



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANATOMIA E HISTOQUIMICA DEL
DESARROLLO DE LA SEMILLA DE
turbina corymbosa (L.) RAF.
CONVOLVULACEAE.

M. EN C. GUADALUPE JUDITH MARQUEZ GUZMAN

TESIS DOCTORAL

1 9 8 6 .



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A la memoria de
Rocio Castro Acuña
"Mujer"

A mi esposo, José Alfredo Amor M.
Una de las columnas del templo.

DEDICO ESTE TRABAJO A:

Alejandro, Alfredo y Andrés, las razones de mi vida.

Enrique Márquez y Judith Guzmán, mis queridos padres, por la enorme fortuna de tenerlos a mi lado.

Esther Guzmán de Lezama, mi querida Tía Teté. Mezcla de fuerza y dulzura, de grandeza y soledad. Ella marcó muchos derr0-
teros de mi existencia.

Don Jesús Amor Dodero , mi suegro. Imperecedero recuerdo de un hombre bondadoso, honesto y optimista.

Marcela Montaña, mi suegra. Por el gran cariño que siempre me ha demostrado y por el respeto que ha tenido hacia mi forma de pensar.

Mi familia.Reducto de amor y fortaleza. La raíz que sostiene y sostendrá por siempre al árbol.

Raúl Márquez Guzmán, mi querido hermano. El me enseñó, entre otras muchas cosas, a amar y respetar a la Universidad y a ser conciente del privilegio que representa ser universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mi más profundo agradecimiento a los miembros de la comisión dictaminadora, quienes distra- yendo parte de su tiempo, aportaron valiosas sugerencias para el mejoramiento de éste trabajo de Tesis: Dr. Ernesto Moreno, Dr. Horacio Merchant, Dra. Judith Guzmán y Dra. Ma. Esther de la Rosa. Especialmente a la Dra. Ma. Cristina Perezamador, quién por vez primera puso en mis manos una semilla de "Ololihuqui" ; al Dr. Mark Engleman pues fué él quién me introdujo en el estudio de las semillas y quién funjió como asesor de este trabajo y a la Dra. Consuelo Savín, Directora de la Tesis, maestra, guía y amiga.

También agradezco a los Profesores Alejandro Martínez Mena y Pablo Robles su inapreciable asesoría en la toma del material fotográfico que ilustra esta tesis.

A la Bióloga Yolanda Hornelas de Uribe, Del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por su asesoría y valiosas recomendaciones en la parte de Microscopía Electrónica de Barrido.

Al Biólogo Jaime Jiménez por la identificación del material de herbario.

Al Dr. JoséLuis Diaz, por su orientación en los aspectos etnofarmacológicos.

A los M. en C. Guillermo Laguna y Ma. Luisa Márquez, su gran apoyo en el trabajo de laboratorio y por su constante estímulo moral.

Al Biólogo Braulio Centeno, por su asesoría técnica en la ultramicotomía.

Por último, todo mi reconocimiento al grupo de trabajo del LABORATORIO DE CITOLOGIA VEGETAL al cual me honro en pertenecer y a la Sra. Ma. del Carmen Victorio, por su labor mecanográfica en esta tesis.

ANATOMIA E HISTOQUIMICA DEL DESARROLLO
DE LA SEMILLA DE Turbina Corymbosa (L.)
Raf., CONVULVACEAE

M. EN C. GUADALUPE JUDTH MARQUEZ GUZMAN
TESIS DOCTORAL
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM.
1986.

C O N T E N I D O

	Páginas
I. RESUMEN.....	7
II. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....	3
III. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	5
IV. MATERIALES Y METODOS.....	38
V. RESULTADOS.....	46
VI. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	121
VII. BIBLIOGRAFIA.....	135
VIII. APENDICE.....	144

ANATOMIA E HISTOQUIMICA DEL DESARROLO DE LA
SEMILLA DE Turbina corymbosa (L.)
RAF. CONVULVULACEAE.

I. RESUMEN

El estudio de laboratorio y campo se efectuó tomando muestras de botones florales, flores, frutos y semillas diariamente en las primeras etapas y cada 15 días en las siguientes. Mediante cortes de material incluido en parafina y resinas sintéticas, se estudió la estructura y se realizó la histoquímica del desarrollo de la testa, del cojincillo y de la región que circunda al hilio.

El óvulo anátropo, tiene un solo tegumento que en la etapa de antesis posee tres diferentes estratos celulares: la protodermis, la hipodermis y el parénquima. En la semilla madura, la primera se transforma en la epidermis cuyas células se diferencian en tricomas; la segunda en una hipodermis múltiple que da lugar a la subepidermis unistratificada y al esclerénquima en empalizada pluriestratificado. El parénquima se degrada hasta formar una capa de células aplastadas.

El cojincillo, bordeado por el hilio que es un surco, se forma por una epidermis múltiple y una subepidermis múltiple también. La región (borde) que circunda al hilio es producto de una epidermis múltiple.

El haz vascular penetra a través del funículo hasta la calaza desde donde baja por la región dorsal casi hasta el micrópilo.

Durante el desarrollo de la semilla se forma un tabique calazal o septo el cual es irrigado por un ramal de haz vascular.

El desarrollo del endospermo es de tipo nuclear. En la semilla madura las células de la capa de aleurona contienen gran cantidad de reservas y sus gruesas paredes celulares están formadas por el galactomanano.

La primera división del cigoto es transversal, dando origen, las dos células resultantes, una, al cuerpo del embrión y la otra a un suspensor de forma irregular, masivo y haustorial. El desarrollo del embrión es sustentado por la degradación del endospermo que lo rodea y del parénquima de la testa rico en almidón.

La testa de la semilla madura deshidratada es impermeable al agua. Las pruebas histoquímicas y su estructura sugieren que esta puede estar dada por: 1) la zona de unión de la subepidermis y el esclerénquima. 2) la capa de esclerénquima en empalizada y/o 3) la cutícula que limita la testa del endospermo.

Las semillas poseen latencia por testa dura e impermeable al agua, al escarificarlas se presentan altos porcentajes de germinación.

II. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

La familia Convolvulaceae, con aproximadamente 50 géneros y 1500 especies, se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo principalmente en las zonas tropicales y subtropicales (Austin, 1975).

El género Turbina comprende cerca de 12 especies distribuidas en las regiones tropicales de América y Africa (Wilson, 1960).

En México, sólo se encuentra Turbina corymbosa (L.) Raf. que se distribuye en todas las áreas tropicales del mundo, habiendo sido dispersada por el hombre. (Austin y Pedraza, 1983).

Existe multitud de informes relacionados con el uso de las semillas de T. corymbosa (conocidas con el nombre de "ololiuhqui") en los ritos religiosos de los antiguos mexicanos, ya que de todas las plantas utilizadas por ellos, es la que se cita con mayor frecuencia en los textos posteriores a la conquista y colonización española. (Díaz, 1979). El ritual que rodea al uso adivinatorio de las semillas, implica la ingestión de las mismas, en diversos preparados, por el sujeto que realiza la consulta. No hay indicaciones de que semillas de otros géneros de las convolvuláceas, produzcan efectos psicotrópicos similares a los de las semillas de "ololiuhqui", con excepción quizá de la de Ipomoea violacea* (Shultes y Hofmann, 1982). En el presente, la práctica de estos ritos, está restringida al estado de Oaxaca entre los grupos étnicos de chinantecas, mazatecas, mixtecas y principalmente zapotecas.

*Ipomoea tricolor (la especie que Shultes y Hoffman mencionan como Ipomoea violacea es, según comunicación personal del Dr. A. McDonald, Ipomoea tricolor).

Durante los años sesenta, los estudios químicos sobre las semillas de T. corymbosa cobran importancia. Hoffman en 1960, descubre que el principal constituyente de las semillas de "ololiuhqui" es la amida del ácido lisérgico y la hidroxietilamida del mismo ácido, estructuralmente similares al LSD, sin embargo, mucho menos potentes. Posteriormente se publican más trabajos sobre los alcaloides y glucósidos contenidos en la semilla (Pérezamador y Herrán, 1960, García-Jiménez, Pérezamador, 1967).

Los estudios sobre aspectos morfológicos, anatómicos y embriológicos de las semillas de la familia Convolvulaceae son numerosos, sin embargo, aparentemente no existen sobre el género Turbina, excepto los publicados por Márquez-Guzmán y Laguna Hernández, (1982) y Laguna-Hernández, Márquez-Guzmán y Engleman, (1984).

Los objetivos de este trabajo fueron:

- 1) Estudiar el desarrollo estructural de las semillas de Turbina corymbosa (L.) Raf. desde la antesis hasta la madurez, entendiéndose ésta como el momento en que la semilla se encuentra lista para su dispersión.
- 2) Realizar paralelamente el estudio histoquímico del desarrollo de las semillas para relacionar la estructura y composición química, con algunos aspectos fisiológicos de la germinación y el establecimiento de la plántula.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

III.1 Descripción botánica de la familia Convolvulaceae.

La familia Convolvulaceae está formada por enredaderas, lianas, arbustos ó árboles y algunas especies con savia lechosa. Hojas principalmente simples, pinnadamente lobadas o pectinadas, palmadamente compuesta en algunas especies, o reducidas a escamas en Cuscuta; sin estípulas. Inflorescencias axilares, dicasiales, solitarias, racemosas o paniculadas. Flores perfectas o imperfectas (algunas especies africanas) regulares o ligeramente zigomorfas, pequeñas e inconspícuas a grandes y vistosas generalmente evanescentes; sépalos 5, libres, imbricados, iguales o desiguales, persistentes, ocasionalmente acrescentes en el fruto. Corola sympetala, tubular, funeliforme, campanulada, urceolada o salveforme. El limbro con 5 lóbulos o dientes o casi entero y con plicas e interplicas, los botones principalmente induplicados; estambres 5, distintos, los filamentos insertados en la base del tubo de la corola alternados con los lóbulos de la misma, las anteras generalmente lineares u oblongas, bicelulares, extrorsas; disco anular ó cupuliforme, algunas veces pentalobulado, ocasionalmente ausente; ovario súpero de dos a 4 carpelos, usualmente 2 a 3 lóculos, cada lóculo bi-ovulado, raramente con 4 ó 6 lóculos o unilocular con 4 óvulos, el estilo filiforme simple bifido ó con 2 distintos estilos presentes, el estigma capitado o bilobado ó 2 estigmas lineares, elipsoidales o globosos. Frutos 1-4 locular, capsular, dehiscente por valvas, transversalmente dehiscentes, irregularmente dehiscente o indehiscente; semillas de 1 a 4, comunmente menor número que los óvulos, glabras o pubescentes, el endospermo ausente o escaso, cartilaginoso, los cotiledones generalmente foliáceos".

"La familia de las Convolvulaceas, de distribución mundial, posee numerosas especies en los trópicos y un poco menos en las zonas templadas; agrupa 40 ó 50 géneros y 1200 ó más especies. Hay poco acuerdo sobre la delimitación genérica a pesar de ser una familia natural".

"Sin embargo, 3 familias han sido segregadas. La monotípica Humbertiaceae fue segregada por Pichón (1951) pero estudios de otros elementos primitivos en la familia, sugieren que es mejor incluirla en las Convolvulaceae (Austin, 1973a). La Dichondraceae está también mejor incluida en las Convolvulaceae. La Cuscutaceae, aparentemente derivada de las Dichondraceae o de un ancestro común, poseen muchas características únicas. Los más modernos filogenistas la reconocen como una familia separada".

"Las características del polen han sido clásicamente utilizadas como un criterio importante para la delimitación genérica en la familia".

"Hallier dividió a la familia utilizando, como principal criterio, las características del polen. Aunque no hay duda de que el polen constituye un importante criterio para entender las relaciones filogenéticas, no hay razón para que su ponderación reciba tanto peso".

"El actual conocimiento de la familia sugiere una reexaminación del arreglo en Tribus que hace Hallier". (Austin, 1975).

La familia Convolvulaceae está representada en México por 17 géneros y aproximadamente 260 especies, 150 de ellas pertenecientes al género *Ipomoea* (Pedraza, 1983).

