

7 ejes  
Nº 9



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

" ESTUDIO ANATOMICO DE 5 ESPECIES DE SEMILLAS  
TROPICALES MEXICANAS "

T E S I S

Que para obtener el Título de:

B I O L O G O

presenta

JOSE LUIS ALVARADO

México, D. F.

Noviembre, 1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

### PRESENTACION Y AGRADECIMIENTOS

	Pág.
I. INTRODUCCION .....	1
1. Aspectos generales de las semillas .....	2
2. Estudios sobre anatomía de semillas .....	5
3. Elección de las especies de estudio .....	7
4. Breve descripción de las especies de estudio .....	7
4.1 <u>Enterolobium cyclocarpum</u> .....	7
4.2 <u>Myroxylon balsamum var. Perelrae</u> .....	8
4.3 <u>Acacia pennatula</u> .....	9
4.4 <u>Jatropha curcas</u> .....	10
4.5 <u>Brosimum alicastrum</u> .....	10
II. OBJETIVOS .....	11
III. MATERIAL Y METODO .....	12
1 Colecta de las semillas .....	12
2.Tratamiento experimental .....	13
2.1 Deshidratación e Inclusión .....	15

	Pág.
2.2 Montaje de cortes .....	18
2.3 Desparafinación .....	18
2.4 Tinción .....	18
2.5 Microscopio de luz .....	20
2.6 Microscopio electrónico de barrido (MEB) .....	21
 IV. RESULTADOS .....	 22
1. Descripciones de las especies analizadas bajo microscopio de luz (ML) .....	 22
2. Observaciones de las especies bajo micros- copio electrónico de barrido (MEB) .....	 34
 V. DISCUSION .....	 39
 VI. BIBLIOGRAFIA .....	 45

## PRESENTACION Y AGRADECIMIENTOS.

Durante el desarrollo de este trabajo, fueron varias las personas que de una manera u otra, han intervenido en su integración, influyendo de manera positiva tanto en el trabajo de campo como en el laboratorio y finalmente en la discusión de los resultados.

Por tales motivos deseo agradecer a la M. en C. Beatriz Ludlow, la oportunidad que me brindó al proponer este tema de tesis y el apoyo para llevar a cabo este trabajo.

Asimismo quiero hacer patente mi agradecimiento a los integrantes de la Comisión Dictaminadora: M. en C. Judith Márquez, M. en C. Beatriz Ludlow, M. en C. Nelly Diego, Dra. Ana Luisa Anaya y M. en C. Patricia Moreno, por la cuidadosa revisión que hicieron del manuscrito y por sus valiosos comentarios.

Además debo expresar mi gratitud a la M. en C. Judith Márquez y M. en C. Guillermo Laguna, del laboratorio de Citología de la Facultad de Ciencias, su valiosa asesoría en la realización del trabajo de laboratorio. Al Téc. Tiburcio Láziz, su inapreciable ayuda en el trabajo de microscopía electrónica. A Fructuoso Vázquez, su colaboración en las colectas de campo.

Finalmente quiero agradecer a la Pas. de Biol. Mónica L. Ayala su valiosa ayuda, tanto en el trabajo de campo como en el laboratorio, así como por sus observaciones y sugerencias en la elaboración de los primeros manuscritos de este tra

bajo.

El presente trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos con el apoyo del subsidio proporcionado por CONACYT.

## I INTRODUCCION

En la literatura existen abundantes estudios de semillas que abarcan aspectos ecológicos, fisiológicos, químicos, anatómicos, etc., sin embargo pocos trabajos se centran en las comunidades vegetales que se encuentran en los trópicos.

Dentro del conocimiento que se tiene acerca de las semillas, es de gran interés el estudio de su anatomía, ya que ésto representa un aspecto importante dentro del ciclo de vida de las plantas. A pesar de lo anterior, la información sobre este tema, para las zonas tropicales de México es escasa. La gran variedad de tipos de vegetación, hace evidente la necesidad de investigaciones que vengán a integrar los conocimientos fundamentales que permitan construir el basamento teórico para el uso adecuado y conservación de los recursos del país.

El presente trabajo representa la etapa inicial de un proyecto de investigación básica, que contribuya al conocimiento de la anatomía de semillas, con énfasis en las especies tropicales de nuestro país.

Es por lo anterior, que se dió inicio a este trabajo con el propósito de analizar y describir la morfología ex-

terna y la anatomía de cinco especies de semillas tropicales mexicanas.

### 1. Aspectos generales de las semillas.

Es deseable aprender todo lo posible acerca de las semillas, aunque para poder definir el término semilla, no se ha llegado a un concepto único.

Una semilla es un óvulo maduro fertilizado, que posee una planta embrionaria, material alimenticio almacenado y una cubierta protectora (Kozłowski, 1972); aunque las semillas son muchas cosas. Las semillas protegen y sustentan vida; son vehículos para la dispersión de una nueva vida; son alimento para animales y para el hombre; son el embrión de una nueva generación (Boswell, 1961). La vida de una semilla es una serie de complejos eventos biológicos que principian con la iniciación de la flor y concluyen con la germinación de la semilla madura.

Una semilla es un fin y es un principio, es la portadora de la esencia de la herencia, simboliza multiplicación y dispersión, continuación e innovación, sobrevivencia, renovación y nacimiento (Heydecker, 1973).

En un sentido agrícola, la palabra semilla es utili-

zada más frecuentemente en un sentido funcional y así se tiene que cualquier unidad que contenga un embrión y que sea capaz de desarrollarse en una nueva planta, es una semilla (Mc.Clure, 1957).

Las partes que comprenden las semillas de las plantas monocotiledoneas y dicotiledoneas son mostradas en la figura 1.

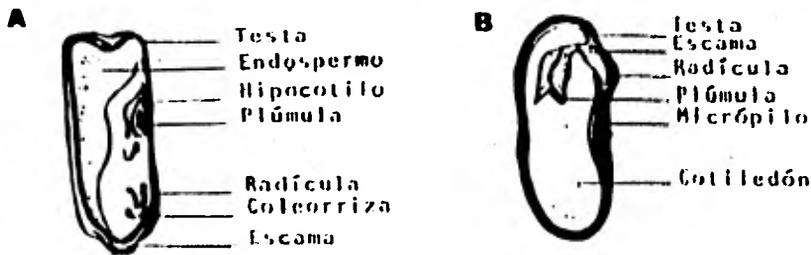


Figura 1. (A) Corte longitudinal de maíz; (B) Corte longitudinal de frijol. (Tomado de Kozlowski, 1972).

La testa constituye la capa protectora de la semilla.

El embrión está constituido de uno o más cotiledones, una plúmula hipocotilo y una radícula.

El endospermo se desarrolla normalmente después de la fecundación a partir del producto de la triple fusión es decir, de la fusión de los dos núcleos polares con un gameto masculino. En algunos grupos el tejido de reserva se deriva de la nucela parte de la cual puede ser retenida en la semilla madura y acumular sustancias de reserva. Este tipo de tejido es denominado perispermo. Así, el almacenamiento en las semillas de las angiospermas puede presentarse en tejidos triplóides (endospermo) y diploides (perispermo). Las semillas a las que, en su estado maduro les falta el endospermo o el perispermo son denominadas exalbuminosas. En tales semillas el embrión es grande en relación con la semilla entera. Los cotiledones son los que almacenan alimentos de reserva. A las semillas con endospermo o perispermo se les llama albuminosas. En tales semillas el embrión varía en tamaño en relación con la cantidad de endospermo que hay en la madurez (Esau, 1972).

Los cotiledones pueden almacenar alimentos, sintetizarlos o ambas cosas. En algunas plantas, los cotiledones semejan hojas folladas, las que no almacenan mucho alimento pero al emerger, toman un color verde e inician la fotosíntesis.

Las variaciones en el tamaño de la semilla, en forma,

en color y en superficie, son grandes e importantes en su identificación. Generalmente las semillas grandes están asociadas con plantas perennes, especialmente leñosas.

Formas comunes de las semillas son: elipsoides, globosas, lenticulares, reniformes. El color parduzco y sus derivados son los más comunes. Las cubiertas van de muy lisas a muy rugosas (Gunn, 1972).

La identificación de la semilla es una parte necesaria y complementaria en diversos campos de la botánica y agronomía, o auxiliar de la arqueología, paleobotánica y taxonomía.

## 2. Estudios sobre anatomía de semillas.

Los aspectos importantes de las semillas que se toman en cuenta para su identificación son: color, forma, tamaño, superficie de la testa, localización del hilo; presencia o ausencia de partes tales como: arillos, carúnculas, elalomas (Corner, 1951, 1972).

Un gran número de trabajos relacionados con la identificación de frutos y semillas, acerca de caracteres externos, han sido publicados, aunque éstos se han restringido a grupos limitados de plantas, como los de Pammel (1899),

Pitot(1935) y Boelcke (1946) quienes desarrollaron trabajos sobre semillas de leguminosas. Hay estudios valiosos como los de Gaertner (1791) y Netolitzky (1926), (citados en Martin, 1946), que contienen gran información sobre las semillas de numerosas familias de plantas sin dejar de hacer mención de los trabajos de Isely (1947, 1955) y los de Singh (1964, 1970).

Acerca de anatomía e histología de semillas, se han hecho estudios en términos de presencia o ausencia de endospermo y de la forma del embrión (Vaughan, 1970). Se han hecho también trabajos sobre anatomía de semillas con el propósito de establecer relaciones filogenéticas tales como los de Corner (1951) y Martin (1946).

Ultimamente se han hecho estudios sobre semillas utilizando el microscopio electrónico de barrido, con el propósito de detallar las estructuras superficiales de algunas especies (Tomb, 1974).

A pesar del gran incremento que han tenido los estudios sobre semillas, hay que hacer notar que las semillas menos conocidas son las tropicales, resaltando en este aspecto los trabajos realizados por Corner (1951, 1976) con especies asiáticas. Tomando ésto en cuenta son amplias las alternativas en lo que se refiere a líneas de investigación sobre este tema.

### 3. Elección de las especies de estudio.

En el presente trabajo se analiza la anatomía de cinco especies colectadas en el estado de Veracruz. Estas especies son: Enterolobium cyclocarpum, Myroxylon balsamum, Acacia pennatula, Jatropha curcas y Brosimum alcastrum. Fueron elegidas por ser aquellas en las que se han venido realizando diversos estudios, principalmente químicos y ecológicos, y por su potencialidad de ser industrializadas, por lo cual este trabajo complementaría tales investigaciones.

### 4. Breve descripción de las especies.

#### 4.1 Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.

(Leguminosae).

Nombre común: Guanacaste.

