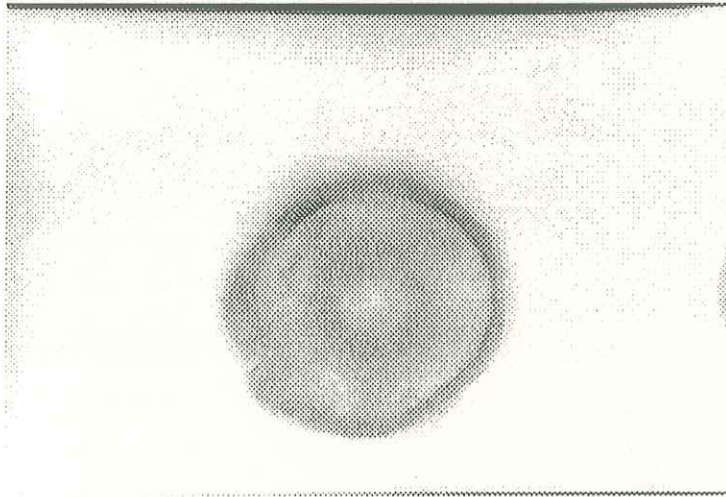
5.- Grano gemado (100x).



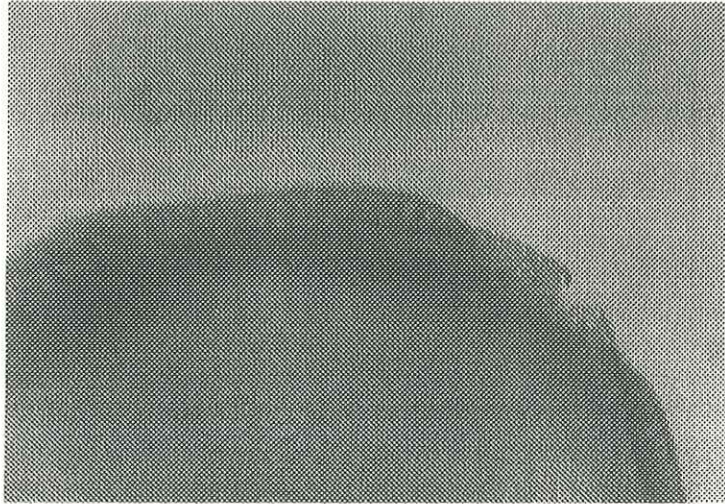
6.- Grano intacto (40x).



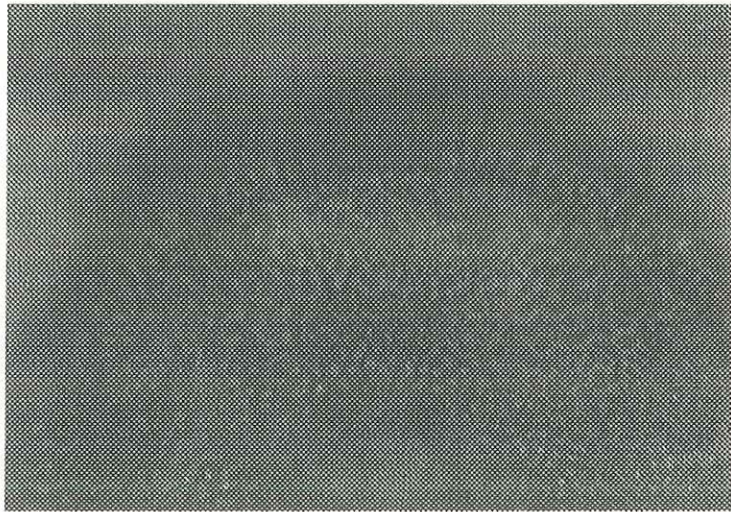
7.- Sección óptica (40x).