Las semillas constituyen un elemento que se toma en cuenta muy someramente cuando los taxónomos realizan las descripciones y claves de la familia Convolvulaceae.

Lawrence (1951) en su "Taxonomía de las plantas vasculares" al referirse a la familia Convolvulaceae dice de sus semillas que son lisas o pilosas, el embrión es grande con cotiledones plegados emarginados o bilobados, rodeados por un endospermo duro cartilaginoso". Toma como carácter general de la familia el poseer cotiledones plegados, cuando los poseen.

Gola, Negri y Cappeletti (1959) describen las semillas de la familia como formadas por un solo tegumento, esferoidales o trígonoas y con endospermo nuclear durante el desarrollo.

Wilson (1960) dice que hay una o dos semillas en cada lóculo, el embrión es recto y los cotiledones plegados o enrollados en espiral, raramente pequeños o ausentes. Cuando se refiere al género Turbina, menciona como carácter importante que posee frutos con una sola semilla. Para I. corymbosa menciona la utilización mágico-religiosa que le dieron los Aztecas a las semillas.

Matuda (1963, 1964 y 1965) en sus trabajos sobre el género Ipomoea en México menciona en algunas de las descripciones de las especies, características externas de las semillas como el color, tamaño, forma, presencia o ausencia de tricomas y colocación de los tricomas. Sin embargo a veces proporciona la descripción de las semillas; otras no lo hace.

En su trabajo sobre "Las Convolvuláceas del Estado de México" solo menciona en la descripción general de la familia que poseen "semillas varias con albumen cartilaginoso" (Matuda, 1966).

Austin (1975) en la "Flora de Panamá", menciona que las semillas de las convolvuláceas son de 1 a 4, comunmente en menor cantidad que los óvulos, glabras o pubescentes, con el endospermo escaso o ausente, cartilaginoso y con los cotiledones, la mayoría de las veces foliáceos. Cuando describe al género Turbina, menciona que hay una semilla por fruto y que estas son pubescentes.

Di Fulvio (1979), tomando en cuenta características del endospermo y el embrión durante su desarrollo hace consideraciones taxonómicas sobre las familias del orden Tubiflorae, incluyendo a la familia Convolvulaceae. De acuerdo

con sus observaciones, coloca a esta en el orden Polemoniales por poseer endospermo sin haustorios y embrión con suspensor corto.

McPherson (1981), en su trabajo sobre el grupo arborescente del Género Ipomoea toma en cuenta el tamaño de las semillas así como la distribución de los tricomas sobre su superficie. Uno de los caracteres que distingue a los miembros del grupo "arborescens" es precisamente el poseer semillas pubescentes.

Cronquist (1981) señala que la familia Convolvulaceae tiene semillas que poseen embriones largos, rectos o curvos, con 2 pliegues y a menudo bífidos, embebidos en un endospermo duro y cartilaginoso que contiene como sustancias de reserva: aceite, proteínas y hemicelulosa.

Austin y Pedraza (1983) utilizan la sarcotesta como un carácter para separar dos géneros de Convolvulaceae el género Itzea posee sarcotesta; el género Bonamia no.

III.2 Descripción botánica del género Turbina

Género Turbina

Turbina Raf., Fl. Tellur. 11: 81. 1836.

En el trabajo titulado "Los géneros de Convolvulaceae en México". Austin y Pedraza (1983) describen género Turbina formado por "Plantas trepadoras o herbáceas a veces postradas en lugares abiertos. Hojas cordadas, enteras. Inflorescencia frecuentemente terminal, en cimas multifloras. Sépalos desiguales, acrescentes en el fruto. Manchados, negros o parduzcos; corola blanca con centro amarillo y negro obscuro en el interior del tubo, infundibuliforme. Uniones de los pétalos glabras; estilo 1, estigma 2 globoso, incluido. Fruto indehisciente, seco, casi leñoso, 1 locular. Un género de 6 o más especies, 5 de ellas en América. En México sólo

se encuentra T. corymbosa (L.) Raf. que actualmente se distribuye en todas las áreas tropicales del mundo, habiendo sido dispersada por el hombre".

Frecuentemente se le encuentra bajo el nombre de Rivea Choisy, género que solamente se encuentra en el viejo mundo y el cual difiere de Turbina por su fruto con 4 semillas rodeadas por una pulpa farinosa (al menos cuando seco) y por sus estigmas linear oblongos.

Austin (1975), Shinner (1965) y Wilson (1960) mencionan que el género Turbina puede ser distinguido por la cápsula indehiscente ovoide-oblonga y conteniendo generalmente una sola semilla, cápsula leñosa y sépalos ovados a oblongos, obtusos los cuales no son acrescentes o lo son débilmente.

Austin (1975) menciona que el género Turbina posee cerca de 12 especies en los trópicos del Nuevo y del Viejo Mundo. Las especies son incluidas dentro del género sobre la base de poseer frutos indehiscentes ovoides-oblongos ó elipsoidales, usualmente con una sola semilla. El género probablemente NO es un taxón natural y necesita estudio.

El género Turbina está representado en el Sureste de los Estados Unidos por una sola especie Turbina corymbosa (Rivea corymbosa (L. Hallier) la cual se distribuye a través de América del Sur, América Central, Indias Occidentales y México y está reportada desde el Sureste de la Península de Florida, los Cabos de la Florida y el Sur de Texas. Ha sido introducida a varios lugares del viejo mundo y en muchos de ellos ha venido a ser naturalizada. (Wilson, 1960).

Matuda (1966) no menciona el género Turbina en su clave para las Convolvulaceas del Estado de México. La especie tipo es T. corymbosa (L.) Raf. cuyo nombre proviene del latín Turbinatus, en referencia a la forma de la cápsula. El género Turbina está representado en México por una sola especie; Turbina corymbosa.

III.3. Descripción botánica de la especie *Turbina corymbosa* (L.) Raf.

Turbina corymbosa (L.) Raf., Fl. Tellur. 11: 81.1836.

Descripción:

Liana, tallos herbáceos en las puntas, leñoso en la base, glabro a glabrado. Hojas cordadas-ovadas, 4-10 cm. de longitud, apicalmente acusadas a cortamente acuminadas, glabras o raramente pubescentes. Inflorescencias axilares o terminales, sépalos oblongos de 8 a 12 mm de largo, glabros; corolas blancas con una área café obscura o púrpura en la parte inferior del tubo, 2.5-3 cm de largo. Frutos indehiscentes, ovoides-oblongos, 1-1.5 cm de longitud. Una semilla, algunas veces 2 por fruto, pubescentes, con tricomas cortos.

Esta especie florece en febrero y marzo. Se encuentra desde México a Panamá, en las Indias Occidentales, Sur de Florida y América del Sur. Fué introducida a Filipinas. Las flores blancas con el interior de la base del tubo café o café púrpura, y una sola semilla por fruto hacen distintiva a la especie.

Se menciona otra especie *Turbina abutiloides* (H.B.K.) O'Donell que se distingue de *corymbosa* por sus flores de color rosa, lila o raramente blancas y por sus semillas de 9 a 10 mm de largo. Se distribuye en Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador. (Austin, 1975).

El polen de *Turbina corymbosa* es eumónada, esférico apolar, radial y periporado. Se caracteriza por presentar espinas en cojines basales redondeados, voluminosos, microreticulados elevados con respecto al tectum. La exina es finamente microreticulada casi tectada o punctitegilada. Las espinas del polen están dispersas sin orden aparente entre los poros.

Características morfológicas del polen de *Turbina corymbosa*:

Cojín basal: Globoso voluminoso microreticulado.

Poros: Con opérculos persistentes.

Cuerpo de las espinas: Recto.

Apice de las espinas: Agudo

(Pedraza, 1983).

Posición taxonómica de Turbina corymbosa (según Cronquist).

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Convolvulaceae

Género: *Turbina*

Especie: *corymbosa*.

Sinonimia.

Turbina corymbosa (L.) Rafinesque. Fl. Tell. 11: 81. 1836.

Convolvulus corymbosa. L. Syst. Nat. ed. 10 293. 1759.

Convolvulus sidaefolia H.B.K. Nov. Gen. et. Sp. 3: 99. 1818.

Ipomoea sidaefolia. Choisy. Mem. Soc. phys. Hist. Nat. Geneve. 6: 459. 1833.

III.4 Conocimientos químicos, farmacológicos y etnobotánicos de *Turbina corymbosa*.

Las angiospermas plantas con flores y con semillas protegidas por un tejido ovárico, corresponden al grupo económicamente más importante en la actualidad. Algunos autores estiman que las angiospermas contienen a medio millón de especies agrupadas en 300 familias.

Representan, sin lugar a dudas, la fuente de la mayor parte de las medicinas de origen vegetal. La mayoría de las especies tóxicas son angiospermas y casi todos los alucinógenos usados por el hombre, así como otros narcóticos pertenecen a este grupo (Schultes y Hoffman, 1982).

Un narcótico, en el sentido etimológico estricto, es cualquier sustancia que produce una acción depresiva, sobre el sistema nervioso central.

A los narcóticos que causan alucinaciones se les dan varios nombres, siendo el de alucinógeno el mas conocido. En la historia de la humanidad, probablemente los alucinógenos han sido los más importantes de todos los narcóticos. Sus efectos fantásticos hicieron que el hombre primitivo los considerara sagradas y aún puede ser que hayan sido responsa-
bles de sugerir en él la idea de divinidad.

Las semillas de Turbina corymbosa son valoradas como uno de los alucinógenos más importantes entre los grupos indígenas del Sur de México, sus usos se remontan a épocas pre hispánicas. Díaz (1979) en su trabajo sobre Etnofarmacología y Taxonomía de plantas mexicanas psicodislépticas asienta que "de todas las plantas sagradas de los antiguos mexicanos, es probablemente el ololiuhqui la que mas frecuentemente se cita en los textos posteriores al período de la conquista y colonización de México por los españoles".

Este mismo autor no considera a la Turbina corymbosa (ololiuhqui) como un alucinógeno si no como un inductor de trance, ambos pertenecientes a la familia de los psicodislépticos. Define a los inductores de trance como "sustancias que producen un estado de quietud y abstracción, no dan lugar a cambios sensoriales cualitativos. Ellos inducen a irritación en respuesta a estímulos externos y fascinación con formas y texturas. El sujeto puede inclinarse a un estado introspectivo. El síntoma principal es el letargo: una fase de apatía y quietud de varias horas. Dentro de este contexto algunas alteraciones ocurren en el área cognositiva a las cuales se les dá una atención pasiva. Las imágenes visuales se incrementan y adquieren un tono semejante al sueño similar a los fenómenos hipnóticos. De hecho, durante los períodos de somnolencia, el sujeto puede tomar esas escenas como

sueños. Hay una marcada tendencia del intelecto hacia la reflexión y la concentración. Este estado de abstracción es característico de la fase de letargo, al final de esta fase hay un total recobramiento de las facultades mentales y de las funciones corporales y aún puede surgir un estado de excepcional lucidez".

El primer reporte gráfico de la utilización ololiuhqui en ritos ceremoniales y en la medicina tradicional data de tiempos prehispánicos y lo tenemos en uno de los murales de Teotihuacán, México (500 años D.C.).

Shultes y Hoffman (1982) describen el mural diciendo que "se observa una Diosa Madre Azteca y sus sacerdotes, con una enredadera de ololiuhqui estilizada. El néctar alucinógeno mana de las flores de las plantas, así como ojos incorpóreos, pájaros y otras representaciones relacionadas con la intoxicación alucinógena".

En este mural podemos observar muchas de las características morfológicas de T. corymbosa: tallos volubles que se entrecruzan, inflorescencias en cimas multifloras, cáliz con 5 sépalos, corola simpétala y las líneas de fusión de los pétalos marcadas.

Piña-Chan (1984) en el capítulo que sobre Los Teotihuacanos escribe en la "Historia General de la Medicina en México" dice: "A través de la pintura mural los Teotihuacanos dejaron constancia de sus ideas religiosas, de sus cultos y costumbres; enriquecieron la decoración de sus edificios, pues la arquitectura, la escultura y pintura estuvieron asociadas concientemente a la planeación de su centro ceremonial".