Arbol que llega a medir 30 m o más de alto y su tronco un diámetro hasta de 3 m, el cual es recto, con la corteza áspera de color gris y con lenticelas más oscuras y alargadas. El interior de la corteza es de un color rosado y exuda un líquido mucilaginoso y dulce; la madera es parda, a veces con tintes rojizos. Follaje abundante, con una copa más ancha que alta. Las hojas bipinnadas miden de 15 a 40 cm de largo, tienen folíolos muy numerosos de color

verde brillante que se pliegan durante la noche y se caen durante la fructificación. Las flores están en pequeñas cabezuelas pedunculadas axilares, el cáliz y la corola son verdes, los numerosos estambres son blancos. Fruto característico, es una vaina ancha, aplanada, de forma irregular de apariencia leñosa y color pardo oscuro brillante. Contiene numerosas semillas (10-15) aplanadas, brillantes, oscuras y rodeadas de una línea más clara. Las semillas están embebidas en una pulpa esponjosa de olor y sabor dulce. (Pennington y Sarukhán, 1968).

4.2 Myroxylon balsamum var. Pereirae (Ryle) Harms  
(Leguminosae).

Nombre común: Palo de bálsamo.

Es un árbol que puede llegar a medir hasta 35 m de altura y un diámetro de un metro, aunque en general la talla media de estos árboles es de 30 m. La corteza es lisa de color pardo grisácea. Sus hojas compuestas están dispuestas en espiral y formadas por 6 a 8 folíolos alternos, oblongo-lanceolados a lanceolados, con el margen entero, ápice acuminado, base redondeada; verde amarillentos y oscuros en el haz, más pálidos en el envés, glabros; láminas con numerosas líneas y puntos glandulosos traslúcidos. Los árboles de esta especie son perennifolios. Las flores

son pequeñas, de color blanco y dispuestas en racimos axilares. Los frutos son vainas indehiscentes de 7 a 9 cm de largo y 2 cm de ancho en el ápice, adelgazándose hacia la base, amarillentas glabras, ápice abultado y rugoso; conteniendo 1 o 2 semillas reniformes amarillentas con olor muy fragante (Pennington y Sarukhán, 1968).

#### 4.3 Acacia pennatula (Schlecht. & Cham.) Benth.

(Leguminosae).

Nombre común: Hulzache.

Es un árbol que puede medir de 6 a 12 m de altura con un tronco de 20 a 60 cm de diámetro, en individuos adultos. Sus ramas son espinosas, horizontales y muy extendidas, dándole a los individuos aislados una forma aparasolada. Son de crecimiento rápido, pues pueden alcanzar hasta 3 m de altura en dos años. Sus inflorescencias son de color amarillo y muy perfumadas. Los frutos son vainas carnosas de 7 a 13 cm de largo por 2.5 cm de ancho. Cada vaina posee de 6 a 14 semillas pequeñas de forma ovoide de 6 mm de largo por 4 mm de ancho. Estas sirven como forraje para el ganado en la época de sequía (Cházaro, 1977).

#### 4.4 Jatropha curcas L.

(Euphorbiaceae).

Nombre común: Piñoncillo.

Arbusto caducifolio; los ejemplares adultos (más de dos años), presentan una corona delgada con ramas muy redondeadas y extendidas. Las hojas, al caer, dejan marcadas unas cicatrices en las ramas. Son alternas en los extremos de los tallos, pentalobuladas, delgadas y de color verde claro. Llegan a medir hasta 20 cm de largo y 18 cm de ancho. En un mismo ejemplar se presentan flores masculinas y hermafroditas muy numerosas de color amarillo verdoso y con forma acampanulada. Fructifica dos veces al año, durante los meses de julio y octubre; los frutos amarillo verdosos, son ovales, de 4 a 5 cm de largo y tienen en su interior, tres semillas de color negro mate parecidas al piñón de las coníferas (Hernández, 1978).

#### 4.5 Brosimum alicastrum Swartz.

(Moraceae).

Nombre común: Ramón.

Arbol que alcanza hasta 40 m. de altura, con un tronco recto y contrafuertes desarrollados. Su copa es piramidal. Su follaje es abundante de color verde oscuro, con hojas lanceoladas con el ápice acuminado. Planta monoica, con in-

florescencias inconspicuas subglobosas de color verdoso. Los frutos comestibles son una falsa drupa que consta del receptáculo un poco carnoso y las semillas se originan en las axilas de las hojas. Son de color amarillo moreno, aunque pueden presentarse rojizos. El diámetro de los frutos puede variar desde 1.5 a 2.5 cm. Su madera es de buena calidad. Las semillas se utilizan en algunos lugares para mezclarlas con el café, atribuyendo a la mezcla cualidades medicinales. Hervidas o tostadas se usan como alimento, asemejándose su sabor al de las castañas. También se comen mezclándolas con el maíz para hacer tortillas (Martínez, 1959).

## II OBJETIVOS

El presente trabajo contempla el estudio anatómico de cinco especies de semillas y tiene los siguientes objetivos:

1. Iniciar un estudio sobre semillas tropicales, describiendo su morfología externa, destacando las siguientes partes: testa, eje embrionario, cotiledones, endospermo.
2. Hacer la descripción de la anatomía interna de las especies elegidas, bajo microscopio de luz.
3. Destacar las estructuras externas más importantes de cada especie, bajo microscopio electrónico de barrido.

## III MATERIAL Y MÉTODO

## 1. Colecta de las semillas.

Las semillas de las especies elegidas fueron colectadas en las épocas apropiadas de fructificación de cada especie, tomando aquellas semillas que estuviesen maduras, para lo cual se siguieron criterios como son: tomar las semillas de frutos maduros que estuviesen a punto de caer o que su dehiscencia se hiciera notable; se seleccionaron las semillas por su forma, color, tamaño y firmeza de sus partes, aunque éstas son características subjetivas, son útiles como guías visuales en el campo (Justice, 1972; Schopmeyer, 1974). Una vez colectadas se guardaron en bolsas de papel, las que se etiquetaron debidamente. También se colectaron los ejemplares de herbario correspondientes como respaldo de este trabajo y son los siguientes:

Enterolobium cyclocarpum. Loc. La Antigua, Ver. Col. J.L. Alvarado y F. Vázquez 96 (XAL).

Myroxylon balsamum. Loc. Salto de Eyipantla, Ver. Col. J.L. Alvarado y F. Vázquez 7 (XAL).

Acacia pennatula. Loc. Alrededores de Xalapa, Ver. Col. J.L. Alvarado y F. Vázquez 91 (XAL).

Jatropha curcas. Loc. Tlapacoyan, Ver. Col. J.L. Alvarado y F. Vázquez 97 (XAL).

Brosimum alicastrum. Loc. Salto de Eyipantla, Ver. Col. J.L. Alvarado y F. Vázquez 47 (XAL).

## 2. Tratamiento experimental.

Una vez que se tuvieron las semillas en el laboratorio, se tomaron 100 semillas de cada especie, midiendo sus proporciones para dar un tamaño promedio y después fijarlas en F.A.A.

Según Corner (1976), las semillas deben ser seccionadas longitudinal y transversalmente, tanto para el estudio macroscópico como para el microscópico, intentando analizar todas las estructuras presentes en las semillas.

En base a lo anterior, se hizo la disección de las semillas observándolas bajo el microscopio estereoscópico con el propósito de estudiarlas anatómicamente, pues de acuerdo con Gifford (1950), es fundamental el familiarizarse con las estructuras y así poder apreciar los resultados posteriores cuando ya se hayan hecho los cortes.

Las semillas sometidas al estudio se dividieron en

dos partes: la primera correspondiente a las semillas con cubierta dura, que fueron Enterolobium cyclocarpum, Acacia pennatula y Jatropha curcas; la segunda parte fue de semillas que presentaron cubierta suave y que son Myroxylon balsamum y Brosimum alicastrum.

Con el fin de ablandar la testa de las semillas del primer lote, se les dió el siguiente tratamiento:

- a) Se colocaron 5 semillas de cada especie en KOH al 10% por un periodo de 72 horas.
- b) Otras 5 semillas se dejaron en agua, pretendiendo observar si eran permeables o no.
- c) Se dejaron otras 5 semillas de cada especie en agua y dentro de una estufa germinadora a una temperatura de 26°C.
- d) Por último se hizo una pequeña escarificación a las semillas, colocándolas después en agua por un lapso de 4 horas de acuerdo a los estudios de Vázquez-Yanes y Pérez-García (1977) y de Vega y López (1980).

Todas las semillas empleadas fueron medidas antes y después de cada tratamiento.

Cuando las semillas estuvieron ablandadas se fijaron nuevamente en F.A.A., para posteriormente diseccionarlas.

## 2.1 Deshidratación e Inclusión.

Después del estudio macroscópico se procedió a preparar las semillas para el análisis bajo microscopio de luz, para lo cual se siguió la técnica de Johansen (1940), procediendo de la siguiente manera: (Fig.2)

1. Seccionado de las semillas que se mantenían en FAA.
2. Lavado en agua destilada.
3. Cambio en alcohol etílico al 50% por 2 horas.
4. Cambio en alcohol etílico al 70% por 2 horas.
5. Cambio en alcohol etílico al 85% por 2 horas.
6. Cambio en alcohol etílico al 96% por 2 horas.
7. Tres cambios en alcohol etílico absoluto de 2 horas cada uno.
8. Dos cambios en xilol de 2 horas cada uno.
- \* 9. Un cambio en una solución de xilol-parafina al 50% por 24 horas.
- \*10. Cambio en parafina pura por 24 horas.
11. Inclusión en moldes de cartulina.

Una vez incluidas las semillas en parafina, se hicieron cortes de 10-15  $\mu$  en un microtomo rotatorio American Optical. (Fig.3).

---

\* Estos cambios se realizan en una estufa a 60° C.