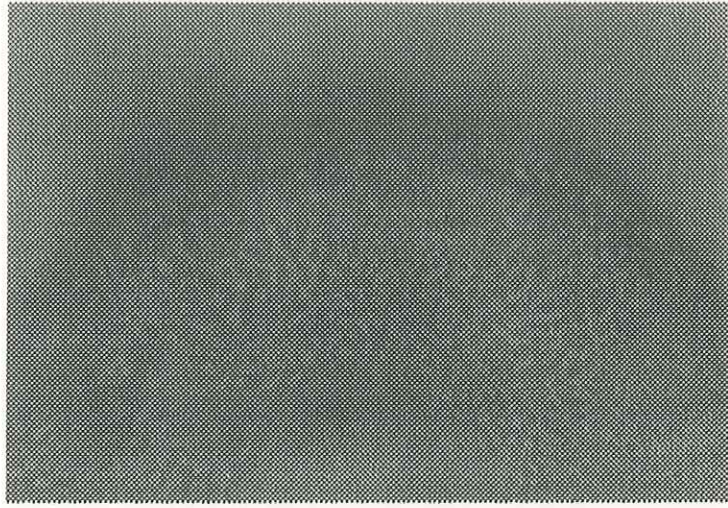
8.- Ornamentación y poros (40x).



9.- Exina y poro granulado (100x).

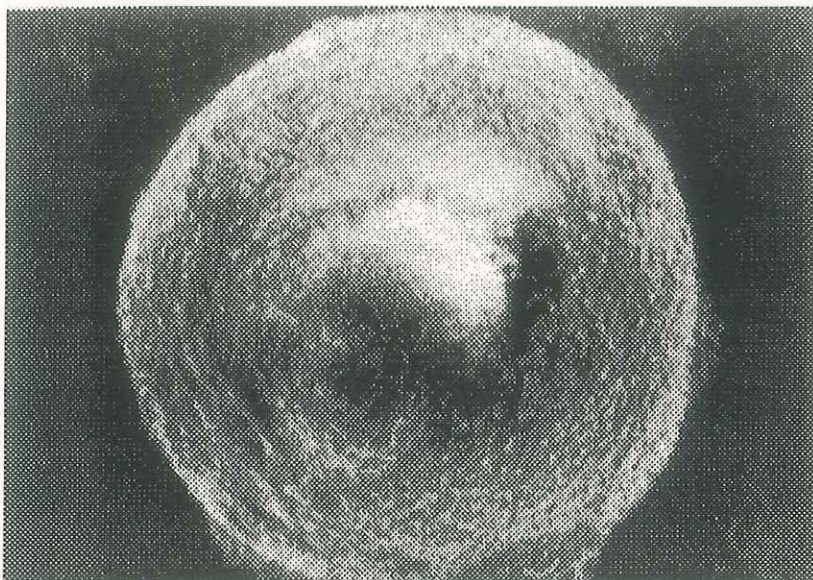


10.- Ornamentación y área fuertemente punctibaculada (100x).

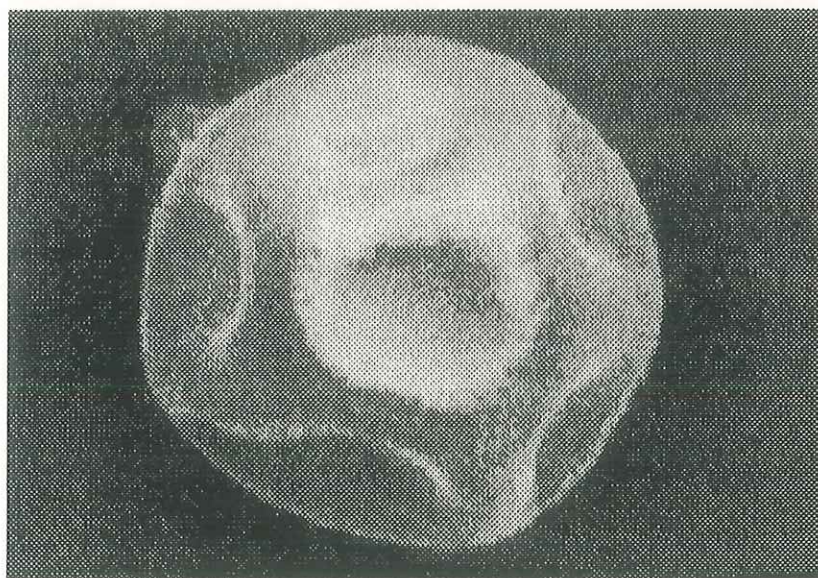


11.- Ornamentación y área fuertemente punctibaculada (100x).