En 1521 se realiza la conquista de México por los españoles y la colonización que dura aproximadamente 3 siglos. Parte fundamental de este proceso fué la "cristianización" de los indígenas que para llevarse a cabo requirió de la

desaparición de la religión nativa con sus ceremoniales y tradiciones. Toda la fuerza de la dominación española fue puesta al servicio de la destrucción de la cultura indígena con la intención de borrar toda práctica religiosa y que no pasara a las futuras generaciones.

Los indígenas tuvieron que guardar celosamente todo lo relacionado con su religión y sus manifestaciones culturales, convirtiéndose estas en un gran secreto pasado de generación en generación, excluyendo siempre al extranjero de este conocimiento.

En la actualidad se puede ver, que en casi todos los pueblos del estado de Oaxaca, se siguen usando las semillas de ololiuhqui rodeadas de el valor mágico heredado de hace 4 siglos.

Mucho se ha escrito sobre esta planta, entre los trabajos más notables de los siglos pasados podemos citar el de Fray Bernardino de Sahagún (de mediados del Siglo XVII) (en Díaz, 1979) el de Francisco Hernández, médico de la corte de Felipe II, rey de España. (en Urbina, 1900) el de Hernando Ruiz de Alarcón, del Siglo XVII (en Bailin, 1975).

El tema del ololiuhqui se retoma a finales de 1800 y principios de 1900 con los estudios que se realizan en el Instituto Médico Nacional de México (1885-1917) por los Doctores don Manuel Urbina y don José Ramírez (Losoya y Losoya, 1982).

En la actualidad el ritual que se sigue en el uso de las semillas está descrito, entre otros, en los trabajos de Shultes y Hoffman (1982), Bailin (1975), Shultes (1982), Wasson (1963) y Fields (1969).

Identificación botánica del Ololiuhqui

La identificación botánica del ololiuhqui como un miembro de la familia Convolvulaceae fue hecha en el Instituto Médico Nacional de México por don Manuel Urbina en alguna

fecha anterior a 1900. Posteriormente hubo confusión con respecto a la identidad botánica del ololiuhqui e inclusive fue colocada en la familia Solanaceae como integrante del género *Datura*.

En 1941, Shultes establece definitivamente su pertenencia a la familia Convolvulaceae y la identifica como *Rivea corymbosa* (L.) Choisy, nombre que posteriormente es cambiado por el de *Turbina corymbosa* (L.) Raf., siendo el nombre que se acepta hasta la fecha.

En cuanto al nombre común en náhuatl, existe confusión: Urbina (1900) en su trabajo titulado "El peyote y el ololiuhqui" dice textualmente: "El ololiuhqui, cuyo nombre se le daba a la semilla por su forma redonda, semeja al culantro y a la planta Coatlxoxouhqui, ó culebra verde, es una planta voluble que fué identificada por mí⁽¹⁾ y señalada como *Ipomoea sidaefolia*, Choisy. Como hay muchas especies de *Ipomoeas*, creo que el nombre mexicano de ololiuhqui lo aplican no solo a éstas, sino a otras varias, que probablemente tienen las mismas propiedades y los mismos usos".

A continuación, el mismo Urbina cita a Hernández quien dice: "El ololiuhqui que algunos llaman Coaxihuitl o yerba de la serpiente, es una planta voluble de cuyas raíces nacen los tallos redondos, verdes y delgados, semejantes o fibras los cuales llevan hojas verdes delgadas en forma de corazón, flores blancas y un poco largas, semilla redonda semejante al culantro, de donde toma su nombre.

Un reporte original de Fray Bernardino de Sahagún (contemporáneo de Francisco Hernández) efectuado a mediados del Siglo XVI dice que "hay una yerba llamada coatlxoxouhqui y cría una semilla llamada ololiuhqui;... esta semilla emborracha y enloquece (en Bailin, 1975).

En épocas recientes Díaz, (1979) dice que "de todas las plantas sagradas de los antiguos mexicanos, es probable que sea el ololiuhqui la más frecuentemente citada en los textos comprendidos entre el período de la conquista y la colonización española de México".

Wasson (1961) habla de ololiuhqui como "las famosas semillas objeto de muchos estudios, que han sido ampliamente usadas en México por sus propiedades psicotrópicas". El mismo Wasson (1963) en su trabajo titulado notas sobre el presente estado del ololiuhqui y de otros alucinógenos de México dice que "ololiuhqui en náhuatl es el nombre de las semillas, no de la planta que produce las semillas. La palabra significa cosa redonda y las semillas son pequeñas, cafés y ovals. La planta misma es una trepadora llamada apropiadamente coaxihuitl, "planta serpiente", en náhuatl y hidra o bejuco por los escritores españoles".

En la obra reciente de Flora Medicinal de México. Primera parte: plantas indígenas, escrito por Losoya y Losoya (1982) aunque no lo explicitan en el texto, en el título dan el nombre de ololiuhqui a la Turbina corymbosa. Dentro de esta misma obra se cita un trabajo del Dr. José Ramírez; médico mexicano de principios de siglo en donde expone: "debo decir, que la parte usada del ololiuhqui son las semillas y que en ninguna... En este párrafo es claro que el Dr. Ramírez se está refiriendo a la planta con el nombre de ololiuhqui.

Como se desprende de los párrafos anteriores, hay confusión sobre a que pertenece el nombre de "ololiuhqui", a la planta completa o exclusivamente a las semillas.

En lengua maya no hay confusión pues planta y semillas reciben el mismo nombre: Xtabentun, el significado etimológico y el origen es el siguiente: X + ta. ab + en + tun = -la que+ está atada+ a las + piedras, de acuerdo a Barrera, Barra y López Franco (1976).

Compuestos químicos aislados de las semillas de Turbina corymbosa.

Químicamente las semillas de ololiuhqui han sido ampliamente estudiadas. En 1960 Albert Hofmann y Tschertter publicaron sus resultados descubriendo alcaloides ergolínicos

en las semillas de ololiuhqui. Se evidenció la presencia de alcaloides del grupo de ácido lisérgico y de las ergolinas. Este hallazgo fue muy interesante desde el punto de vista fitoquímico, puesto que los alcaloides del tipo de ergot solamente se habían encontrado en hongos inferiores, especialmente en el género *Claviceps*. (Hofmann y Tschertter 1960). — El descubrimiento de Hofmann fue tomado, en un principio, — con muchas reservas, pero posteriormente otros investigadores como Taber y Heacock (1962); Genest y Sahasrabudhe (1966) y Der Marderosian y Younken (1966) confirmaron sus resultados e identificaron como constituyentes de las semillas de *T. corymbosa* a la amida y a la hidroxietilamida del ácido lisérgico (esquema No. 1).

Los alcaloides son compuestos sintetizados por las plantas y que se distinguen porque muchos de ellos tienen poderosos efectos sobre la fisiología de los animales. (Robinson, 1959). Desde tiempos remotos han sido utilizados por el hombre como medicinas, venenos y parte integrante de ceremonias religiosas. Ejemplo de alcaloides sumamente conocidos son la morfina, la quinina, la colchicina, la reserpina, la cocaína y la atropina, pero sin duda alguna los más consumidos por el hombre son la nicotina y la cafeína.

¿Qué papel juegan los alcaloides en la vida de las plantas?. Es muy pronto para dar una respuesta y más aún para hacer proposiciones generales de su función en los vegetales. Sin embargo un grupo de científicos han propuesto la hipótesis de que los alcaloides, pudieran ser sustancias de defensa para las plantas que las producen.

Otro dato interesante sobre las semillas del ololiuhqui, por los alcaloides que contienen, es que están consideradas como un estupefaciente por el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos y en un trabajo aparecido en la revista Criminalia donde analizan el contenido de alcaloides lisérgicos en semillas del género *Ipomoea* concluyen diciendo que: "la presencia de alcaloides lisérgicos en todas las

muestras de semillas de plantas del género Ipomoea obtenidas comercialmente, es un hecho que debe tenerse en mente ya que constituyen una fuente potencial de drogas de abuso y un asunto de gran importancia forense, tanto desde el punto de vista de su identificación criminalística, como de las medidas de política criminal que deban implantarse para evitar su abuso" (Jiménez, López y Robledo, 1975).

Al mismo tiempo que Hofmann y Tschertter (1960) en Europa daban a conocer sus resultados sobre los alcaloides contenidos en las semillas de ololiuhqui, en México un grupo de investigadores mandaba una comunicación corta a la revista Tetrahedro (Pérezamador y Herrán, 1960) donde hacen del conocimiento de la comunidad científica el aislamiento de un glucósido.

Pérezamador continúa sus trabajos sobre el tema y los resultados son publicados en forma de tesis (Quintero, 1963), (García-Jiménez, 1965) y de artículos de investigación sobre la estructura de los glucósidos Turbicornina y Corimbosina. El primero describiendo la estructura de la Turbicornina es publicado en 1966 (Pérezamador, García-Jiménez, Herrán y Flores, 1964) y el segundo, con la estructura de la corymbosina, en 1967 (García-Jiménez y Pérezamador, 1967).

En 1967 se hace una revisión de las estructura de estos glucósidos (García-Jiménez, Collera, Larios, Taboada y Pérezamador, 1979).

Este hallazgo fue sumamente interesante ya que compuestos derivados del kaurano, como son estos glucósidos, solo se habían localizado, hasta entonces, en ciertos grupos de gimnospermas.

A raíz del conocimiento estructural de estas sustancias, la Dra. Pérezamador y el Dr. García-Jiménez proponen la hipótesis de que los glucósidos puedan ser los precursores de las giberelinas en las semillas de T. corymbosa pre-

sentan las primeras pruebas sobre la transformación de estas sustancias por la maquinaria enzimática de las semillas. Posteriormente se realizan varias investigaciones para probar esta hipótesis, cuyos resultados la apoyan fuertemente. (Pérezamador, Márquez-Guzmán, Laguna Hernández y García Jiménez, 1981) (Osuna, 1984) (Rey, 1985).

La familia Convolvulacea con sus 50 géneros y 2 000 o más especies (Wilson, 1960) constituye un auténtico reto para los taxónomos, los estudios quimiotaxonómicos pueden ser útiles para resolver los complejos problemas sistemáticos que esta familia ha planteado. Genest y Sahasrabudhe (1966) trabajaron con 65 muestras de semillas de los géneros Ipomoea, Convolvulus y Rivea (Turbina) haciendo determinaciones y estableciendo patrones para alcaloides del tipo de ácido lisérgico y para ácidos grasos. Demostraron que estos datos químicos y en particular los de los ácidos grasos, son útiles taxonómicamente.

También en este campo la Dra. Pérezamador ha trabajado y publicado sus resultados con diversas especies de esta familia. A través del tiempo se ha ido conformando un basto cuerpo de conocimiento con lo que ahora son considerados como posibles marcadores taxonómicos y que fueron encontrados por vez primera en Turbina corymbosa (Pérezamador, González, Márquez-Guzmán, Bailín, García-Jiménez y Collera, 1980).

Turbina corymbosa en la medicina tradicional

Poco tiempo después de la conquista de México en 1521, los cronistas españoles informaron mediante sus escritos, que el ololiuhqui y el Tliltliltzin (Ipomoea tricolor) eran importantes alucinógenos adivinatorios empleados con fines religiosos, mágicos y medicinales. Shultes, (1982) dice que los usos medicinales y religiosos del "manto de cielo" llamado ololiuhqui fueron de la mayor importancia para

los Aztecas. "Se supone que es analgésico. Antes de efectuar los sacrificios, los sacerdotes Aztecas se frotaban un unguen^o preparado con cenizas de insectos, tabaco y ololiuhqui para adormecer su carne y perder cualquier temor.

Díaz (1977) en su catálogo sobre el uso de las plantas medicinales dice que de T. corymbosa se usan las semillas así como la planta entera, y que sirva para curar el "mal de los pies", del cual, en el mismo libro, no existen indicación alguna de lo que puede ser este mal o como se use la planta para lograr la curación. En comunicación personal, el Dr. Díaz menciona al respecto que el "mal de los pies" podría ser la "gota" y que se pudo haber usado el zumo de las hojas (quizá como anestésico) aplicado localmente.

Cassaday y Floss (1977) dice que las ergolinas han sido mencionadas como inhibidores potenciales de prolactina y de tumores mamarios.