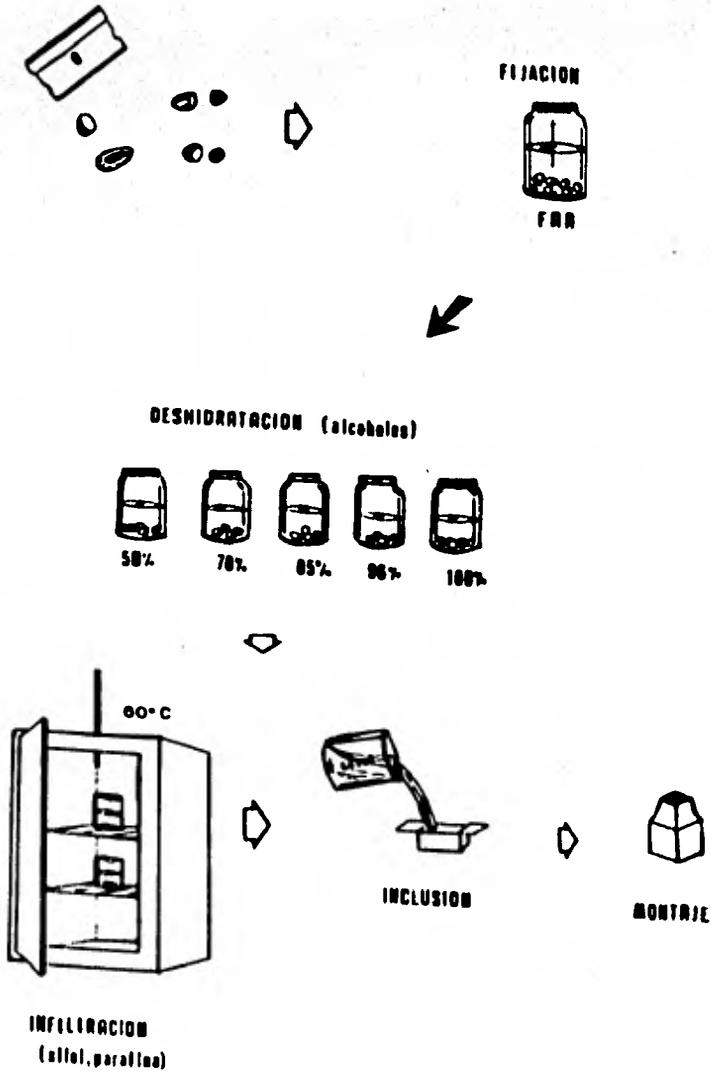


Fig. 2. Técnica de Inclusión en parafina.

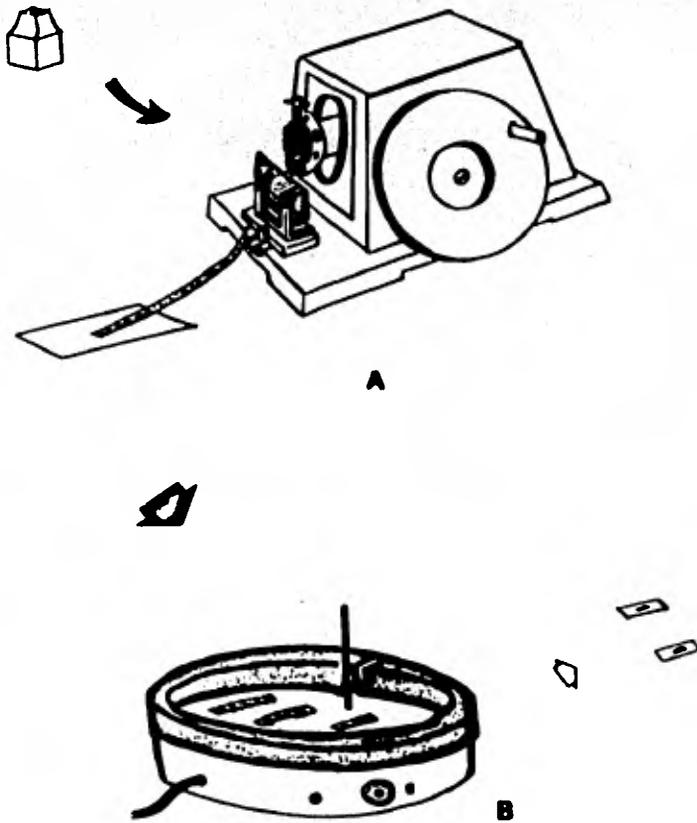


Fig.3. Obtención de cortes con microtomo (A) y montaje de ellos en portaobjetos mediante un baño de flotación (B).

## 2.2 Montaje de cortes.

Ya hechos los cortes, éstos se montaron en portaobjetos mediante un baño de flotación, con un poco de gelatina en agua a 40°C o empleando adhesivo de Haupt<sup>a</sup>. Al emplear éste último, se extienden unas gotas de adhesivo con el dedo sobre el portaobjetos, se ponen unas gotas de formaldehído al 10% y se coloca el corte. Después se deja el portaobjetos en una plancha calentada a 50°C durante 24 horas.

## 2.3 Desparafinación.

Antes de poder efectuar la tinción de los cortes se efectuó la desparafinación de éstos mediante el siguiente tratamiento:

1. Tres cambios en xilol.
2. Cambio en alcohol etílico absoluto.
3. Cambio en alcohol etílico al 96%.
4. Cambio en alcohol etílico al 70%.
5. Cambio en alcohol etílico al 50%.

Cada cambio tuvo una duración de 3 minutos.

## 2.4 Tinción.

Cuando ya se tuvieron los cortes montados en el portaobjetos se procedió a la tinción para lo cual se utili-

---

a. Gelatina (1gr); glicerina(13 ml); fenol(29gr); agua (100 ml)

zaron dos técnicas: la de azul de toluidina<sup>b</sup> (O'Brien, 1964).

Este colorante tiene la ventaja de ser policromático y con él:

Los elementos traqueidales se tiñen de verde.

El esclerénquima lignificado se tiñe de azul-verde.

El colénquima se tiñe de rojo púrpura.

El parénquima se tiñe de rojo púrpura.

Los tubos huecos y células acompañantes se tiñen de rojo.

Los granos de almidón no se tiñen.

La segunda técnica de tinción empleada fue la de safranina<sup>c</sup> verde rápido<sup>d</sup> (Jensen, 1962).

La safranina (colorante básico) tiñe de color rojo los cromosomas, nucleolos y paredes celulares lignificadas.

El verde rápido (colorante ácido) tiñe de color verde las demás estructuras celulares (Citoplasma).

Para realizar la tinción con azul de toluidina se siguió este método:

1. Desparafinación.

2. Enjuague con agua destilada (1 a 3 minutos).

---

b. Solución acuosa de azul de toluidina al 0.05% en agua destilada.

c. Solución acuosa de safranina al 1% en alcohol etílico al 50%.

d. Solución acuosa de verde rápido al 0.03% en alcohol etílico al 96%.

3. Aplicación del azul de toluidina (unas gotas) por un minuto.
4. Enjuague con agua destilada (con una pipeta).
5. Montaje en gelatina glicerizada<sup>e</sup>.

La tinción con safranina-verde rápido, se realizó de la siguiente manera:

1. Desparafinación.
2. Safranina de 2 a 24 horas.
3. Alcoholes: 50%, 70%, 96%, de 1 a 3 minutos en cada uno.
4. Aplicación del verde rápido (unas gotas) hasta que vire el color (toma un color verdoso).
5. Enjuague con alcohol al 96% (con una pipeta).
6. Dos cambios en alcohol etílico absoluto (de 1 a 3 minutos en cada uno).
7. Tres cambios en xilol (de 1 a 3 minutos cada uno).
8. Montaje en bálsamo de Canadá.

## 2.5 Microscopio de luz.

Teniéndose los cortes ya montados, se procedió a la examinación de ellos bajo un microscopio de luz Zeiss II, esquematizando y tomando fotomicrografías de los cortes examinados.

---

e. Gelatina 50gr; glicerina 250 ml; fenol 5 gr; agua destilada 200 ml. Antes de emplearla se calienta en baño maría.

## 2.6 Microscopio electrónico de barrido.

Para el análisis bajo microscopio electrónico de barrido, se cortaron pequeñas fracciones de la testa de cada una de las especies, de aquellas partes que se consideraron importantes y se montaron en portamuestras de bronce, utilizando cinta adhesiva de doble cara.

Dichas fracciones se sombrearon al vacío con oro y posteriormente se examinaron en el MEB tipo JEOL-JSM T20, del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Fueron tomadas también fotomicrografías a varios aumentos, de la superficie de las semillas examinadas.

## IV RESULTADOS

El mejor tratamiento para poder ablandar las semillas, fue el de colocarlas en agua después de hacerles una escarificación en la testa, manteniéndolas así por un lapso de 4 horas y fijandolas posteriormente en FAA y así realizar la disección de las semillas.

Las estructuras que se tomaron en cuenta para la observación bajo microscopio de luz fueron la testa, cotiledones, endospermo y eje embrionario.

## 1. Descripciones de las especies analizadas bajo ML.

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. (Figura 4, Lámina 1,11).

## Características generales:

Semillas ovoides, más o menos aplanadas, lisas, con un tamaño medio de 19 x 12 x 5 mm, de color pardo, pleurograma presente; hilum de 2 mm de ancho, cerrado; endospermo

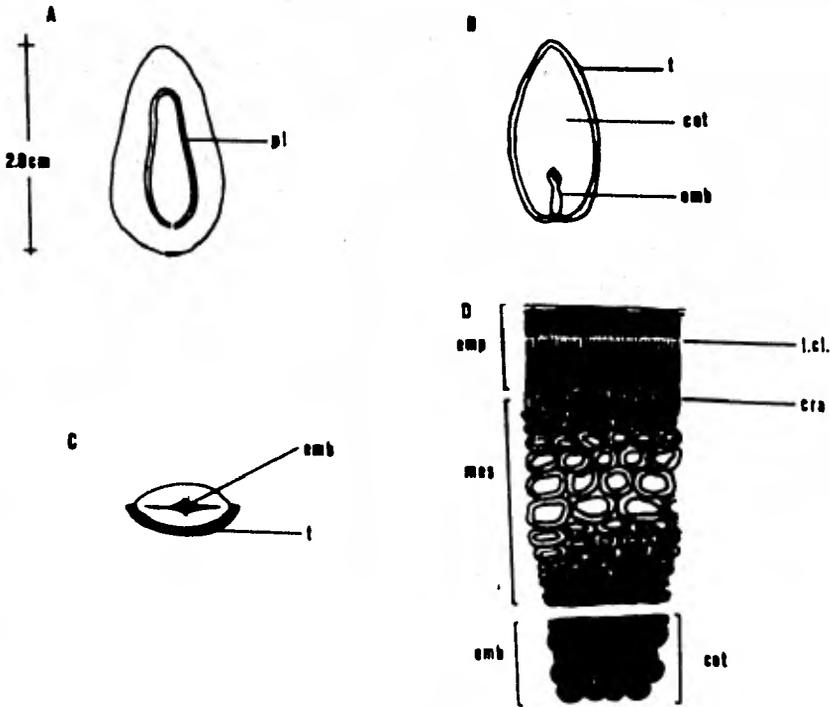


Fig. 4. A-D: *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.  
 A: Semilla. B: Corte longitudinal de la semilla. C: Corte transversal en la parte basal de la semilla. D: Corte transversal de la testa bajo microscopio de luz. Células en forma de reloj (cra); cotiledón (cot); embrión (emb); empalizada (emp); línea clara (l. cl.); mesófilo (mes); pleurograma (pl).

ausente. Embrión recto, del tipo axial-linear.