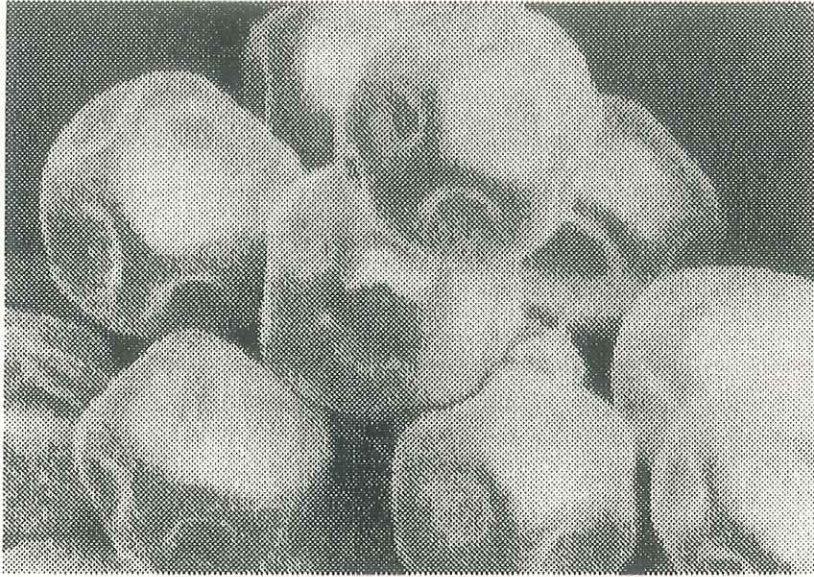
LAMINA XIV: Microscopía electrónica



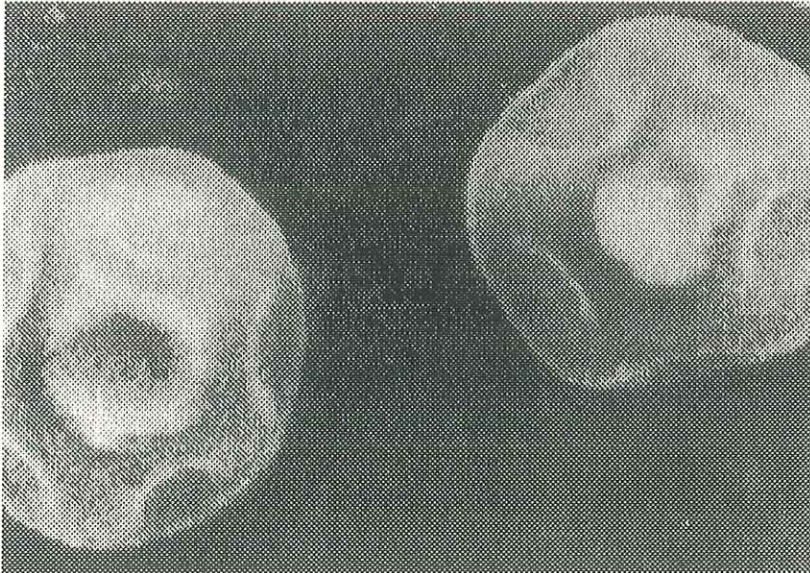
1.- *Opuntia cholla* (1500x).