Losoya y Losoya (1982) en su trabajo sobre la Flora Medicinal de México: Las Plantas Indígenas, hacen una recopilación de la literatura de los tiempos de la conquista y colonización, donde se habla de los usos medicinales de Turbina corymbosa. En él mencionan que de acuerdo a lo que Sahagún escribe, el ololiuhqui es una medicina contra la gota (concepto más cercano al actual de reumatismo con semejantes complicaciones y variantes y no referido exclusivamente al padecimiento de carácter metabólico que hoy se denomina "gota"). Hernández, el médico español señala que esta planta calma los dolores producidos por el frío, disipa el flato, resuelve tumores, destierra el frío, fortalece las luxaciones y fracturas de los huesos y la laxitud de las caderas de la mujer, agrega que también cura el mal venereo o que la semilla tomada excita los deseos venereos y que machacada y tomada ó untada en la cabeza con leche y chile cura las enfermedades de los ojos. Menciona a Acosta que habla de su uso en emplastos para amortiguar el dolor de las carnes. También para calenturas.

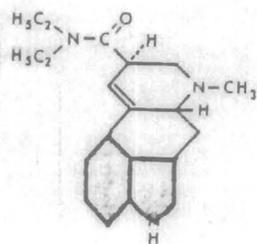
El uso medicinal de Turbina corymbosa ha llegado hasta nuestros días, siendo los habitantes de los estados de Oaxaca y Yucatán los que la utilizan con mayor frecuencia. En el libro de Mendieta y del Amo (1981) Plantas Medicinales del estado de Yucatán dicen que Turbina corymbosa, llamada en lengua maya "Xtabentun" y, también "Aguinaldo Blanco" se usa como balsámico (moderador de la secreción bronquial) haciendo una infusión con las flores y bebiendo esta cuando está caliente. También se usa para expulsar y deshacer cálculos, haciendo un cocimiento de la planta entera y bebiendo éste como agua del día. Es un diurético que se usa preparando un cocimiento de toda la planta, siendo la vía de administración oral. Se utiliza también para la cura de llagas y heridas, aplicando el zumo de las hojas en la parte enferma.

Sin embargo es su cualidad "adivinatoria" para descubrir objetos perdidos, personas extraviadas o revelar enfermedades, el uso principal que sigue teniendo la semilla de I. corymbosa entre nuestras comunidades indígenas que la utilizan.

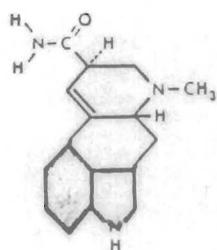
III.5 Estudios embriológicos y anatómicos en semillas de la familia Convolvulaceae.

Los estudios estructurales, anatómicos ó embriológicos sobre la familia Convolvulaceae se han centrado principalmente en las especies parásitas de Cuscuta o en las especies comercialmente importantes de Ipomoea o de malezas agronómicas perjudiciales de Ipomoea y Convolvulus.

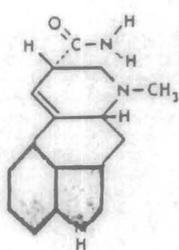
Antes de empezar esta revisión bibliográfica sobre aspectos anatómicos y embriológicos de las semillas, es importante definir la terminología que se usará. Esto es necesario puesto que no hay términos unívocos en cuanto a morfología externa se refiere. Los diferentes autores utilizan en sus descripciones los términos que consideran más adecuados



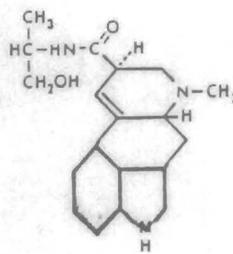
LSD 25



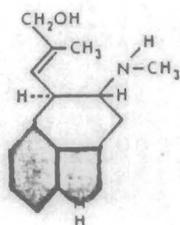
Ergina



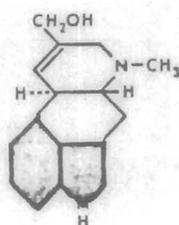
Isoergina



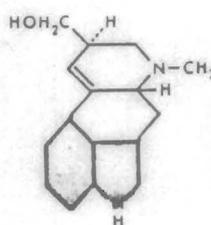
Ergometrina
(Ergonovina)



Chanoclavina

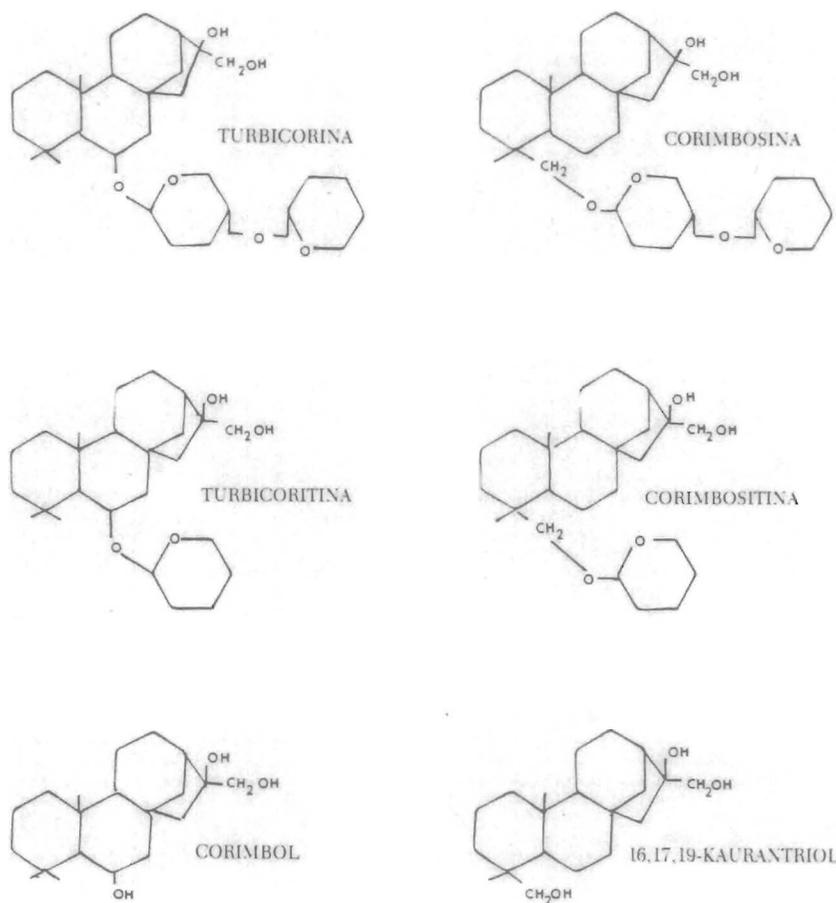


Elimoclavina



Lisergol

Esquema 1. Alcaloides de Turbina corymbosa e Ipomoea tricolor mostrando su relación química con el LSD.



Esquema 2.- Glucósidos y sus productos de hidrólisis aislados de las semillas de Turbina corymbosa.

según sus particulares criterios y estos no siempre se corresponden. Así pues la terminología adoptada será la siguiente: Lado ventral de la semilla, es la superficie de la semilla que contiene al cojincillo e hilio, es también la región de la rafe. Lado dorsal de la semilla es la superficie que contiene al antirrafe. El micrópilo tiene una posición intermedia entre ambos lados.

El ápice y la base de la semilla serán tomados de acuerdo a la posición de ésta dentro del fruto. La región o extremo basal será la región micropilar y la región o extremo apical será la región calazal. No serán considerados los trabajos sobre Cúscuta, puesto que, siguiendo las modernas corrientes taxonómicas, este género antes incluido en la familia Convolvulaceae, ha pasado a integrar una familia separada: la Cuscuteaceae (Cronquist, 1981). McPherson (1921) estudió la embriogénesis de Cuscuta y Convolvulus encontrando poliembrionia en Convolvulus y no desarrollo de los cotiledones en Cuscuta. Mathur (1934) reportó la presencia de células parietales en Convolvulus arvensis y Datta (1936) reporta la presencia de un suspensor masivo en Ipomoea tricolor (citados por Rao, 1940).

Con esta enumeración histórica sobre los resultados de investigaciones realizadas en la familia Convolvulaceae comienza Rao (1940) su trabajo sobre 5 especies: Ipomoea learii, Ipomoea hederaceae, Ipomoea staphylina, Argyreia speciosa y Evolvulus alsinoides. El estudió la gametogénesis y la embriogénesis y lo más significativo de su trabajo fue la mención en I. learii de la división de la célula arquesporial para dar una célula parietal primaria (la cual se divide posteriormente) y una célula madre de la megaspóra. En las otras 4 especies la célula arquesporial funciona directamente como la célula madre de la megaspóra.

Woodcock (1943) describe el desarrollo de las semillas de Ipomoea rubro-caerulea. Hook, inicia su estudio con la descripción de ovario como bilocular con 2 óvulos anátropos en

cada lóculo con placentación axilar y con un funículo corto. "En los óvulos no se diferencia un verdadero tegumento y una región nucelar como en los óvulos verdaderos. Un largo micrópilo es formado por una invaginación del extremo del óvulo próximo al funículo". El haz vascular entra al óvulo desde el funículo y lo recorre por la región ventral hasta la base del saco embrionario, desde este punto prosigue a través de la región dorsal entre el saco embrionario y la superficie del óvulo casi hasta la región micropilar. Se forma un suspensor pluricelular en forma de huso.

Como el endospermo es un tejido de almacenamiento en la semilla madura, ésta puede ser considerada como del tipo albuminoso. El embrión también contiene abundantes reservas. La cubierta de la semilla se forma fundamentalmente de la modificación de la segunda capa de células bajo la epidermis. Esas células crecen en sentido perpendicular a la superficie de la semilla; las células son estrechas con paredes finas pero suberizadas.

Maheswari (1944) escribe una crítica al trabajo de Woodcock refutando lo dicho por este autor respecto a la formación del micrópilo por invaginación y a la ausencia del integumento. Asienta que, como en otros miembros de la familia Convolvulaceae, un tegumento está presente y que es la nucela la que pronto desaparece; que el micrópilo no es una invaginación sino un pasaje continuo, el cual empieza a ocluirse en las etapas de postfertilización, muy difícil de demostrar en cortes que no sean medianos.

Rao (1944) realiza un trabajo sobre el desarrollo del saco embrionario en 6 especies de convolvulaceae: Jacquemontia violacea Choisy, Ipomoea pulchella, Roth., I. horsfalliae Hook; I. obscura Ker-Gawl; I. sepiaria Koenig y Operculina turpethum Manso.

El hallazgo más interesante es el que confirma la presencia de células parietales en la nucela de todas las especies estudiadas, hecho que se contrapone con los resultados

de otros autores. Menciona que un tegumento surge de la base de la nucela, que el funículo es muy corto y que la nucela es muy pequeña comparada con el grosor del tegumento; que la célula arquesporial es hipodérmica y que se diferencia muy tempranamente aún antes de que surga el tegumento. Hecho único es la presencia de 2 y hasta 3 células arquesporiales, una al lado de la otra en Jacquemontia violaceae. El desarrollo del saco embrionario en todas las especies es del tipo normal.

Sripleng y Smith (1960) realizan un excelente trabajo titulado "Anatomía de la semilla de Convolvulus arvensis". La secuencia fotográfica de los resultados da una idea clara de las diferentes etapas en la diferenciación de las semillas y son tan ilustrativas que inclusive permite la divergencia de opiniones entre los autores y el lector. Su estudio comienza con el óvulo en el momento de la fertilización hasta la semilla madura.