#### Anatomía Interna:

Testa gruesa, muy dura; capa externa formada por una hilera de células en empalizada, de paredes gruesas, seguidas de una hilera de células en forma de reloj de arena.

Línea clara presente y situada por encima de la parte media de las células en empalizada.

Células del mesófilo formando una capa gruesa, isodiamétricas, de paredes gruesas. Las células son grandes hacia la parte media del mesófilo, haciéndose más pequeñas y compactas hacia la parte interna de la testa.

No hay modificación de la testa a nivel del pleurograma.

Endospermo ausente.

#### Embrión:

Cotiledones con células de paredes delgadas y con gran cantidad de gránulos.

Haz vascular alrededor y a lo largo de la semilla, en la parte media de las células del mesófilo.

#### Eje embrionario:

Las hileras celulares externas presentan células pequeñas elongadas, las células internas son más grandes, excep

to las células procambiales que también son pequeñas y alargadas.

Myroxylon balsamum var. Pereirae (Ryle) Harms (Fig. 5, Láminas III-V).

**Características generales:**

Semillas de tipo reniforme, con una superficie irregular y un tamaño medio de 12 x 6 x 4 mm, de color amarillento, se encuentran dentro de un fruto indehisciente. No presentan endospermo. Embrión del tipo micro.

**Anatomía interna:**

Testa compuesta de varias hileras de células parenquimatosas de paredes gruesas. No hay células en empalizada. El arreglo de las hileras de células es muy irregular al igual que el tamaño de éstas.

La parte interna de la testa está altamente vascularizada, los haces vasculares convergen en un solo punto que podría corresponder al hilum.

Endospermo ausente.

**Embrión:**

Cotiledones con células de paredes delgadas, la hile-

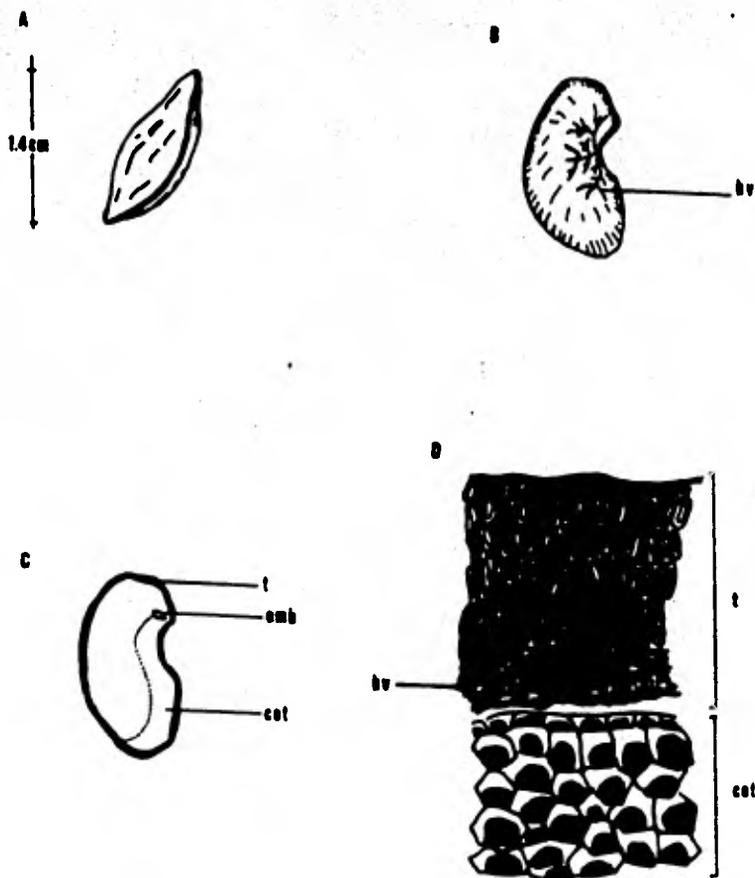


Fig. 5. A-D: *Myroxylon balsamum* var. *Pereirae* (Ryle) Harms. A: Semilla con testa. B: Semilla sin testa mostrando su vascularización. C: Corte longitudinal de la semilla. D: Corte transversal de la testa bajo microscopio de luz. Cotiledón (cot); embrión (emb); haces vasculares (hv); testa (t).

ra de células más externa presenta células alargadas. Las más internas son más grandes de forma poligonal y con grandes núcleos.

**Eje embrionario:**

Es pequeño con las células periféricas elongadas; las más internas son de mayor tamaño, haciéndose más pequeñas y compactas en la zona procambial.

Acacia pennatula (Schlecht. & Cham.) Benth. (Fig. 6, Lámina VI-VIII).

**Características generales:**

Semillas ovoídes más o menos aplanadas, lisas, con un tamaño medio de 9 x 5 x 4 mm, de color parduzco, con pleurograma, hilum de 1 mm de ancho, cerrado; endospermo escaso. Embrión recto, del tipo axial-linear.

**Anatomía interna:**

Testa gruesa, muy dura; capa externa con una hilera de células en empalizada, de paredes gruesas.

Línea clara presente en la parte media de la capa de

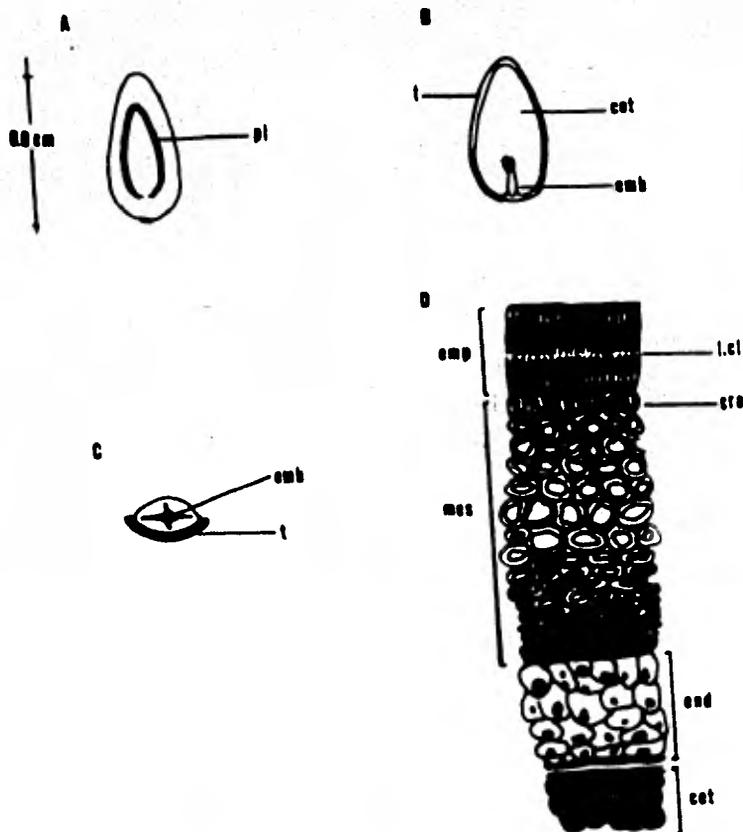


Fig. 6. A-D: *Acacia pennatula* (Schlecht. & Cham.) Benth.  
 A: Semilla. B: Corte longitudinal de la semilla. C: Corte transversal de la parte basal de la semilla. D: Corte transversal de la testa bajo microscopio de luz. Células en forma de reloj (cra); cotiledón (cot); embrión (emb); empalizada (emp); línea clara (l. cl.); mesófilo (mes); pleurograma (pl).

células en empalizada. Células en forma de reloj de arena presentes formando una sola hilera continúa debajo de la empalizada.

Células del mesófilo formando una capa gruesa, isodiamétricas, de paredes gruesas. Las células son grandes y se van haciendo más pequeñas y compactas hacia la parte interna de la testa.

No hay modificación de la testa a nivel del pleurograma.

Endospermo escaso, integrando una capa celular muy delgada de 4-5 hileras, formada por células de paredes muy delgadas.

**Embrión:**

Cotiledones con células de paredes delgadas, con gran cantidad de gránulos.

**Eje embrionario:**

Las células que forman la hilera más externa, son de tamaño pequeño, de forma elongada y compactas; éstas se hacen de mayor tamaño hacia la parte media del eje embrionario, excepto las células procambiales, que se mantienen de igual forma que en la capa externa.

Jatropha curcas L. (Fig.7, Láminas IX,X).

Características generales:

Semillas ovoides, convexas sobre su cara dorsal, su tamaño es de 19 x 10 x 8 mm, de color negro mate. Presentan una carúncula carnosa, debajo de la cual se encuentra la impresión poco evidente del hilum. Endospermo abundante, embrión corto, los cotiledones son foliados, delgados con nervaduras muy marcadas.

Anatomía interna:

Testa gruesa, con una capa externa de células columnares de gruesas paredes con un contenido parduzco no presente en la parte más externa de las células.

Las células del mesófilo son de un tipo de parénquima esponjoso, de paredes un poco gruesas, seguidas de una capa de dos hileras celulares que semejan una empalizada corta.

La parte más interna es como una empalizada de células rectas o curvadas muy largas, con numerosas puntuaciones hacia el extremo basal de ellas.

La carúncula está compuesta de dos capas de células, la más externa está formada por células columnares y la interna por células aerenquimatosas; presenta vasos en forma helicoidales en gran cantidad a nivel del hilum.