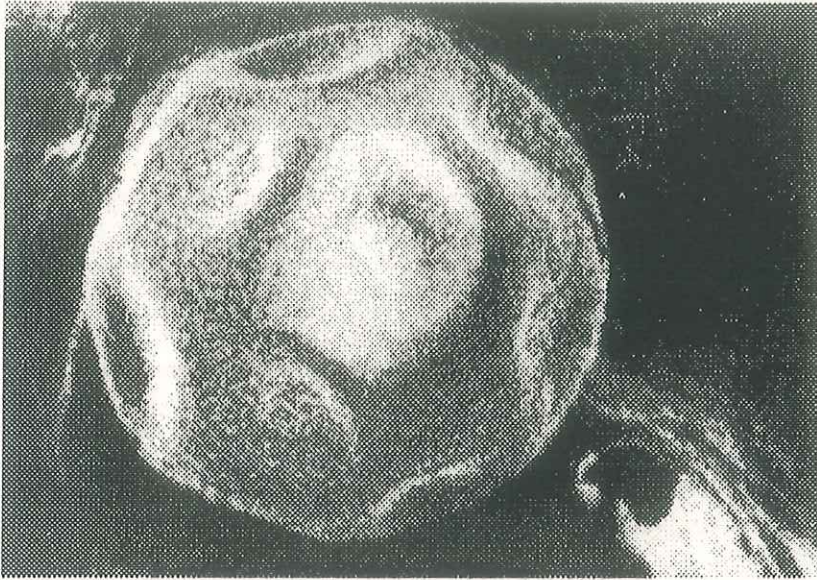
2.- *Opuntia cholla* (1000x).



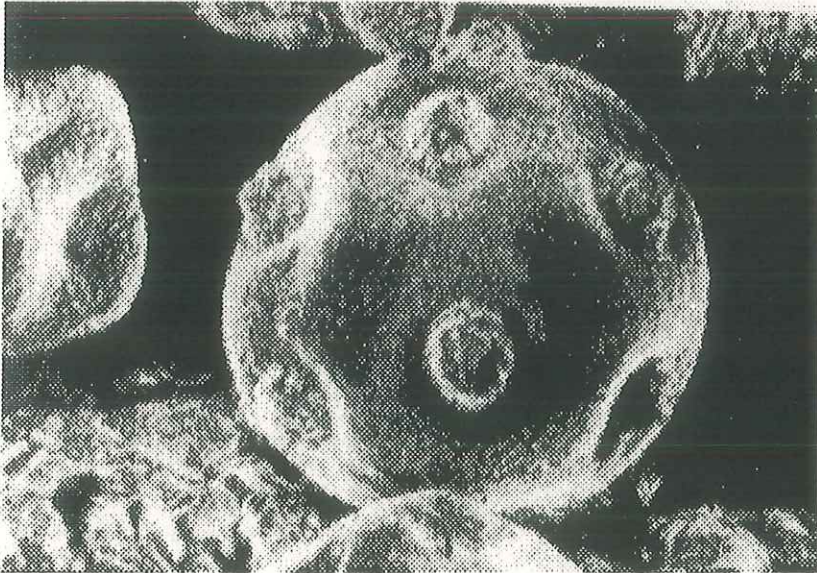
3.- *Opuntia cholla* (500x).



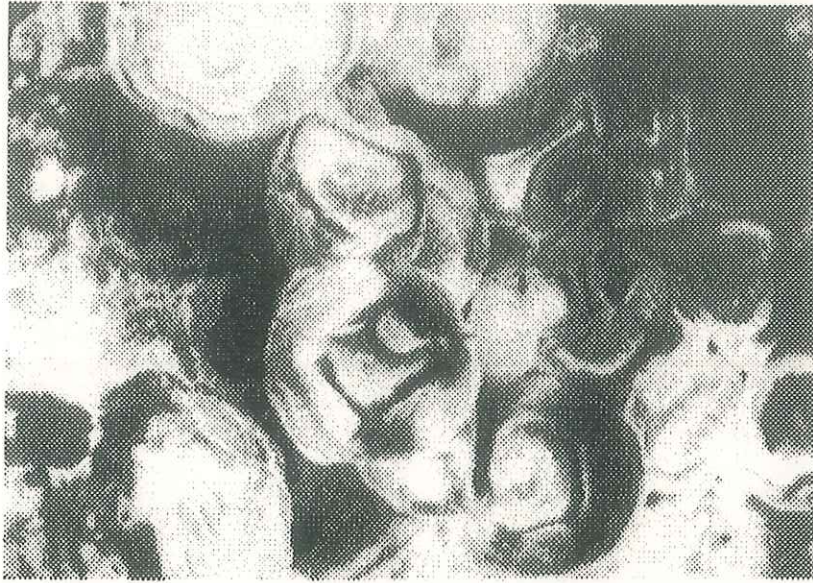
4.- *Opuntia cholla* (750x).