Los autores comparan al óvulo de Convolvulus con los de Cuscuta e Ipomoea diciendo que son muy semejantes. En Convolvulus arvensis se presentan de 4 a 6 óvulos anátropos, 2 en cada lóculo unidos a una placenta basal, el óvulo posee un tegumento masivo que aumenta mucho de tamaño antes y poco después de la fertilización. El saco embrionario es del tipo "normal". Reportan la presencia de un septo del lado dorsal, en Convolvulus diferente a los que se presentan en ipomoeas. El desarrollo del embrión corresponde a la variación Lotus del tipo "Onagrad" de Johansen. Entre las 48 a 55 horas después de la fertilización el cigoto ha sufrido ya una o más divisiones. Entre los 6 ó 7 días el embrión es globular y a los 9 días se inicia la formación de los cotiledones. Para el décimo primer día los cotiledones se alargan y el procambium se diferencia en el hipocótilo y los cotiledones, estos últimos a los 15 días se comienzan a plegar; a este tiempo el endospermo es casi completamente celular, hay poca evidencia de digestión cerca del suspensor. Las semillas son capaces de germinar de 10 a 15 días después de la polinización. Para el 50. día de desarrollo el saco embrionario está recubierto por una capa

periférica de citoplasma que contiene numerosos núcleos. Por el noveno día el endospermo llena el saco embrionario y es completamente celular excepto en el extremo chalazal. Quince días después de la fecundación el endospermo consiste de dos a tres capas de células pequeñas rectangulares que progresivamente desarrollan paredes gruesas. Entre los 20 y los 35 días después de la fecundación, cuando la semilla está madura solo de 2 a 6 capas de células endospérmicas persisten alrededor de la semilla.

El haz vascular penetra a través del funículo y se extiende hasta la región chalazal y después corre hacia abajo por el lado dorsal hacia el micrópilo. Con respecto al desarrollo de la testa, separan a la región basal del resto de la semilla, en que el patrón de desarrollo es muy uniforme.

El tegumento del óvulo al momento de la fecundación posee de 15 a 20 células de grosor. La capa externa, o dermatógeno solo se divide anticlinalmente. Justamente por debajo del dermatógeno hay una capa monoestratificada muy distintiva cuyas divisiones también son anticlinales en las primeras horas del desarrollo.

Luego, dos o tres días después de la fertilización cada célula de esta capa sufre una división periclinal, la capa más externa resulta de estas divisiones dará origen a la subepidermis, la otra, por divisiones periclinales, formará de dos a cuatro estratos celulares. El resto del tegumento consiste de 15 estratos de células parenquimatosas siendo los últimos parcialmente digeridos. A los 30 días, la cubierta de la semilla está completamente diferenciada: el dermatógeno se ha transformado en una exotesta con células muy grandes que forman una superficie rugosa y papilas, y acumulan taninos en gránulos. Las células de la subepidermis monoestratificada poseen paredes engrosadas impregnadas con lignina y cutina o suberina. El grosor de la capa de células en empalizada varía desde 1 a 4 estratos celulares con una línea clara muy visible cerca de la orilla externa de esta capa la línea

clara es difícil de distinguir en secciones teñidas. Las células parenquimatosas han sido digeridas y una banda de células aplastadas separa al endospermo de esclerénquima de la testa. Se menciona que las células del endospermo poseen aceite pero no almidón.

La región basal del óvulo es distinta del resto de la semilla. Al tiempo de la fertilización, es una región plana. El micrópilo está usualmente mas cerca del lado dorsal de la semilla que el funículo. A la madurez de la semilla la región entre el funículo y el micrópilo posee una epidermis múltiple. Esta región es el cojincillo; también las regiones alrededor del micrópilo y adyacente al funículo sufren ligeras modificaciones en la epidermis (Sripleng y Smith, 1960).

Jos (1962) estudia la estructura y el desarrollo del género Spomoea: S. pestigridis y S. reptans, esta última hidrófita. El ovario es tri o tetra locular y cada lóculo contiene 2 óvulos anátropos de placentación axilar, tenuinucelados y unitégmicos con nucela efímera. El desarrollo del gametofito es del tipo "Polygonum" y es interesante que el saco embrionario durante el desarrollo de la semilla viene a ser bilobado. Hay formación de un obturador de la placenta. El desarrollo del embrión es del tipo Cariphyloide, variación fumaria. Se forma un suspensor masivo. La cubierta de la semilla consta de una epidermis, la subepidermis y de 2 a 3 capas de células esclerenquimatosas en empalizada. En S. pestigridis se reporta poli embrionía.

Jos (1963) realiza investigaciones sobre la estructura de las semillas de dos especies del género Ipomoea: I. pestigridis Linn e I. aquatica Forsky las compara con otros géneros de la misma familia, se basa principalmente en la embriogénesis de I. pest-tigridis.

En ambas especies el ovario es tri tetralocular con uno o dos óvulos por lóculo. Los óvulos con placentación axilar son tenuinucelados y unitégmicos con nucela efímera. Los

óvulos poseen un funículo corto por el cual penetra el haz vascular que sube hasta la región chalazal y baja por el lado opuesto casi hasta el micrópilo.

No fueron observadas células parietales. El saco embrionario es monospórico estrecho y recto. En la etapa globular del embrión el saco embrionario viene a ser profundamente bilobado en la región chalazar y mas estrecho en el extremo micropilar. Las células de la placenta, justo alrededor del funículo empieza a dividirse y llenan el espacio entre la pared carpelar y la región micropilar del óvulo obturando el micrópilo. El obturador no se forma en óvulos jóvenes. La testa está constituida por 3 capas: la epidermis, subepidermis y la capa de células esclerenquimatosas en empalizada con dos o tres estratos y el parénquima.

Misra (1963) realiza estudios sobre la germinación de la semilla de Ipomoea crassicaulis y describe someramente la anatomía de la semilla madura. Menciona a las semillas cubiertas con tricomas café de 3 a 6 mm que se desarrollan de la epidermis. También hace mención al óvulo como bitégimo y habla de testa y tegmen en la semilla madura. Dermarderosian, Hauke, y Youngken (1964) hicieron una breve descripción de las características macromorfológicas de las semillas de Ipomoea violacea y Rivea corymbosa y de algunas otras especies de Ipomoea. Tomaron en cuenta parámetros como la longitud de las semillas, peso, color, forma, superficie ventral, superficie dorsal y textura de la testa. El estudio viene ilustrado con las fotografías de las semillas de las especies estudiadas.

Kaur (1969) describe el desarrollo del óvulo, el gametofito femenino, el embrión, el endospermo y la estructura de la cubierta de la semilla de Ipomoea obscura. Los óvulos son anátropos crasinucelados con la presencia de un tejido parietal; un obturador se desarrolla desde la placenta. El saco embrionario del tipo Polygonum es recto, largo y estrecho. El desarrollo del endospermo es el tipo nuclear al principio. Se forma el embrión y un suspensor masivo con prolongaciones digitiformes que penetran en el endospermo.

El tegumento al momento de la antesis consta de una capa con 15 a 10 estratos parenquimatosos o siendo el dermatógeno y la hipodermis diferente del resto. Las células epidérmicas se transforman en tricomas, la hipodermis sufre divisiones periclinales originando la subepidermis y la capa de esclerénquima en empalizada con 2 o 3 estratos celulares.

Gunn (1969) estudia la forma del hilo en 20 especies de convolvuláceas consideradas como malezas en los Estados Unidos de Norteamérica. Define 2 tipos: Hilo tipo Ipomoea: grande, casi circular en su contorno, emarginado en su base y usualmente rodeado por un lomo. Hilo tipo Convolvulus: pequeño, mas ancho que largo no emarginado y no rodeado por un lomo. En sus esquemas señala como el hilo al cojincillo y también a este mismo como área hilar. (Sección II.6).

Kaur y Singh (1970) trabajan con Ipomoea sinuta, Ortez, Ipomoea purpurea Roth, Ipomoea carnea Jacq. y estudian el desarrollo de las semillas. El ovario en las 3 especies es bilocular y cada lóculo posee 2 óvulos. En I. purpurea se han observado ovarios con 3 lóculos y 2 óvulos en cada uno. Los óvulos son unitégmicos y crasinucelados. Un obturador está presente. En la región hipodérmica de la nucela, se diferencia una célula arquesporial.

El saco embrionario es recto, largo y estrecho. La nucela es totalmente consumida cuando el saco embrionario está completamente formado.

El desarrollo del endospermo es del tipo nuclear. Reportan la presencia de nódulos citoplásmicos enucleados en el endospermo de I. purpurea, en la etapa de proembrión globular. En I. sinuta se observa poliembriónia. La embriogénesis en las 3 especies es del tipo Cariphyllad variación Fumaria.

El tegumento de un óvulo maduro consta de 20 a 25 estratos celulares de los cuales la epidermis y la hipodermis se diferencian del resto. La testa de la semilla madura consta de la epidermis que en I. purpurea e I. carnea se diferencia en tricomas pero en I. sinuta no. La subepidermis y la capa de esclerenquima en empalizada.

El estudio realizado por Govil (1971) incluyó el desarrollo de la testa de Ipomoea purpurea Roth y de Rivea hypocrateriformis Choisy y la estructura de la testa de 11 especies pertenecientes a 4 géneros distintos. Breweria cordata Blume, Ipomoea obscura Ker-Gawl, I. carica (Linn) Sweet, I. sepiaria Koenig, I. indica Stapf., I. vitifolia Sweet, I. purpurea Roth, I. quamoclit Linn, Merremia emarginata Hallier y Rivea hypocrateriformis Choisy. Para su estudio separaron en 3 regiones distintas a la testa de la semilla: región uno, casi toda la testa, región 2, área comprendida entre el funículo y el micrópilo (cojincillo) y región 3, área comprendida entre el funículo y la región chalazal. La aportación más importante de este trabajo está en la detallada descripción del desarrollo del cojincillo en Rivea hypocrateriformis. La epidermis monoestratificada de esta región se divide y produce una epidermis múltiple formada por 4 ó 5 estratos de células parenquimatosas. El estrato celular más interno se convierte en un esclerénquima en empalizada. Las células subepidérmicas se alargan y se convierten en una segunda capa de células en empalizada. De esta manera el cojincillo queda constituido por la epidermis y la subepidermis. El autor terminó el trabajo con las siguientes observaciones generales: La epidermis en todas las especies estudiadas es monoestratificada (excepto en la región del cojincillo) y se puede o no diferenciar en tricomas. La capa subepidérmica se encuentra en todas las especies estudiadas y es monoestratificada. El cojincillo está presente en todas las semillas estudiadas. El número de estrato celulares de la capa de esclerénquima en empalizada es variable según la especie trabajada.

Vij y Sharma (1980) investigaron la embriología de Convolvulus arvensis y Convolvulus pluricaulis. Establecieron que posee ovario súpero sincárpico, bicarpelar y 2 óvulos por lóculo es una característica universal para el género Convolvulus. El primordio ovular aparece como una pequeña protuberancia, hay una sola célula arquesporrial que se divide para formar una célula parietal y una célula madre de la megaspo-

pora, esta última sufre meiosis para formar 4 células haploides, 3 de las cuales degeneran y es la chalazal la que persiste. Esta célula se divide por mitosis 3 veces para producir un saco embrionario monospórico, octanucleado del tipo polygonum. La entrada del tubo del polen es porógamo. El desarrollo del endospermo se inicia antes de que el cigoto se divida, es de tipo nuclear. La primera división del cigoto es transversal, produciendo una célula apical que dará origen al cuerpo del embrión y una célula basal que dará origen al suspensor.

González, Parisca y Agostini (1981) investigaron la estructura de semillas y plántulas de Ipomoea alba, I. cairica, I. mirandina, I. purpurea, I. sp. y Merremia umbellata. Estos autores describieron los frutos, la morfología externa e interna de las semillas, la germinación de las semillas y las plántulas. Realizaron cuadros comparativos con los caracteres estudiados con los cuales agrupan o separan los diversos taxa. Discuten, al finalizar el trabajo, las implicaciones taxonómicas y evolutivas de sus hallazgos.

Márquez-Guzmán y Laguna-Hernández (1982) publicaron un trabajo sobre la anatomía y germinación de Turbina corymbosa. Es el primer trabajo sobre estructura de la semilla de este género que se publica. En él se describe la morfología externa de la semilla, su anatomía y algunos aspectos de la germinación. Se utiliza el microscopio electrónico de barrido para la morfología externa. Se describe en detalle la estructura de la testa de la semilla madura deshidratada.

Rojas-Pérez (1982) realizó el estudio anatómico y citológico de la semilla madura y deshidratada de Ipomoea tyrianthina. En él describe con detalle la estructura de la testa y el embrión. En los cotiledones menciona la presencia de estructuras que podrían corresponder a canales laticíferos. Realizó también estudios histoquímicos para la detección de lípidos, azúcares y proteínas.