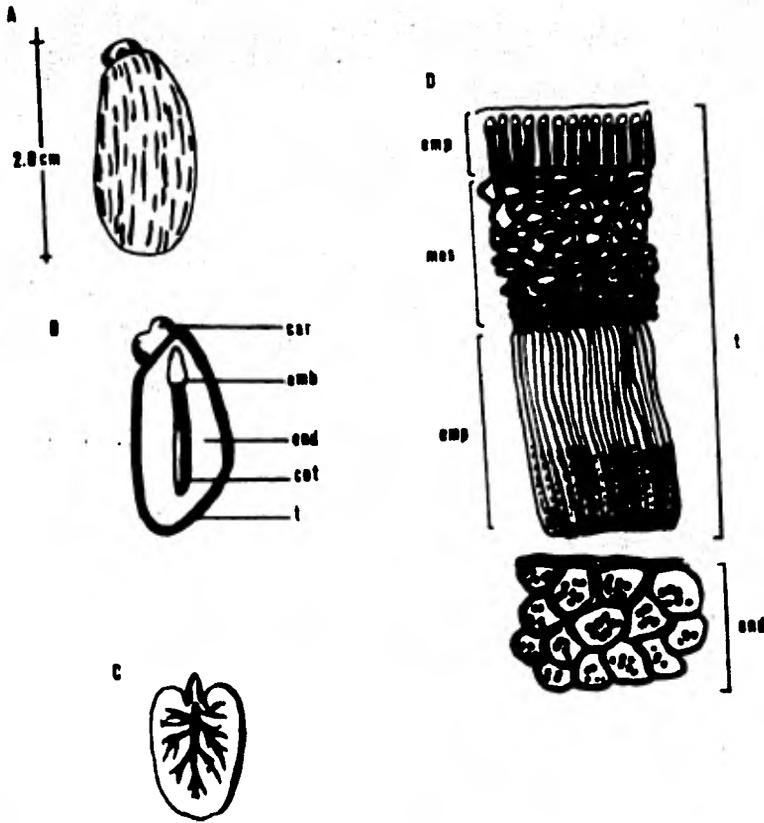


Fig. 7. A-D: *Jatropha curcas* L. A: Semilla, vista superficial. B: Corte longitudinal de la semilla en vista lateral. C: Vista frontal de los cotiledones. D: Corte transversal de la testa bajo microscopio de luz. Carúncula (car); cotiledones (cot); embrión (emb); empalizada (emp); endospermo (end); mesófilo (mes); testa (t).

Endospermo compuesto de células poliédricas o redondeadas con gran cantidad de pequeñas inclusiones dentro de cada célula.

Embrión:

Los cotiledones presentan células redondeadas, de paredes delgadas, a excepción de la capa externa, cuyas células son más pequeñas y alargadas.

Eje embrionario:

La primera hilera de células mucho más pequeña, formando una capa continua y compacta, las capas internas presentan células ligeramente más grandes.

Brosimum alicastrum Swartz. (Fig. 8, Láminas XI-XIII).

Características generales:

Semillas más o menos esféricas, lisas, con un diámetro medio de 16 mm, de color pardo amarillento, protegida por una cubierta papirácea; los cotiledones son de color verde, gruesos y feculentos, sobre uno de ellos se encorva la radícula. Embrión del tipo curvado. Endospermo ausente.

Anatomía Interna:

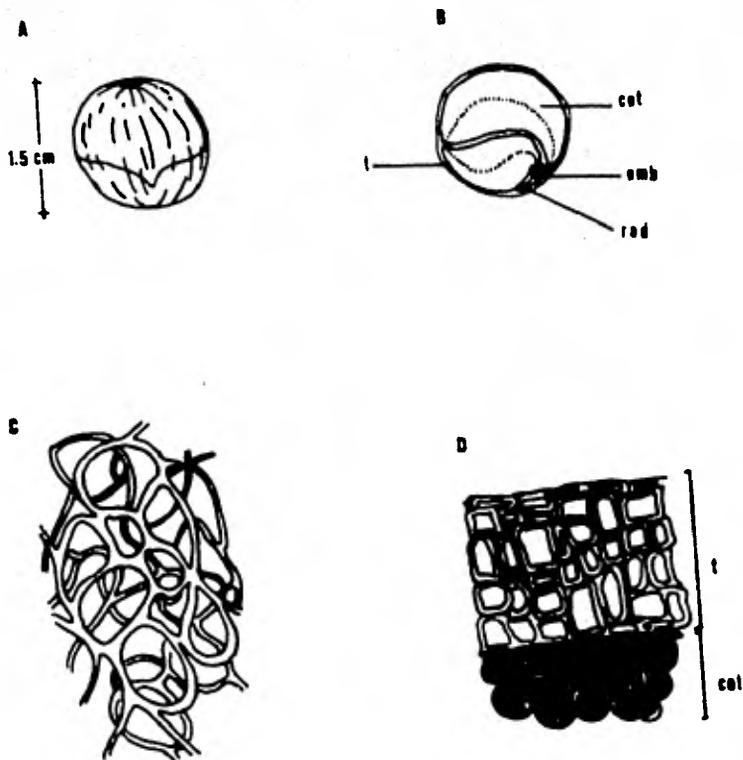


Fig. 8. A-D: Brosimum alicastrum Swartz. A: Semilla, vista frontal. B: Corte longitudinal de la semilla en vista lateral. C: Vista superficial de la testa bajo microscopio de luz. D: Corte transversal de la testa bajo microscopio de luz. Cotiledones (cot); embrión (emb); testa (t); radícula (rad).

Testa muy delgada, de textura papirácea y formada por 3 o 4 capas de células de paredes muy gruesas y ramificadas, dando la apariencia de una red.

La forma de las células va desde formas geométricas de finidas a formas muy irregulares, alargadas o compactas.

Endospermo ausente.

Embrión:

Los cotiledones presentan grandes células de paredes gruesas y de forma redondeada con una gran cantidad de gránulos.

Eje embrionario:

Las hileras exteriores con células pequeñas y alargadas que aumentan de tamaño hacia la parte interna y se presentan nuevamente alargadas y compactas en la zona pro-cambial.

## 2. Observaciones de las especies bajo MEB.

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. (Lámina XIV).

La superficie de la testa se observa cubierta de facetas hexagonales, formadas por los extremos de las células en empalizada, teniendo un tamaño uniforme.

A nivel del pleurograma, la superficie presenta una ligera depresión, apreciándose una ligera evaginación (fotografías 1,2).

A nivel del hilum, la superficie se torna más compacta y con aspecto liso y quebradizo, perdiéndose el arreglo anterior (fotografía 3). Es notoria también una depresión adyacente al hilum.

Myroxylon balsamum var. Perelrae (Ryle) Harms. (Lámina XIV).

La superficie de la testa es más o menos lisa y con un aspecto irregular, sobresalen algunas protuberancias redondeadas o angulosas, rodeadas por ciertas rugosidades.

No se observan diferenciaciones de hilum o micropilo, (fotografías 5,6).

En la superficie interna de la testa es notoria una gran cantidad de fibrillas que forman un retículo. Entre tales fibrillas se encuentran haces vasculares integrados por vasos helicoidales, (fotografías 7,8 ). Estos haces son más numerosos a nivel de lo que pudiera ser el hilum o micropilo.

Acacia pennatula (Schlecht. & Cham.) Benth. (Lámina XV).

La superficie de la testa presenta un aspecto rugoso que se hace más notorio en la región del hilum.

A nivel del pleurograma el aspecto general de la semilla se modifica y se hace notoria una invaginación (fotografía 1).

En los alrededores del hilum se presenta un aspecto quebradizo de la superficie (fotografía 2), al igual que la semilla de E. cyclocarpum presenta una depresión adyacente al hilum.

Jatropha curcas L. (lámina XVI).

El aspecto general de la superficie de la testa es uniforme, observándose depresiones (a manera de canales) a lo largo de toda la semilla que tiene un aspecto esponjoso.

Los bordes laterales de estas depresiones son lisos y con ligeras ondulaciones (fotografía 1).

El patrón general de la superficie cambia a nivel de la carúncula, cuya superficie es completamente lisa (fotografía 2) y adyacente a ella, se observa nuevamente un tejido de aspecto esponjoso, haciéndose muy notoria la presencia de haces vasculares, con vasos de tipo helicoidal, (fotografías 3, 4).

Brosimum alicastrum Swartz. (Lámina XVII).

La superficie en general muestra un aspecto rugoso, que se hace más o menos compacto en algunas regiones de la semilla, pero no hay alguna diferenciación notoria. (fotografías 1, 2).

En acercamientos que se tomaron de la radícula y cotiledones de la semilla (fotografías 3,4), se nota que su superficie es rugosa. No hay diferenciaciones notables.

Tabla 1. Aspecto general de las especies.

	<u>Enterolobium</u> <u>cyclocarpum</u>	<u>Myroxylon</u> <u>balsamum</u>	<u>Acacia</u> <u>pennatula</u>	<u>Jatropha</u> <u>curcas</u>	<u>Brosimum</u> <u>allcastrum</u>
<b>SEMILLA:</b>					
Forma	Ovada, aplanada	Reniforme	Ovada, aplanada	Ovada	Circular
Tamaño medio (mm)	19x12x5	12x6x4	9x5x4	19x10x8	*16
Color	Parduzco	Amarillento	Pardo	Negro	amarillento
Estructuras características	Pleurograma	-----	Pleurograma	Caróncula	Testa papirácea
<b>TESTA:</b>					
Células en empalizada	Presentes (1 capa)	----	Presentes (1 capa)	2 capas Presentes	-----
Línea clara	Presente y por encima del nivel medio de la empalizada	----	Presente al nivel medio de la empalizada	-----	-----
Células en forma de reloj	Presentes (1 capa)	-----	Presentes (1 capa)	-----	-----
Mazos vasculares	Presentes entre la testa	Presentes en la parte interna de la testa	Presentes entre la testa	Presentes en la parte inferior de la caróncula	Presentes a nivel del mesófilo
Células mesófilas	Presentes	Presentes (Indiferenciadas)	Presentes	Presentes	Presentes (Indiferenciadas)
ENDOSPERMO	-----	-----	Escaso	Abundante	-----
COTILEDONES (No. y forma)	2 Ovada	2 Reniforme	2 Ovada	2 Foliar	2 Oblada
EMBRIÓN Tipo	axial-linear	Micro	Axial-linear	Foliado-espatulado	Curvado

\* Diámetro

## V. DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo microscopio de luz, resumidos en la tabla 1, se observa que las semillas pertenecientes a la familia Leguminosae presentan estructuras características para dos de las especies estudiadas que son: Enterolobium cyclocarpum y Acacia pennatula. Ambas especies presentan características en común como lo son: pleurograma, células en empalizada, células en forma de reloj de arena, mesófilo, suplemento vascular. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pammel (1899), Pitot (1935), Boelche (1946), Corner (1951, 1976), quienes han trabajado con semillas de leguminosas.

Esta semejanza de estructuras se podría relacionar debido a que ambas especies pertenecen a la misma subfamilia que es la Mimosoideae.

Entre estas dos especies se observa una diferencia que tal vez pueda ser importante, y es que en las semillas de E. cyclocarpum la línea clara, se presenta a un nivel más alto dentro de la capa de células en empalizada que en las semillas de A. pennatula.

Otra característica que las hace diferentes es la

presencia de endospermo en A. pennatula, que aunque es escaso, no deja de ser un rasgo importante dentro de los estudios anatómicos de semillas (Martin, 1946). Cutter (1971) señala que lo más característico de la testa de las semillas de leguminosas son la empalizada y las células en forma de reloj de arena que Pammel (1899) señala como osteoescleroidas.