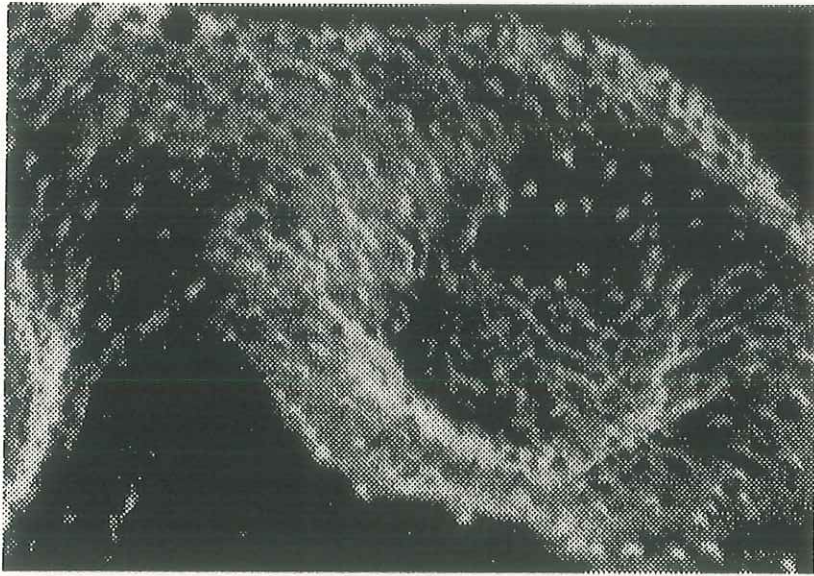
5.- *Opuntia prolifera* (750x).



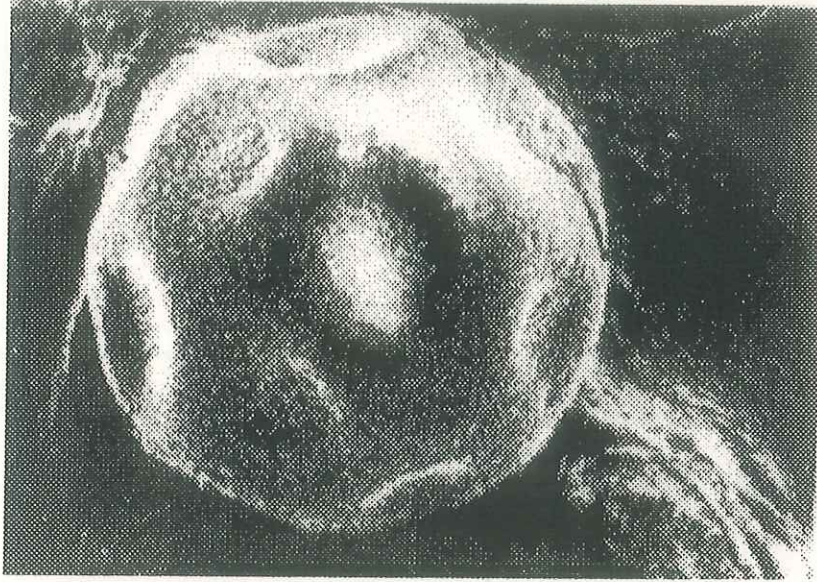
6.- *Opuntia prolifera* (1000x).