Murcio (1983), estudió la semilla madura de Ipomoea triloba, este trabajo presentó muchas dificultades por la extraordinaria dureza de la testa. En él describió la estructura de la testa y del embrión, realizó pruebas histoquímicas para la detección de lípidos, azúcares y proteínas; estudió algunos aspectos de la germinación de las semillas y del establecimiento de la plántula.

Laguna-Hernández, Márquez Guzmán y Engleman (1984) publicaron un trabajo sobre la ultraestructura de las células de aleurona del endospermo de Turbina corymbosa. Fueron probadas dos técnicas de postfijación con y sin extracción previa de lípidos. Los autores describieron a las células de aleurona como la forma irregular con muchos esferosomas, cuerpos proteicos, núcleos de forma irregular con cromatina uniformemente distribuida y grandes y compactos nucleolos. La envoltura nuclear se presentó inconspicua y ribosomas y mitocondrias con escasas crestas fueron muy abundantes.

Kobuko, Murata y Endo (1982) hicieron algunas observaciones sobre la fertilización y la embriogénesis del camote, Ipomoea batatas. Mediante una secuencia de excelentes fotomicrografías siguen los procesos de fertilización y embriogénesis. Cada etapa del proceso está relacionada con el tiempo aproximado en el cual sucede. El gran mérito de este trabajo consiste en presentar fotografías de todo el proceso que está describiendo.

Ponce (1986) trabajó con la semilla de Ipomoea crinita siguiendo el desarrollo de la testa desde la antesis hasta la madurez. Realizó el estudio estructural y al mismo tiempo el estudio histoquímico. Relacionó la estructura de la testa con la impermeabilidad de la misma al agua. Aplicó aparte de las tradicionales pruebas para detectar azúcares, lípidos y proteínas otras más para la detección del lignina, celulosa, polisacáridos insolubles, y taniños. Idéntico trabajo pero con la semilla de Ipomoea tyrianthina fue realizado por Andrade (1986).

III.6 Desarrollo y estructura del cojincillo (Pad) y su relación con el hilio en semillas de la familia Convolvulaceae.

Según mi criterio, el carácter más conspicuo de las semillas de la familia Convolvulaceae es la presencia del cojincillo, zona ligeramente hundida circundada por el hilio (si aceptamos que el hilio es un surco en forma curva más o menos cerrada, de acuerdo a la especie de que se trate, y que puede o no estar rodeado por un borde). El cojincillo se localiza casi en el extremo basal de la semilla y en la cara ventral. Su origen y estructura han sido motivo de polémica entre los estudiosos del tema.

Al respecto Srepleng y Smith (1960) realizaron un estudio minucioso de esta región en Convolvulus arvensis. Al inicio mencionan que el cojincillo ha sido erróneamente nombrado como un área de cicatrización, un cojincillo micropilar o aún como el hilio. Señalaron que se caracteriza por una epidermis múltiple y no debe ser confundido con una área de cicatrización o un tapón micropilar. Además informaron que el desarrollo de los tejidos subepidérmicos del cojincillo siguen la misma secuencia que en el resto de la semilla, es decir, la subepidermis y el esclerénquima en empalizada.

Jos (1963) no menciona la palabra cojincillo (Pad) ni hilio. De la región micropilar dice que la epidermis se divide para formar 4 ó 5 estratos de células parenquimatosas y que la hipodermis origina 2 capas de células.

La primera capa sufre una división periclinal formando 2 estratos celulares cuyas células se alargan y forman una empalizada. La segunda capa sufre más divisiones periclinales así que forma un esclerénquima en empalizada normal* con 3 ó más estratos. Esto implica que es la capa externa de la hipodermis múltiple (o sea la subepidermis) la que dará origen a la capa de esclerénquima en empalizada del cojincillo.

*El término "normal" se refiere al esclerénquima en empalizada, producto de la segunda capa de la hipodermis múltiple.

Dermaderosian, A.H., Hauke, R.L. y H.W. Youngken (1964) describieron las características macromorfológicas de las semillas de algunas Convolvuláceas psicotrópicas, entre estas a la semilla de Turbina corymbosa de la cual dicen que cerca del extremo de la semilla hay una depresión hilar circular la cual tiene tricomas en la periferia y en la depresión hilar misma. Es obvio que la depresión hilar es el cojincillo pero aparentemente la confunden con el hilio.

Gunn (1969) describió, ilustró y propuso una clave para 20 especies de Convolvulaceae arvenses correspondientes a 4 géneros tomando como carácter principal el tipo de hilio presente: Hilio tipo Ipomoea e hilio tipo Convolvulus. Al cojincillo le llama área hilar y en el esquema de la palabra hilum parte una línea que señala al cojincillo.

A pesar de esto, creo que Gunn tiene claro que el hilio es el surco y que el cojincillo o área hilar como él le llama es otra estructura diferente. Esto se desprende de la lectura del texto completo, principalmente de la introducción.

Govil (1971) habla del cojincillo (Pad) como una estructura presente en todas las especies por él estudiadas. Su estructura consiste de una epidermis múltiple (7 a 8 estratos) cuyo estrato más externo se diferencia en tricomas y la más interna es esclerénquima en empalizada. La capa subepidérmica puede a veces dividirse periclinalmente y alargar mucho sus células de tal manera que pueden confundirse con el esclerénquima normal en empalizada. No menciona a hilio.

González, Parisca y Agostini (1981) estudiaron, entre otros aspectos, la estructura de semillas de Ipomoea y Merremia y encontraron varios caracteres estructurales que tienen valor diagnóstico lo que ellos llamaron la forma de hilio y su ubicación en la semilla fue un carácter de poco valor. Concluyeron que para la especie de género Ipomoea por ellos estudiadas, el hilio es circular y para la especie del género Merremia es poco definido.

Aún con sus esquemas, no es posible saber con certeza a que le están llamando hilio. Por la terminología que utilizan se piensa que puede tratarse del cojincillo. Es de sorprender como una estructura que para estos autores no tiene un valor diagnóstico, para Gunn sea el carácter principal de su clave.

Weaver y Riley (1982) estudiaron la biología de Convolvulus arvensis. Cuando hablan de la germinación, (Rolston, 1978) dicen que la fisura del hilio está involucrada como una válvula en la deshidratación de la semilla. Mencionan que el hilio consiste de una doble capa de macroesclereidas en empalizada. Como puede verse de los resultados de Sripleng y Smith (1960), Govil (1971) y de este trabajo es precisamente el cojincillo (al que ni siquiera mencionan cuando describen la morfología externa de la semilla) el que posee esta estructura y no el hilio.

Es claro que para poder entender la estructura y la relación entre el cojincillo y el hilio es necesario estudiar el desarrollo de la semilla, si no es así es muy fácil confundirse y proponer terminología inadecuada.

IV. MATERIALES Y METODOS

IV. 1 Procedencia del material vegetal utilizado.

Las semillas se colectaron en las localidades de Cobá, Quintana Roo y San Carlos Yautepec, Oaxaca.

Algunos estudios preliminares se realizaron con material de Cobá que fue colectado por el Dr. Alfredo Barrera en el año de 1966 y del cual no existen ejemplar de herbario. Estos estudios no forman parte de la tesis. En 1979 algunas de estas semillas fueron sembradas en Nepantla, Estado de México, con el fin de tener plantas en un lugar cercano.

En 1979 se colectaron semillas de Turbina corymbosa en San Carlos Yautepec. Con este material se comenzaron a realizar los primeros estudios anatómicos e histoquímicos de la semilla madura deshidratada.

Fue hasta 1983 que las plantas sembradas en Nepantla florecieron y produjeron semillas viables. Con este material se realizaron los estudios anatómicos del desarrollo, la parte histoquímica y todas las pruebas de germinación y establecimiento de la plántula.

Las semillas obtenidas directamente de las plantas sembradas en Nepantla son idénticas en su color, morfología y composición química de glucósidos y agluconas a las semillas de Cobá. Las semillas de San Carlos Yautepec, son ligeramente mas grandes, mas oscuras, además provienen con mayor frecuencia de frutos con 2 y 3 semillas. Sin embargo su perfil químico es igual a las de Cobá y Nepantla. Ejemplares de herbario se encuentran depositadas en el herbario de la Facultad de Ciencias UNAM (FCME).

Cobá se localiza en la Península de Yucatán, al suroeste de Cancún, a los 87°30' de longitud Oeste y a los 20°30' de latitud norte. San Carlos Yautepec se encuentra en un punto intermedio entre la ciudad de Oaxaca y Salina Cruz a los 98°50' de longitud oeste y a los 18°58' de latitud norte. Nepantla se localiza a los 96°5' de longitud oeste y a los 16°30' de latitud norte. Se encuentra a 3 km del límite del Estado de Morelos.

IV.2 Obtención y procesamiento del material vegetal.

El material vegetal utilizado en los estudios del desarrollo fue colectado entre los meses de junio a febrero en Nepantla, Estado de México. Las semillas maduras deshidratadas para los estudios anatómicos y de morfología externa, en San Carlos Yautepec.

Botones florales, flores en antesis, frutos y semillas en diversas etapas del desarrollo fueron obtenidos de la siguiente manera: los botones florales se seleccionaron por tamaños, desde los más pequeños de 2 mm de longitud hasta los más grandes a punto de abrirse de 1.5 cm.

Para poder tener la cronología del desarrollo de la semilla, las flores en antesis fueron marcadas con hilos de colores y cada 24 horas los primeros 15 días y posteriormente cada 8 días se tomaron muestras de las mismas.

Para las pruebas de germinación se tomaron exclusivamente semillas contenidas en los frutos que hubieran caído de la planta.

Todo el material utilizado fue fijado en el mismo sitio de colecta:

a) Material vegetal para estudios anatómicos

a.1 Para inclusión en parafina.

Las muestras fueron fijadas en FAA, deshidratadas en alcoholes graduales e incluidas en parafina de acuerdo a la técnica de Johansen (1940). Los cortes de 10 al 12 μ m de grosor se realizaron en un micrótomo rotatorio. Parte de este material fue teñido con safranina y verde rápido, la otra parte se utilizó para realizar las pruebas histoquímicas.

a.2 Para inclusión en resina de Epón.

Las muestras fueron fijadas con glutaraldehído al 3% + para-formaldehído al 1.5% en amortiguador de collidina 0.05 M pH 7.2 con sacarosa 0.06 M. Se lavaron en el mismo amortiguador, se deshidrataron

en series graduales de acetona y se incluyeron en Epon 812. Los cortes de 1 a 2 μm se realizaron en un ultramicrotomo con cuchillas de vidrio y se tiñeron con azul de toluidina.

- a.3 Para inclusión en resina de JB-4. Las muestras fueron fijadas en FAA y lavadas en agua corriente. Se deshidrataron en acetona gradual y se impregnaron en la resina JB₄. Se polimerizó a temperatura ambiente o 45°C en ausencia de oxígeno. Los cortes fueron teñidos con azul de toluidina, safranina y hematoxilina.

b) Material vegetal para estudios de morfología externa al microscopio electrónico de barrido (MEB). Las observaciones se hicieron en un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JMS 35.

- b.1 El material hidratado. Se fijó en glutaraldehído al 1.5% en amortiguador de s-collidina 0.05 M pH 7.2; se lavó en el mismo y se deshidrató en acetona graduales hasta el 100%. Se desecó a punto crítico y se pegó con un adhesivo de plata al portamuestras. Para su observación al MEB se cubrió con oro.

- b.2 El material ya deshidratado se pegó directamente con adhesivo de plata al portamuestras y se cubrió con oro para su observación.

c) Material vegetal para estudios de germinación y establecimiento de la plántula.

Las pruebas de germinación fueron realizadas con semillas maduras deshidratadas, seleccionadas al azar.

Tres grupos de 100 semillas cada uno de la cosecha 1984 se escarificaron con una lija manualmente por la región apical. Otros 3 grupos de 100 semillas de la misma cosecha permanecieron intactas. Lo mismo se repitió para las cosechas 1985 y 1986.