Estos resultados contrastan con los obtenidos para la semilla de Myroxylon balsamum, la cual aunque también es una leguminosa, no presenta las características de las especies anteriores ya que en la testa de estas semillas no se encuentra pleurograma, células en empalizada, línea clara, ni células en forma de reloj de arena.

La testa de estas semillas se compone de células mesófilas indiferenciadas, esto conforme a lo obtenido por Corner (1951, 1976), se debe a que la semilla crece en una vaina indehisciente, ocupando toda la cavidad disponible para ella dentro de la vaina, es por eso también que la superficie de la testa presenta irregularidades, a manera de tumor pues tiende a ocupar todos los espacios disponibles. De esta manera las células que componen la testa de esta semilla no alcanzan a desarrollarse completamente y Corner (1951), designa a este tipo de células como embrionarias y denomina a esta clase de semillas como "sobrecrecidas".

En lo referente a las otras dos especies de estudio, Jatropha curcas y Brosimum alicastrum, pertenecientes a la familia Euphorbiaceae y Moraceae respectivamente, difieren ampliamente en cuanto a los caracteres anatómicos de sus semillas. Esto es un indicio de que a nivel de familia, las diferencias anatómicas son notables e importantes.

En primer término, la semilla de J. curcas presenta estructuras que son características de las euforbiáceas, como lo son una carúncula y un rafe prominentes de acuerdo a los estudios realizados por Planchon (1875), Singh (1970).

Internamente, la cantidad de endospermo y los cotiledones de forma foliada también son característicos de varias especies pertenecientes a la familia Euphorbiaceae (Martin, 1946).

La característica observada en la testa de J. curcas de estar integrada por varias capas celulares, entre las que se presentan dos capas de células en empalizada, nos podría hacer suponer la presencia de una testa y una exotesta, pero ésto no se puede afirmar con seguridad, ya que sería necesario hacer otro tipo de estudio, como el de seguir el desarrollo embrionario de la semilla.

En la testa de semilla de Brosimum alicastrum se observa un arreglo especial de las células, ya que bajo el

microscopio de luz solo se observan las gruesas paredes celulares presentes en 3 o 4 hileras. Aún cuando dicha testa es muy delgada, la composición de sus células ofrece cierta dificultad al intentar hacer cortes de la misma en secciones longitudinales.

Son pocos los trabajos realizados con semillas de esta familia, Moraceae, (Corner, 1962), que nos sirvan de antecedente para explicar el arreglo y estructura de la testa de esta especie.

Respecto a la estructura del embrión y los cotiledones de cada una de las especies estudiadas, solamente se observan diferencias en lo que se refiere a forma y tamaño, aunque esto ha sido importante para establecer líneas filogenéticas (Martin, 1946; Isely, 1947). Citológicamente el arreglo de las células es muy parecido, con hileras celulares externas integradas por células pequeñas y elongadas que se hacen de mayor tamaño hacia la parte interna tanto del embrión como de los cotiledones.

En las observaciones hechas con el microscopio electrónico de barrido (MEB), es necesario resaltar que este método tiene gran utilidad en la examinación de la variación de la superficie de la testa de las semillas.

Los resultados observados con las especies tratadas, nos muestran la superficie de la testa que va de lisa a rugosa y que este patrón está dado por la forma que tengan las células que integran la capa externa de la testa, como se puede apreciar, en la superficie de E. cyclocarpum, donde las terminaciones de las células en empalizada le dan la estructura superficial característica, o bien en las semillas de M. balsamum, donde las células que componen la testa no tienen un crecimiento determinado y que hace que dicha testa muestre una superficie muy irregular. Del mismo modo, en el caso de J. curcas, las depresiones observadas son debidas al arreglo de las células de la capa externa de la testa.

Las rugosidades que se observan en la semilla de B. allicastrum, se pueden deber al secado que se le da a la semilla para su examinación bajo el MEB, ya que en fresco, esta especie muestra una superficie lisa y uniforme. De cualquier manera, este tipo de análisis bajo MEB son de una gran ayuda y como señala Tomb (1974), si a las observaciones de MEB, se le adicionan observaciones de cortes bajo microscopio de luz, los estudios que se hagan de las semillas serán más completos.

No obstante que el propósito de este trabajo no es el de hacer comparaciones anatómicas entre las especies, es evi-

dente que hay características que nos pueden ayudar a distinguir ciertos grupos de semillas relacionadas entre sí y que, con estudios más amplios a nivel de género, familia, etc., se pueden llegar a elaborar estudios monográficos en base a los caracteres de las semillas, que sean útiles en la identificación de ellas y que además sean útiles en otras ramas como lo son la arqueología, agricultura, paleobotánica, ecología, etc.

Se tienen los antecedentes necesarios para realizar estudios anatómicos muy diversos sobre semillas, los que pueden ser útiles dentro de los campos antes mencionados; en nuestras manos está el poder desarrollarlos y aplicarlos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- BAILLON, H. 1883. *Traité de Botanique Médicale Phanerogamique*. Librairie Hachette et Cie. Paris. p. 216-226.
- BARTON, L.V. 1967. *Bibliography of Seeds*. Columbia University Press. U.S.A. 858 p.
- BOELCKE, O. 1946. Estudio Morfológico de las Semillas de Leguminosas. Mimosoideas y Caesalpinioideas de Interés Agronómico en la Argentina. *Darwiniana* 7: 240-321.
- BOSWELL, V.R. 1961. What Seeds are and Do: An Introduction. In: *Seeds. The Yearbook of Agriculture*. Washington, D.C. FAO. p. 1-10.
- CORNER, J.H. 1951. The Leguminous Seed. *Phytomorph.* 1: 1-34.
- 1962. The Classification of Moraceae. *Gdms' Bull. Singapore* 19: 87-252.
- 1976. The Seeds of Dicotyledons. Vol. I. Cambridge University Press. 311 p.
- 1976. The Seeds of Dicotyledons. Vol. II. Cambridge University Press. 552 p.
- CUTTER, E.G. 1969. *Plant Anatomy: Experiment and Interpretation. Part I Cells and Tissues*. Addison-Wesley Publishing Company. U.S.A. 168 p.
- 1971. *Plant Anatomy: Experiment and Interpretation. Part II Organs*. Addison-Wesley Publishing Company. U.S.A. 325 p.
- CHAZARO-BAZAREZ, J. 1977. El Hulzache, Acacia pennatula (Schlecht. & Cham.) Benth. Una Invasora del Centro de Veracruz. *Botica* 2 (3): 1-18.
- ESAU, K. 1972. *Anatomía Vegetal*. 2a. Ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 779 p.
- GIFFORD, E.M. Jr. 1950. Softening refractory plant material embedded in paraffin. *Stain Tech.* 25: 161-162.
- GUNN, R. CH. 1972. Seed Collection and Identification. In: *Seed Biology*. KOSLOWSKY, T.T. (Ed). Vol. III. Academic Press. 422 p.

- HARPER, J.L., P.H. LOVELL & K.G. MOORE. 1970. The Shapes and Sizes of Seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1: 327-356.
- HYDECKER, W. 1973. *Seed Biology*. Pennsylvania State University Press. London. 578 p.
- ISELY, D. 1947. Investigations in seed clasifications by family characteristics. *Iowa Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* p. 351.
- 1955. Observation on seeds of Leguminosae: Mimosoideae and Caesalpinioideae. *Proc. Iowa Acad. Sci.* 62: 142-149.
- JENSEN, W.A. 1962. *Botanical Histochemistry. Principles and Practice*. W. H. Freeman and Co. U.S.A. 408 p.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. Mc Graw-Hill Co. U.S.A.
- JUSTICE, L.O. 1972. Essentials of Seed Testing. In: *Seed Biology*. KOZLOWSKI, T. T. (Ed). Vol. III. Academic Press. N.Y., U.S.A. 422 p.
- KOZLOWSKI, T.T. and CH. R. GUNN. 1972. Importance and Characteristics of Seeds. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed). Vol. I Academic Press. N. Y., U.S.A. p. 1-20.
- MARTIN, A.C. 1946. The Comparative Internal Morphology of Seeds. *Amer. Midl. Nat.* 36: 513-660.
- MARTINEZ, M. 1959. *Plantas Utiles de la Flora Mexicana*. Ed. Botas. México. 621 p.

- Mc CLURE, D.S. 1957. Seed Characters of Selected Plant Families. Iowa State College Journal of Science. 31 (4): 649-682.
- O' BRIEN, T. P. et al. 1964. Polychromatic Staining of Plant Cell Walls by Toluidine Blue O. Stain Tech. 39: 367-373.
- PAMMEL, L.H. 1899. Anatomical Characters of Seeds of Leguminosae, chiefly Genera of Gray's Manual. Trans. Acad. Sci. St. Louis 9: 90.
- PARDO-TEJEDA, E. y C. SANCHEZ. 1980. Brosimum alicastrum. Recurso silvestre Tropical desaprovechado. 2a. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos. 31 p.
- PENNINGTON, T. D. & J. SARUKHAN. 1968. Arboles Tropicales de México. INIF-FAO. México. 413 p.
- PITOT, A. 1935. Le développement du tégument des graines de Legumineuses. Bull. Soc. Bot. Fr. 83: 307-308, 311-314.
- PLANCHON, G. 1875. Traité Pratique de la Détermination des Drogues simples d'origine végétale. Tome I. Librairie F. Savy. Paris. p. 365-425.
- RADFORD, A.E., et al. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row, Publishers. N.Y. U.S.A. p. 85-133.