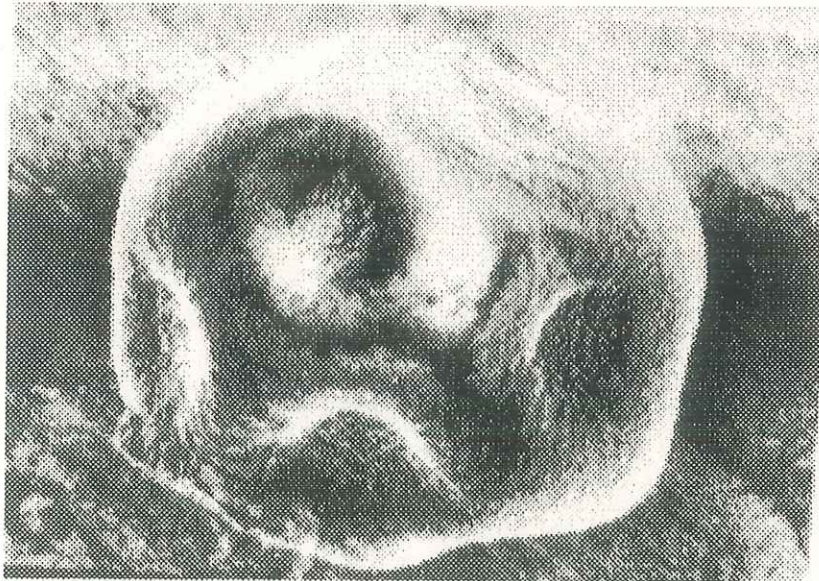
7.- *Opuntia prolifera* (500x).



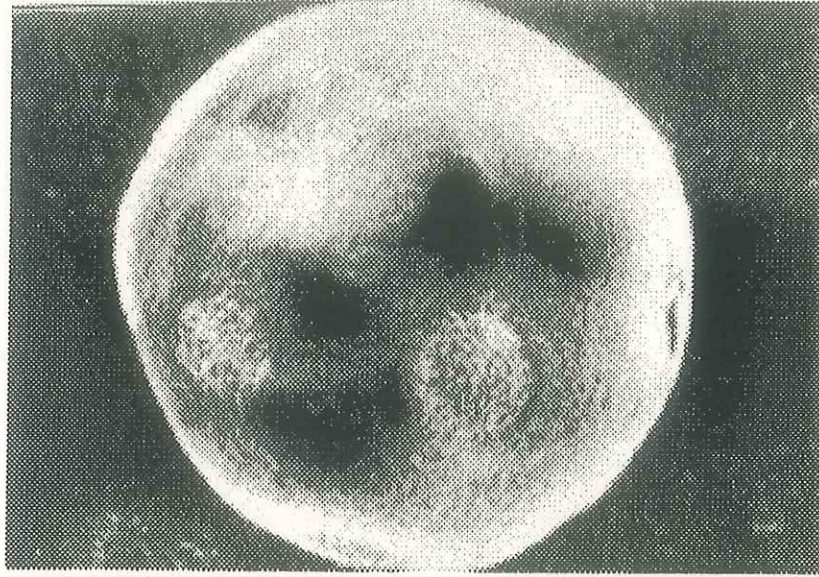
8.- *Opuntia prolifera* (3500x).



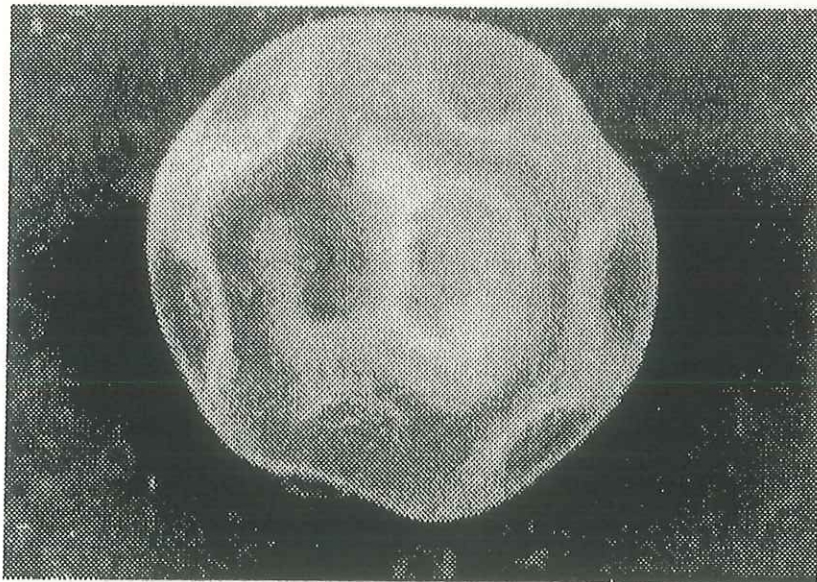
9.- *Opuntia prolifera* (750x).