Se colocaron 4 círculos de papel filtro en el fondo de las cajas de Petri de 12 cm de diámetro, se humedecieron con agua de la llave y se colocaron las 100 semillas en círculos concéntricos después se cubrieron con otra capa de 4 círculos de papel filtro húmedo. Las cajas se sellaron con papel adhesivo para impedir la evaporación y se colocaron en una estufa a temperatura constante de 26°C y en la obscuridad.

Se observó el contenido de las cajas cada 48 horas. Las semillas germinadas fueron retiradas. Las observaciones se prolongaron durante 2 meses-reemplazando, cuando fue necesario, la humedad de las cajas.

A las 100 semillas contenidas en una caja de cada grupo y que habían permanecido durante 2 meses sin germinar, se les practicó la prueba del tetrazolio para conocer su viabilidad. De las semillas germinadas se escogieron algunas para sembrar en vasos espuma de polietileno, conteniendo cantidades iguales de tierra de hoja y tierra negra esterilizadas, compradas comercialmente. Las plántulas crecieron en condiciones de laboratorio.

IV.3 Técnicas histoquímicas

Las siguientes pruebas histoquímicas fueron aplicadas sobre cortes frescos y/o fijado e incluidos en parafina.

- a) Floroglucina-ácido clorhídrico. Tiñe lignina de color rojo-violáceo.

Los cortes se desparafinaron y después de hidratarlos se les aplicaron unas gotas de floroglucina disuelta en etanol al 95%, inmediatamente se colocaron unas gotas de ácido clorhídrico diluido sobre los cortes. Se observaron después de 15 a 30 minutos. (Johansen 1940). También se realizó la prueba en cortes de mano (cortes de semilla madura hidratada) para seguir el trayecto del haz vascular de la testa.

- b) Cloroyoduro de zinc. La celulosa y algunas hemicelulosas se tiñen de azul. La lignina, cutina y suberina de amarillo o anaranjado.

Después de desparafinados los cortes se hidrataron y se les aplicó el cloroyoduro de zin que es una solución compuesta por yoduro de potasio, yodo y cloruro de zinc. (Rowlins y Takahashy, 1952 en Jensen, 1962).

- c) Reactivo de Lugol. Tiñe de azul o morado intenso el almidón.

Los cortes desparafinados fueron hidratados y encima se les colocaron unas gotas de una solución de yodo y yoduro de potasio. Esta prueba también se hizo en cortes frescos (Johansen, 1940).

- d) Rojo O de aceite. Tiñe de color naranja cutícula y grasas. A los cortes desparafinados e hidratados se les colocó unas gotas de una solución saturada de Rojo O de aceite en 1-butanol más etilenglicol durante 25 a 30 minutos. Se les dió un paso rápido en alcohol al 60% y se lavaron con alcohol al 50% y después con agua destilada. Se montaron en jalea glicerizada. (E.M. Engleman, comunicación personal).

- e) Acido peryódico-Schiff (PAS). Tiñe de color rosa intenso los polisacáridos insolubles.

Después de desparafinar e hidratar los cortes se colocaron en una solución de ácido peryódico al 0.5% durante 30 minutos. Se lavó y se aplicó el reactivo de Schiff durante 15 minutos. Después de lavados los cortes en agua se colocaron en bisulfito de sodio al 2% por 2 minutos; se lavó en agua, se deshidrató y se montó en resina. El almidón y las paredes reaccionan fuertemente a esta prueba. Los pasos en donde al agua interviene pueden ser sustituidos por alcohol al 50% para evitar pérdida de material hidrosoluble. (E.M. Engleman, comunicación personal).

f) Azul mercúrico de bromofenol. Tiñe las proteínas de azul.

g) Pruebas para detectar taninos.

g.1 Prueba de la vainillina-ácido clorhídrico específica para catequinas y leucoantocianinas, incluyendo taninos condensados.

Esta prueba se aplicó sobre cortes frescos colocando unas gotas de vainillina saturada en etanol y después de 3 a 4 minutos, unas gotas de ácido clorhídrico concentrado. Si la prueba es positiva aparece la coloración rojo brillante. (Gardner, 1975 citado en Suárez, 1981).

g.2 Prueba ferrosa. La coloración gris indica la presencia de fenoles y taninos. Esta prueba se realizó con sulfato ferroso en formalina. Los cortes permanecieron 24 horas en la solución, después fueron deshidratados e incluidos en parafina. También se hizo la prueba sobre cortes frescos agregándoles el reactivo directamente. (Johansen, 1940).

g.3 Permanganato de Potasio. Tiñe de color café oscuro taninos, carbohidratos y otros compuestos susceptibles a la oxidación.

Cortes desparafinados e hidratados fueron colocados en $KMNO_4$ al 1% en agua durante 24 horas. Se lavaron con agua destilada, se deshidrataron y montaron en resina. (E.M. Engleman, comunicación personal).

g.4 Cloruro férrico. La coloración pardo rojiza indica que la reacción es positiva para taninos.

IV.4 Pruebas de germinación y viabilidad

Se realizaron varias pruebas para conocer el porcentaje de germinación de semillas correspondientes a cosechas de 3 diferentes años: 1984, 1985 y 1986.

Dos muestras de cada grupo conteniendo 100 semillas cada una fueron colocadas en cajas de petri de 12 cm de diámetro con papel filtro húmedo, en la obscuridad y a temperatura constante de 26°C. Una muestra (a) correspondió a semillas escarificadas; la otra muestra (b) correspondió a semillas sin escarificar. Se realizaron 3 repeticiones por grupos. Las cajas se revisaron cada 48 horas durante 2 meses, agregándoles agua para mantener la humedad del papel y retirando las semillas que hubieran germinado.

La prueba del tetrazolio se realizó en mitades de semillas hidratadas y colocadas durante una hora en una solución al 1% de tetrazolio en agua destilada y a 26°C.

V. RESULTADOS

V.1 Morfología Externa

a) Flor.

Turbina corymbosa es una enredadera leñosa perennifolia de inflorescencias en cimas multifloras de flores diurnas. Cáliz dialisépalo, coriáceo, ligeramente acrescente, persistente, con sépalos desiguales que en la antesis miden, los externos, 6-7 mm y los internos, 10-13 mm.

Aproximadamente 8 días después de la antesis, la corola y el estigma se desprenden y el cáliz cubre completamente al gineceo excepto por el ápice del estilo. En esta etapa los sépalos son verdes y blandos. Conforme avanza el desarrollo los sépalos se vuelven coriáceos y de color café oscuro. Cuando el fruto está seco y la semilla lista para la dispersión, los sépalos se han abierto como alas dejando al descubierto la cápsula (Fig. 1). El fruto es dispersado llevando el cáliz consigo. El ovario es bicarpelar, bilocular con 2 óvulos anátropos en cada lóculo.

b) Fruto.

En la etapa de antesis, el gineceo, enclavado en el centro de las estructuras florales, es de color verde muy claro y mide aproximadamente 14 mm siendo la longitud del ovario de 4 mm.

Entre los 60 y 70 días de desarrollo el fruto alcanza su máximo tamaño y comienza a tomar una coloración café. 120 días después de la antesis, el fruto se encuentra maduro y deshidratado. En esta etapa del desarrollo es de color café oscuro, ovoide-oblongo, indehiscente y quebradizo, aproximadamente de 1.0 cm. de longitud. Generalmente existe una sola semilla por fruto pero se pueden encontrar dos o tres semillas (Fig. 2).

c) Semilla.

La semilla de T. corymbosa es dura, ligeramente ovoide. Su tamaño promedio es de 0.52 cm de largo por 0.32 cm de ancho. Su color pardo corresponde al E6 de la tabla de colores Metheun Handbook of colour (1978). Su aspecto aterciopelado se debe a la presencia de finos tricomas que recubren la superficie (Fig. 3).

El detalle morfológico más conspicuo de la semilla se localiza en la región basal. Es una estructura redonda, parcialmente bordeada por un surco (el hilio) y de un color ligeramente más claro que el resto (Fig. 4).

La semilla recién cosechada tiene una consistencia dura, sin olor y con sabor amargo. Al colocarla en medio húmedo, no sufre ningún cambio en su volumen puesto que la testa es impermeable al agua, pero, al escarificarla mecánicamente, se hincha y aumenta mucho su volumen inicial.

Los tricomas que la recubren son sumamente frágiles y fácilmente se desprenden. Al microscopio electrónico de barrido se observan aplanados desde su base y terminados en punta. No todos los tricomas de la semilla son iguales. Los que bordean al cojincillo son más pequeños que el resto. Cuando la semilla se hidrata, los tricomas adoptan una forma cilíndrica y erecta (Fig. 5).

V.2 Anatomía del óvulo

El ovario de Turbina corymbosa es bicarpelar y bilocular, presentando dos óvulos por lóculo con placentación axial (Fig. 6). Los óvulos se levantan como una protuberancia (Fig. 7). El tegumento surge muy cercano a la base de éste órgano. La célula arqueporial se divide para formar una célula parietal y una célula madre de la megaspora (Fig. 8).

En una etapa muy temprana del desarrollo, el óvulo empieza a curvarse. El tegumento pronto lo rodea y los óvulos alcanzan su posición anátropa (Fig. 9).

En la antesis el óvulo es alargado y continúa anátropo. El tegumento es masivo y delimita un micrópilo largo y curvo. El saco embrionario es recto, largo y delgado. (Fig. 10 y 11).

El haz vascular penetra por el funículo corre por la rafe hasta la calaza y baja en la antirrafe hasta la región micropilar (Fig. 12).

El protodermo que recubre el óvulo es unistratificado en toda la superficie, excepto en la región micropilar, donde en esta etapa presenta algunas divisiones periclinales. (Fig. 13).

También en la etapa de antesis se observa un obturador que es formado por proliferación y diferenciación de las células del funículo y/o de la placenta (Figs. 14 y 15).

La ovocélula es grande de núcleo conspicuo, con inclusiones densas en su citoplasma y colocada en el tercio micropilar del saco embrionario (Figs. 16 y 17).

Las antípodas fueron observadas en etapas más tempranas, pero en la antesis ya han desaparecido.

Después de la fecundación las sinérgidas degeneran y forman una estructura en forma de tapón denso en la región micropilar del óvulo (Fig. 18 y 19).

V.3 Anatomía de la testa durante el desarrollo (excepto en la región micropilar).

El tegumento único, sufre modificaciones que lo convertirán en la testa de la semilla madura. En la etapa de botón floral (10 a 15 días antes de la antesis) el óvulo posee un tegumento formado por 15 a 18 estratos de células grandes de núcleos conspicuos y abundante material de reserva. El primer estrato celular, la protodermis externa, ya se encuentra diferenciado con células ligeramente más grandes y uniformes en tamaño que el resto de las capas. De ahora en adelante se va a mantener como un solo estrato, sin divisiones periclinales (Fig. 20 a y b). En la antesis ya se notan 2 estratos celular-

res bien diferenciados, la protodermis y la hipodermis ambos unistratificados (Fig. 21).

La hipodermis comienza a dividirse periclinalmente (Fig. 22) y forma dos estratos celulares. Las células de la protodermis se agrandan y comienzan a extenderse como tricomas (Fig. 23).

Las células epidérmicas ya se han diferenciado en tricomas y su contenido celular empieza a degradarse. Las células del primer estrato de la hipodermis pluriestratificada comienza a alargarse en sentido perpendicular a la superficie. El segundo estrato comienza a dividirse periclinalmente, a medida que sus células crecen, también se alargan perpendicularmente a la superficie (Fig. 24).

El primer estrato de la hipodermis múltiple se va a diferenciar en la capa subepidérmica de la semilla madura, las células del segundo estrato comienzan a alargarse (Fig. 25). Luego, cuando la epidermis ha perdido su contenido celular, las células de la subepidermis se han alargado bastante y el segundo estrato de la hipodermis múltiple se ha dividido periclinalmente. Estas células se van a diferenciar conjuntamente en la capa de esclerénquima en empalizada (Fig. 26).

Así, tanto la epidermis como la subepidermis quedan unistratificadas en la semilla madura. Las células de la subepidermis han sufrido una gran diferenciación: sus paredes son sumamente engrosadas principalmente en la superficie interna del estrato, su contenido celular se ha degradado (Fig. 27).