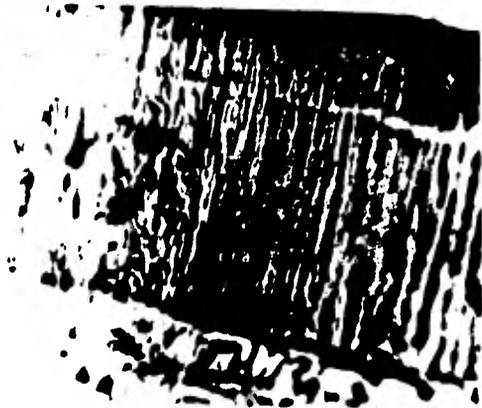
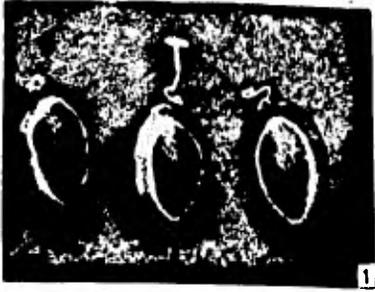
- SCHOPMEYER, C.S. 1974. Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook No. 450. Forest Service. U.S.A. 883 p.
- SINGH, B. 1964. Development and Structure of Angiosperm Seed. I. Bull. Nat. Bot. Gard. 89:1.
- SINGH, R.P. 1970. Structure and Development of Seeds in Euphorbiaceae. Beitr. Biol. Pfl. 47: 79-90.
- TOMB, S.A. 1974. SEM studies of small seeds. Proceedings of the workshop on Scanning Electron Microscopy and the Plant Sciences. Int. Research Institute U.S.A. p. 376-380.
- VAUGHAN, J.G. 1970. The Structure and Utilization of Oil Seeds. Chapman and Hall LTD. London. 279 p.
- VAZQUEZ-YANES, C. y B. GARCIA. 1977. Notas sobre la morfología; la anatomía de la testa y la fisiología de las semillas Enterolobium cyclocarpum. Turrialba 27(4): 427-430.
- VEGA, C y N. LOPEZ. 1980. Determinación del periodo de viabilidad de semillas de especies forestales tropicales mexicanas, almacenadas al medio ambiente. (En prensa).
- WUNDERLICH, R. 1967. Some remarks on the taxonomic significance of the seed coat. Phytomorph. 17:301-311.

## LAMINA I

## FOTOGRAFIA No.

1. Semillas de Enterolobium cyclocarpum. (1.5X)  
se puede observar claramente el pleurograma.
2. Corte transversal de la testa de E. cyclocarpum  
(100X). En el nivel medio lateral de la semilla  
se observa la capa de células en empalizada (emp),  
células mesófilas (m) y un haz vascular (hv).
3. Acercamiento de la capa celular en empalizada (emp),  
donde se aprecia la línea clara (l. cl.) (400X).
4. Acercamiento de las células situadas por debajo de  
la empalizada, donde se observan las células en for  
ma de reloj de arena (cra) (400X).

LAMINA I

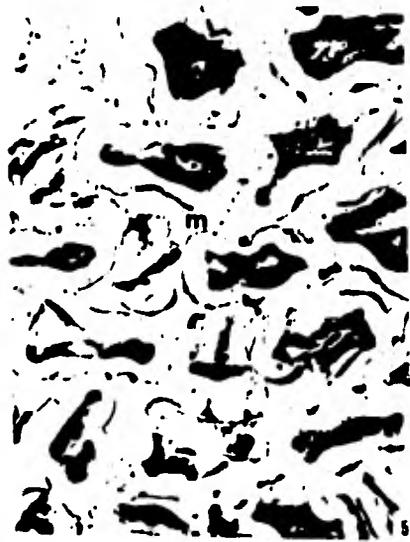


## LAMINA II

## FOTOGRAFIA No.

5. Acercamiento de las células mesófilas (m) de la testa de E. cyclocarpum. Se observan sus gruesas paredes y forma irregular. (400 X).
6. Corte longitudinal del eje embrionario de E. cyclocarpum, en su parte apical . (100 X).
7. Corte longitudinal del eje embrionario de E. cyclocarpum en su parte media. Se observan células procambiales. (100 X).

LAMINA II



## LAMINA III

## FOTOGRAFIA No.

1. Semilla de Myroxylon balsamum (2X). Nótese la irregularidad de su superficie.
2. Corte transversal de la testa de M. balsamum a nivel medio de la semilla (100X)
3. Acercamiento de las células de la testa (t), donde se observan sus gruesas paredes; su tamaño y disposición irregulares. (400X).

LAMINA III

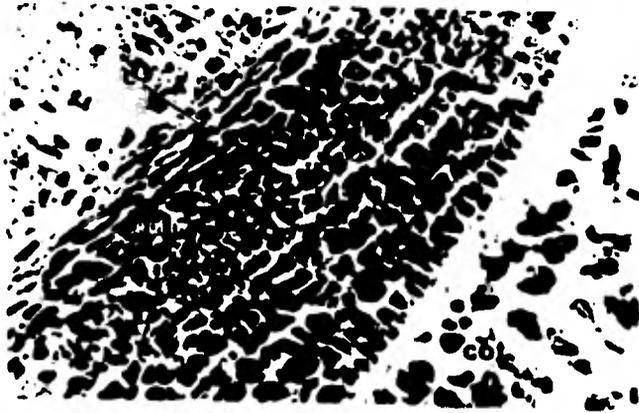
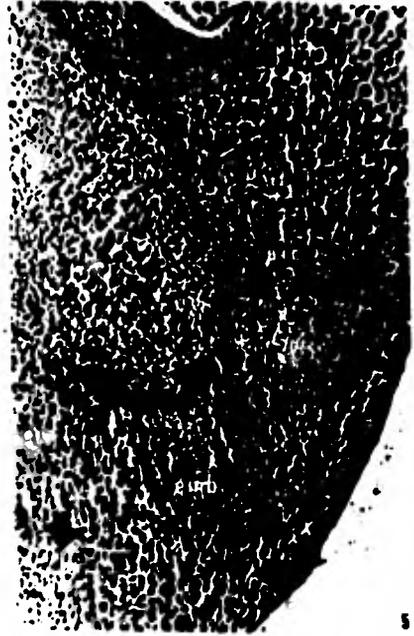


## LAMINA IV

## FOTOGRAFIA No.

- 4,5. Corte longitudinal del embrión de Myroxylon  
balsamum, donde se aprecian las células procam-  
biales (prc).(100X).
6. Acercamiento de las células del embrión de  
M. balsamum. Se observan células procambiales  
(prc) y células del cotiledón (cot).(400X).

LAMINA IV



## LAMINA V

## FOTOGRAFIA No.

7. Acercamiento de la parte apical del embrión de Myroxylon balsamum, en corte longitudinal.(400X).
  
8. Acercamiento de las células que se presentan en los cotiledones de M. balsamum. La capa más externa formada de células más pequeñas y elongadas. (400X).

LAMINA V



## LAMINA VI

## FOTOGRAFIA No.

1. Semillas de Acacia pennatula (2X).
  
2. Corte Transversal de la testa de A. pennatula a nivel medio lateral de la semilla. Se observa la capa empalizada (emp) y un haz vascular (hv) entre las células mesófilas (m). (100X)
  
3. Corte transversal de la testa de A. pennatula, a nivel medio lateral de la semilla. Se observa la línea clara (l.cl.), además de la presencia de endospermo (end) debajo de la testa. (400X).

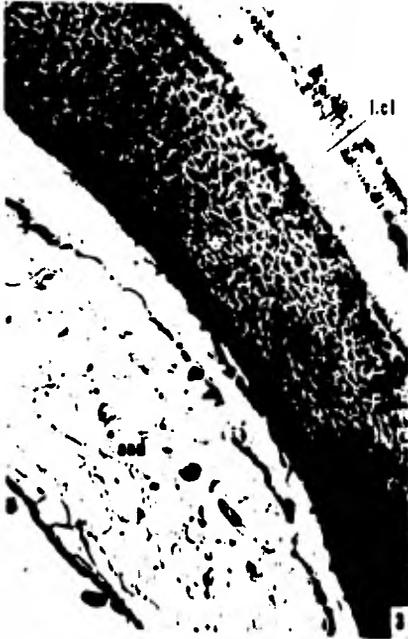
LAMINA VI



1



2



l.cl

3

## LAMINA VII

## FOTOGRAFIA No.

4. Acercamiento de la capa de células en empalizada de la testa de la semilla de A. pennatula, donde se observa claramente la línea clara (l. cl.) en la parte media de esta capa. Por debajo de la empalizada se observan las células en forma de reloj de arena (cra) (400X).
  
5. Acercamiento de las células mesófilas (m) de la testa de A. pennatula donde se aprecian las gruesas paredes celulares (400X).
  
6. Acercamiento del haz vascular (hv) presente entre las células mesófilas de A. pennatula. (400X).

LAMINA VII



## LAMINA VIII

## FOTOGRAFIA No.

- 7,8. Acercamiento de las células del endospermo (end) de A. pennatula, situado por debajo de las células mesófilas (m). (400X).
9. Corte longitudinal del embrión de A. pennatula, donde es evidente la plúmula (plu) y las células procambiales (prc). (100X).

LAMINA VIII



## LAMINA IX

## FOTOGRAFIA No.

1. Semillas de Jatropha curcas. (1.5 X), donde se aprecia el rafe y carúncula características.
2. Corte transversal de la testa de J. curcas al nivel medio de la semilla. (100X).
3. Acercamiento de las células en empalizada externas (emp). (400X).

LAMINA IX



1



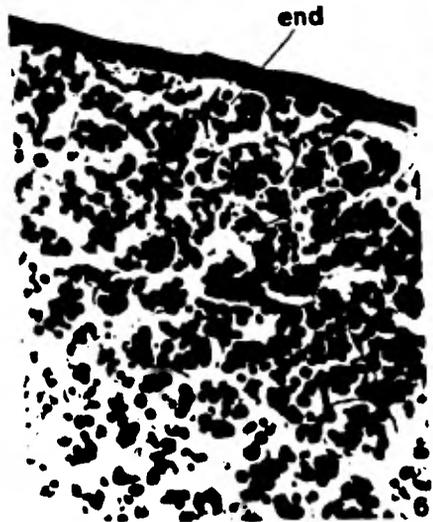
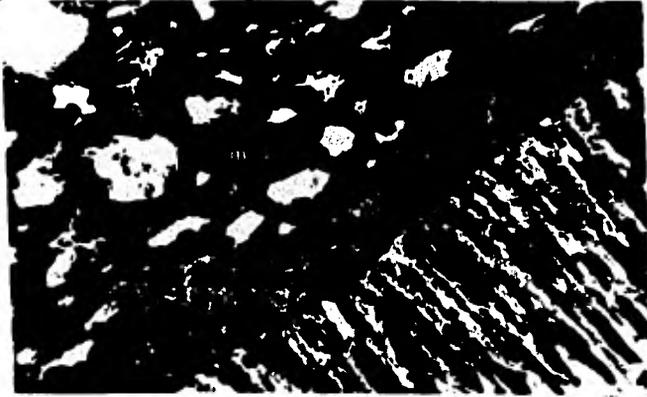
3

## LAMINA X

## FOTOGRAFIA No.

4. Acercamiento de la parte media de la testa de la semilla de J. curcas, donde se aprecian las células mesófilas (m) de forma y tamaño irregulares y las células columnares por debajo de éstas.(400X).
5. Corte longitudinal del embrión de J. curcas a nivel de la radícula (rad) y eje raíz-hipocotilo (hip). (100X).
6. Corte transversal de endospermo de la semilla de J. curcas.(400X).