10.- *Opuntia tesajo* (1000x).



11.- *Opuntia tesajo* (1000x).



12.- *Opuntia tesajo* (1000x).

## IX.- GLOSARIO

- **araeola:** División de la exina en diferentes espacios.
- **bácula:** Columna de esporolenina que se sostiene en la nexina, forma parte de la sexina. También llamada columella.
- **colpo:** Aberturas donde germina el grano de polen. En angiospermas la exina es muy delgada o ausente.
- **ektexina:** Es la capa formada por la sexina y la nexina 1.
- **elementos estructurales:** Los constituyen las ornamentaciones de la exina del grano y la arquitectura de la pared.
- **endexina:** Capa de esporolenina, entre la intina y las columelas. También llamada nexina.
- **espínulas:** Pequeñas espinas (ornamentación) que no exceden las 3 $\mu$  de longitud.
- **estenopalino:** Que presenta una forma de grano o un tipo morfológico.
- **euripalino:** Que presenta varios tipos de formas de granos o varios tipos morfológicos.
- **exina:** Es la pared más externa del polen y se encuentra diferenciada en dos capas, la sexina y la nexina.

- **gemado:** Grano de polen con gemas, protuberancias de la exina que miden lo mismo de ancho que de largo.
- **harmemogatia:** Fenómeno de control de la humedad en el grano de polen.
- **inaperturado:** Grano sin aberturas.
- **intectado:** Sin tectum.
- **intina:** Capa más interna del grano de polen constituida de celulosa.
- **macropolen:** Granos de polen de tamaño mayor a la media normal.
- **micropolen:** Granos de polen de tamaño menor a la media normal.
- **monosulcado:** Grano con un sulco.
- **pantoporado:** Grano con 12 poros.
- **periporado:** Con poros en toda la superficie.
- **puncta:** Pequeñas perforaciones de la exina menores a  $1\mu$ .
- **punctibaculada:** Nuevo término de ornamentación introducido por Tsukada (1964), quien lo menciona para la parte protuberante de la báculo, la cual presenta un patrón semejando a un retículo.

- **punctibaculada aislada:** Cuando la forma basal de la báculo se distingue claramente.

Como ejemplo característico está *Opuntia acanthocarpa*.

- **punctibaculada compacta:** Cuando la forma basal de la báculo es poco distinguible debido a la compactación entre ellas.

- **retículo:** Cuando el diámetro de los lúmenes (tectum interrumpido) es superior a  $1\mu$  y a la anchura de los muros (zonas con tectum).

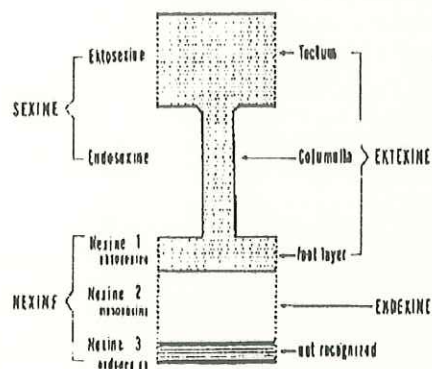
- **sulco:** Aberturas donde germina el grano de polen. En gimnospermas, la exina es muy delgada o ausente.

- **tectum:** También llamado techo. Estructura formada por la parte superior engrosada y soldada de las columelas. Esta puede ser total, parcial o ausente.

- **tegilada:** Con techo.

- **tegillum:** Sinónimo de tectum.

- **tricolporado:** Con tres colpos, que presentan en su interior una endoabertura.



## X.- BIBLIOGRAFIA

- Benson, L. 1982. The Cacti of the United States and Canada, Stanford University Press, Stanford, Calif. U.S.A. 879 pp.
- Britton N. L. y J. N. Rose. 1963. Dover Publications, Inc. New York. 241 pp.
- Davis, P. H. y V. H. Heywood. 1963. Principles of Angiosperm taxonomy. Van Nostran Co. New York. 760 pp.
- Elisen, W.Y. 1986. Pollen morphology and systematic relationships among New World species in tribe Antirrhineae (Scrophulariaceae). American J. Bot. 73(9):1298-1311
- Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxomomy. Angiosperms. Alquvist and Wicksell, Stockholm. 539 pp.
- Erdtman, G. 1979. Handbook of palynology. An introduction to the study of pollen grains and spores. Hafner Pub. Co. New York. pp. 90-95
- Esau, K. 1976. Anatomía Vegetal. Edic. Omega S. A. México. pp. 84-87
- Fægri, K. y Iversen, J. , 1966. Terminology in palynology. Pollen Spores. 8:407-408.
- Fosberg, F.R. 1931. Remarks on the taxonomy of the Cactaceae and some new contributions. Bull. S. Calif. Acad. Sci. 30:1-10
- Hesse, M. y Waha, M. 1989. A new look at the acetolysis method. Pl. Sys. Evol. 163:147-152

- Jarvis, C.E. 1981. Pollen morphology in the subtribe Borzicactinae F. Buxb. (Cactaceae).  
The Cactus and Succulent Journal of Great Britain 43(4):109-113
- Kurtz, E.B. 1948. Pollen grain characters of certain Cactaceae. Bull. Torrey Bot. Club. 75:516-522
- Kurtz, E.B. 1963. Pollen morphology of the Cactaceae. Grana 4(3):367-372
- Larson, D. A., Skarvarla, J.J. y Lewis, C.W. 1962. An electron microscope study of the  
exine stratification and fine structure. Pollen Spores. 4:233-246
- Leuenberger, B.C. 1976. Pollen morphology of the Cactaceae. The Cactus and Succulent  
Journal of Great Britain 38 (4):79-94
- Ludlow, W.B. 1984. Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No.16. Familia  
Cupressaceae. Biótica 9(1):75-80
- Palacios, Ch. R. 1980. Análisis polínico de algunos sitios de interés arqueológico en el Valle  
de San Juan del Río, Qro: Sánchez, J. Memorias del III coloquio de paleobotánica y  
palinología. Col. Científica. No. 86 INAH-SEP. México. pp. 179-183
- Pragłowski, J. 1970. The effects of pre-treatment and the embedding media on the shape of  
pollen grains. Review of Palaeobotany and Palynology 10: 203-208.
- Pragłowski, J. 1987. Pollen morphology of Tribulaceae. Grana 26: 193-211
- Reitsma T. 1970. Suggestions towards unification of descriptive terminology of Angiosperm  
pollen grains. Review of Palaeobotany and Palynology. 10:9-60

- Sokal R. y J. Rohlf. 1979. Biometria. Blume Ediciones Madrid, México, D.F. 986 pp.
- Thorne, R.F. 1992. Classification and geography of the flowering plants. The Botanical Review 58(3):225-348
- Trudel M. C. y J.K. Morton. 1992. Pollen morphology and taxonomy in Nort American Labiatae. Can. J. Bot. 70:975-995
- Tsukada, M. 1964. Pollen morphology and identification II Cactaceae. Pollen et Spores 6:45-84
- Walters D. y Keil D. 1988. Vascular plant taxonomy. Kendal-Hunt Publishing Co. 488 pp.
- Wiggins, I. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press, Stanford, Ca. 1175 pp.
- Wodehouse R.P. 1935. Pollen grains. McGraw-Hill. New York. 1243 pp.
- Zaenz, C. 1978. Polen y esporas. Introducción a la palinología y vocabulario palinológico. Edit. H. Blume, Madrid. 219 pp.