LAMINA X



## LAMINA XI

## FOTOGRAFIA No.

1. Semilla de Brosimum alicastrum. (1.5X). Es notoria la testa delgada, se aprecia ligeramente la radícula.
2. Corte transversal de la testa (t) de la semilla de B. alicastrum, donde se aprecian las hileras celulares, 3 o 4, que la componen. (100X).
3. Vista superficial de la testa de la semilla de B. alicastrum. Se observa un arreglo reticular característico. (400X).

LAMINA XI

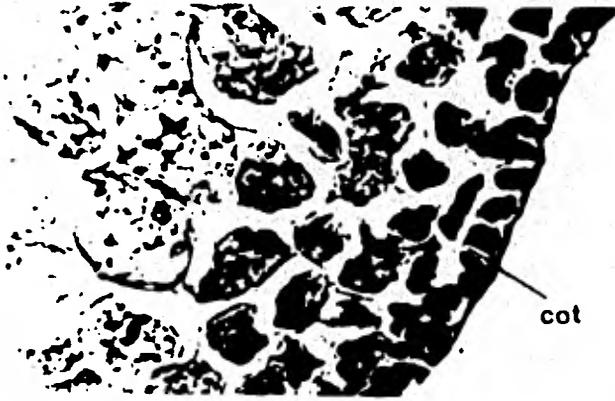


## LAMINA XII

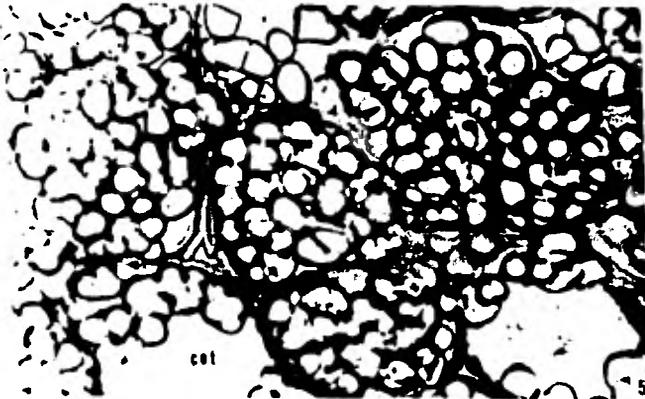
## FOTOGRAFIA No.

4. Corte longitudinal del cotiledón de B. alicastrum. Las células externas son diferentes de las internas en forma y tamaño. (400X).
  
5. Acercamiento de las células de la región media de los cotiledones de B. alicastrum con una gran cantidad de gránulos en cada una de las células. (400X).

LAMINA XII



4



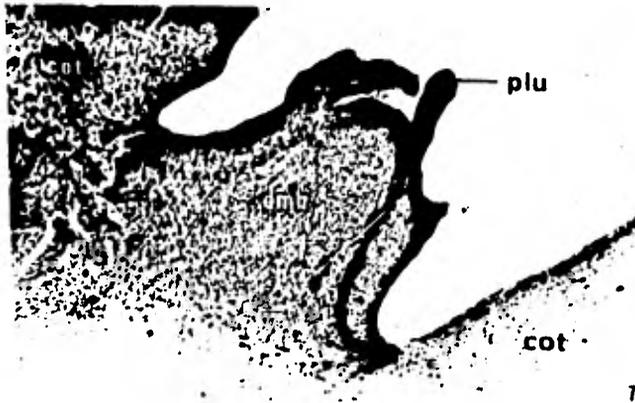
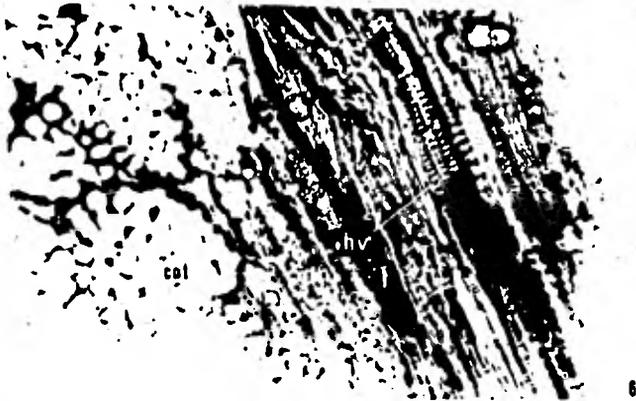
5

## LAMINA XIII

## FOTOGRAFIA No.

6. Corte longitudinal de un cotiledón de B. alicastrum en donde se pueden apreciar los vasos helicoidales que lo recorren. (400X).
  
7. Corte longitudinal del embrión de B. alicastrum. Se aprecian la plúmula (plu) y las células procambiales (prc). (100X).

LAMINA XIII

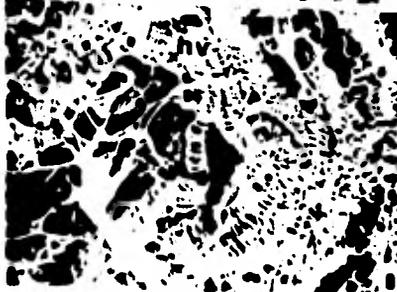
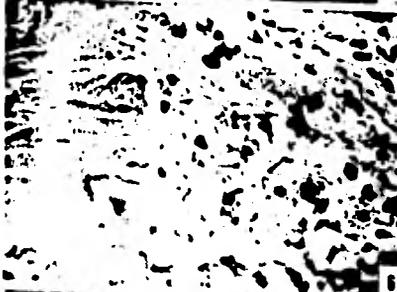
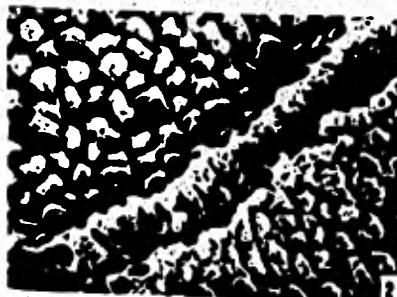
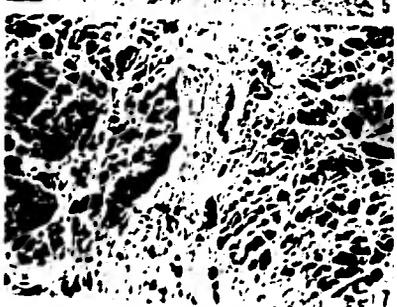
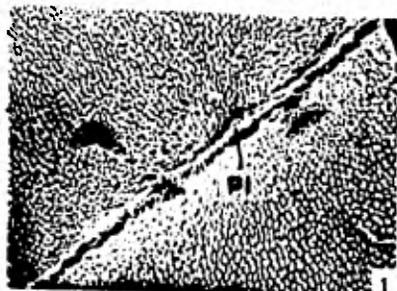


## LAMINA XIV

## FOTOGRAFIA No.

1. Vista superficial de la semilla de E. cyclocarpum bajo MEB (75X), donde se aprecia el pleurograma.
2. Acercamiento superficial de la semilla de E. cyclocarpum a nivel del pleurograma (350X).
3. Vista superficial del hilum de E. cyclocarpum bajo MEB (50X).
4. Acercamiento del hilum de E. cyclocarpum (500X).
5. Vista superficial de la semilla de Myroxylon balsamum bajo MEB (35X).
6. Acercamiento superficial de la semilla de M. balsamum (500X).
7. Vista de la superficie interna de la testa de M. balsamum (150X).
8. Acercamiento de la superficie interna de la testa de M. balsamum donde se aprecian los haces vasculares (hv) (500X).

LAMINA XIV

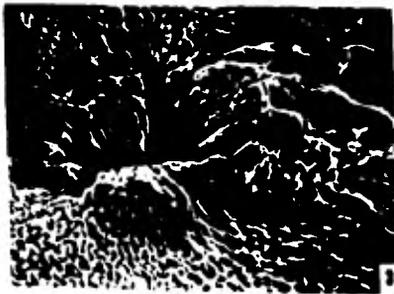
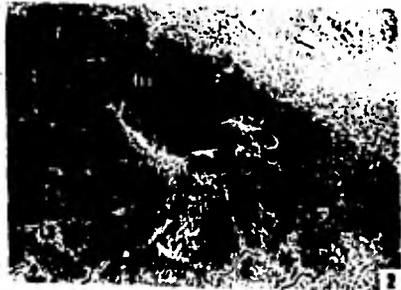
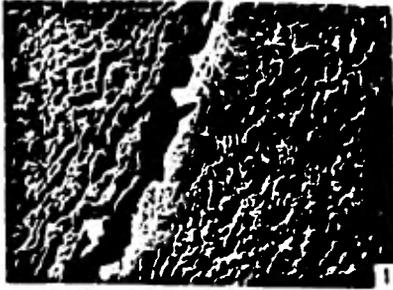


## LAMINA XV

## FOTOGRAFIA No.

1. Vista superficial de la semilla de Acacia pennatula bajo MEB (1500X). a nivel del pleurograma.
2. Vista superficial de la semilla de A. pennatula en la región hilar. (100X).
3. Acercamiento de la zona hilar de la semilla de A. pennatula. (350X).

LAMINA XV

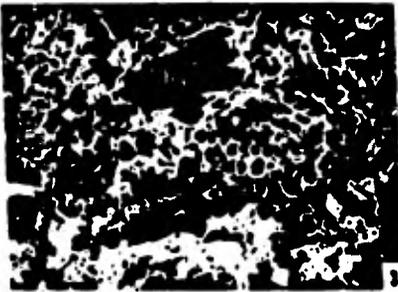


## LAMINA XVI

## FOTOGRAFIA No.

1. Vista superficial de la semilla de Jatropha curcas bajo MEB (35X), en la posición apical.
2. Vista superficial de la semilla de J. curcas a nivel de la carúncula (200X).
3. Vista superficial de la semilla de J. curcas en la región hilar (150X), donde se aprecian haces vasculares (hv).
4. Acercamiento de la semilla de J. curcas en la región hilar (500X), donde se aprecian claramente los vasos de tipo helicoidal.

LAMINA XVI



## LAMINA XVII

## FOTOGRAFIA No.

1. Vista superficial de la semilla de Brosimum  
alicastrum bajo MEB (200X), en la región apical.
2. Vista superficial de la semilla de B. alicastrum  
bajo MEB (500X), en la región basal.
3. Vista superficial de la semilla de B. alicastrum  
sin testa, a nivel de la radícula (35X).
4. Acercamiento de la radícula de B. alicastrum  
(350X).

LAMINA XVII