La siguiente capa, el esclerénquima en empalizada, contiene 2 a 3 células en cada hilera radial, pero esas no se ubican en estratos tangenciales bien definidos. En las células externas aparece la "línea clara", no observada en etapas anteriores. Estas células poseen paredes muy gruesas y su contenido celular desaparece aún antes que el de las células subepidérmicas (Fig. 28).

Abajo del esclerénquima se encuentra el parénquima, cuyas células empiezan a degradarse y contiene el tejido vascular. (Fig. 29). En la semilla madura deshidratada, el parénquima queda reducido a restos de paredes celulares (Fig. 30). Una cutícula separa la testa del endospermo. No se observó la ubicación precisa de esta cutícula cuando se formó. La región micropilar tiene un desarrollo distinto de tal manera que difiere en el número de estratos celulares de la epidermis y subepidermis. También la región apical en la semilla madura posee un número mayor (de 4 a 5) de estratos celulares en la capa de esclerénquima en empalizada.

V.4 Anatomía de la región micropilar: Formación del cojincillo.

Las características de la región micropilar de la semilla (región basal con respecto a la posición de la semilla dentro del fruto) serán descritas por zonas de acuerdo a su posición con respecto al hilio (surco en forma de herradura): Área del cojincillo entre el micrópilo y el hilio y área circundante al hilio.

Área (cojincillo) entre el micrópilo y el hilio: En la antesis el óvulo ya muestra dos o más estratos celulares (Fig. 31). Después la protodermis sufre de 3 a 4 divisiones periclinales más produciendo una epidermis múltiple formada por células isodiamétricas. Además la hipodermis se divide periclinalmente para formar 2 estratos celulares, el externo es la subepidermis y el interno llega a ser el esclerénquima en empalizada (normal o sea el que corresponde con la misma capa del resto de la semilla)(Figs. 32 y 33).

Solamente algunas de las células del primer estrato de la epidermis múltiple se transforman en tricomas, los cuáles son más cortos y frágiles que los del resto de la testa. Las células que forman el último estrato celular adyacente a la capa subepidérmica se alargan y luego forman el otro esclerénquima en empalizada, éste, producto de la epidermis múltiple.

Hay que recalcar el hecho de que éste esclerénquima en empalizada es producto de la epidermis múltiple.

Las células subepidérmicas sufren una o 2 divisiones periclinales para producir una capa con 3 ó 4 estratos celulares. La capa de esclerénquima en empalizada normal muestra el mismo desarrollo y condición final que el resto de la testa (Fig. 34).

En la semilla madura deshidratada, la superficie del cojincillo consta de 3 ó 4 estratos de células rectangulares arregladas de forma muy compacta. Abajo se encuentra el estrato especial de esclerénquima en empalizada. A continuación la subepidermis consta de 3 a 4 estratos de células muy pequeñas. Luego, hacia el interior se encuentra la capa normal de esclerénquima en empalizada con 4 ó 5 estratos. Esta capa corresponde con la capa de esclerénquima del resto de la semilla. Es más, se puede observar la línea clara en la misma posición que en el resto de la semilla (Fig. 35).

El cojincillo con respecto al resto de la testa tiene un patrón de desarrollo distinto estando formado por una epidermis y una subepidermis múltiples.

Area circundante al hilio: la primera capa en iniciar su diferenciación es la protodermis: sus células aumentan de tamaño. La hipodermis se divide periclinamente para formar dos estratos celulares con células isodiamétricas de núcleos grandes (Fig. 36). Cada célula protodérmica sufre una o dos divisiones periclinales para formar 2 ó 3, la más externa se diferencia en tricomas. Las células más externas de la hipodermis (adyacentes a la epidermis) son alargadas con núcleos voluminosos. Las siguientes células comienzan a alargarse y dividirse periclinamente.

El primer estrato celular de la hipodermis es la subepidermis formada por células alargadas cuyo eje es perpendicular a la superficie de la semilla. Las células de la capa adyacente a la subepidermis (hacia el interior de las semi-

llas) se vuelven a dividir periclinalmente formando un esclerénquima en empalizada con un número variable de estratos celulares que van desde uno solo muy cerca del hilio hasta 4 ó 5 conforme se apartan de él (Fig. 37).

En la semilla madura deshidratada esta zona está constituida por: una epidermis múltiple con 3 estratos de células muy grandes, el estrato más externo se diferencia en tricomas; una subepidermis unistratificada y una capa de esclerénquima en empalizada con número variable de estratos celulares, en el más externo se observa la línea clara. Tanto la subepidermis como el esclerénquima en empalizada se continúan con las capas correspondientes del resto de la testa de la semilla. En esta etapa todas las células de la testa han perdido su contenido celular. (Fig. 38).

El hilio

El hilio es un surco en forma de herradura que se forma como cicatriz al desprenderse la semilla del funículo. Bordea parcialmente al cojincillo y a su vez está circundado por un borde cuya estructura fue descrita en la sección V.4.

En cierta zona del hilio sobre la cara ventral de la región micropilar se localiza la entrada del haz vascular (Fig. 39 b y c). El hilio carece de tricomas (Fig. 39a). En un corte transmediano se puede observar la relación que guarda el hilio con respecto al cojincillo y al borde (Fig. 40).

V.5 Embriogénesis

a) Formación del suspensor

La primera división del cigoto es transversal. La célula micropilar sufre irregulares y repetidas divisiones para formar un suspensor masivo que al principio consta de células muy grandes con núcleos y nucléolos conspicuos; una gran vacuola ocupa la región central de la mayoría de las células (Fig. 41).

Conforme avanza el desarrollo, las células del suspensor se multiplican formando un tejido que comienza a avanzar e incrustarse dentro del tejido parenquimatoso del tegumento. En la zona de confluencias entre el suspensor y el tegumento se presenta muerte celular en este último y la aparición de una franja angosta, con hipertinción con la safranina, que separa ambos tejidos (Fig. 42).

En etapas tempranas del desarrollo el suspensor es más voluminoso y con células más grandes que las del cuerpo del embrión. Esta proporción va cambiando durante el desarrollo hasta que en la semilla madura el suspensor desaparece por completo (Fig. 43).

b) Formación del cuerpo del embrión.

De las 2 primeras células del proembrión, la calazal dará origen a todo el cuerpo del embrión. La primera división de esta célula es transversal, de las dos células formadas, la calazal, se vuelve a dividir transversalmente y la otra se divide longitudinalmente. Las divisiones prosiguen hasta que 19 días después de la antesis el cuerpo del embrión es un grupo esférico de células más pequeñas y más ricas en citoplas que las células del suspensor (Fig. 44). A los 38 días del embrión globular bien desarrollado se encuentra rodeado por el endospermo (Fig. 45).

A los 52 días ya se insinúa la forma acorazonada del embrión en semillas cortadas en plano mediano (Fig. 46) y a los 68 días ya muestra la forma de torpedo con los dos co tiledones (Fig. 47). A los 82 días ya se distinguen claramente el epicótilo y el hipocótilo; el suspensor es ahora mucho más pequeño que el cuerpo del embrión (Fig. 48).

A los 104 días el embrión ya está totalmente desarrollado y ocupa la mayor parte del volumen de la semilla. A los 120 días la semilla está completamente deshidratada y lista para su dispersión (Fig. 49). La única semilla que generalmente se produce por fruto, ocupa casi todo el espa-

cio y aún en el fruto maduro se pueden observar los restos de óvulos abortivos (Fig. 50).

V.6 Formación del Endospermo

Después de la fertilización, el núcleo primario del endospermo, producto de la triple fusión, comienza a sufrir mitosis y producir núcleos-libres en el citoplasma. Esos núcleos se concentran primero muy cerca del cuerpo del embrión (etapa de 4 a 8 células). A medida que avanza el desarrollo, los núcleos se siguen dividiendo y se adosan a la pared del saco embrionario recubriéndola en dirección antipodal. En la etapa temprana del estado globular del embrión comienza la formación de las paredes celulares rodeando los núcleos libres del endospermo, esta formación comienza alrededor del embrión y de la periferia hacia el centro del saco embrionario. El suspensor se insinúa dentro del tejido tegumentario y el endospermo también lo hace. Cuando el embrión empieza a desarrollar los cotiledones, comienza la degradación del endospermo. Las primeras células en desaparecer son las que se encuentran alrededor del cuerpo del embrión, las células alrededor del suspensor desaparecen tardíamente;

La dirección de degradación del endospermo es del centro del saco embrionario hacia el tegumento. En la semilla madura casi todas las células del endospermo han sido digeridas con excepción de uno a tres estratos que permanecen vivos hasta las primeras etapas de la germinación de la semilla, estas células muestran núcleos y nucleolos conspicuos con gran cantidad de inclusiones citoplásmicas, esta capa recibe el nombre de capa de aleurona. Así pues, en la semilla madura deshidratada el endospermo está formado por una capa de células vivas y por los restos de paredes celulares (Figs. 51 y 52).

V.7 Histoquímica

Las pruebas histoquímicas mostraron que, en concor-

dancia con los cambios estructurales, también suceden cambios químicos. Estas pruebas cualitativas nos dan una idea de la abundancia y distribución de algunos compuestos químicos.

a) Detección de proteínas con el Reactivo de Bromofenol Mercúrico.

En las etapas muy jóvenes los núcleos de todas las células se tiñen intensamente. También, durante la antésis, el interior del saco embrionario presenta reacción positiva. Conforme avanza el desarrollo de la epidermis, subepidermis y el esclerénquima en empalizada van presentando reacción negativa al morir sus células. Es el parénquima de la testa el que presenta la reacción positiva más tiempo.

Las células del cuerpo del embrión presentan intensa reacción positiva a través de todo su desarrollo. El suspensor también; pero un poco menos intensa.

El endospermo desde su etapa ^{nuclear} hasta las células capa de aleurona de la semilla madura presentan reacción positiva.

En la semilla madura deshidratada solamente hay reacción positiva en el embrión y en el endospermo.

b) Detección de polisacáridos insolubles con la prueba del ácido peryódico - reactivo de Schiff (PAS).

En el óvulo en la etapa de antesis la región que muestra reacción positiva es la que rodea al saco embrionario y que puede corresponder a los restos de la paredes nucleares o a los estratos más internos del parénquima del tegumento. Conforme avanza el desarrollo de la testa y se diferencian sus distintas capas celulares, el esclerénquima en empalizada comienza a mostrar cada vez más reacción positiva. Hay una reacción positiva muy fuerte en la semilla madura deshidratada. No obstante el tercio externo de las células externas del esclerénquima en empalizada, no reacciona con el PAS. Igual situación ocurre en el cojincillo. El esclerénquima en

empalizada de la epidermis múltiple del cojincillo no reacciona con el PAS. El embrión y el endospermo en la semilla madura presentan una débil reacción positiva.

c) Detección del almidón con el ^{reactivo}-reactivo de Lugol. —

En la antesis, el óvulo muestra reacción azul a la solución de Lugol en la zona adyacente al saco embrionario, siendo mucho más intensa hacia la región micropilar.

Conforme avanza el desarrollo el parénquima del tegumento va acumulando grandes cantidades de almidón, especialmente junto al esclerénquima en empalizada (Fig. 53). En la semilla madura todavía hidratada, aún quedan algunos gránulos de almidón en el parénquima, mismos que se desaparecen en la semilla madura deshidratada.

Las células del endospermo presentan intenso color azul al Lugol, aproximadamente a partir de los 60 días de desarrollo. Aún en la semilla madura deshidratada se conserva la reacción positiva en las células de la capa de aleurona.

El embrión muestra color azul solamente en las últimas etapas de desarrollo y antes de la madurez y exclusivamente en los cotiledones. En la semilla madura deshidratada ya no hay almidón en ninguna región del embrión. No se observaron colores azules ni rojizos en paredes de ningún tejido.

d) Detección de lípidos por tinción con el rojo O de aceite.

El óvulo en la etapa de antesis se tiñe en las zonas calazal y micropilar que rodean al saco embrionario, externamente a la región con reacción positiva para almidón. Esta zona lipídica corresponde a las células más internas del parénquima del tegumento. También en el interior del saco embrionario hay reacción positiva. Una vez diferenciada la capa subepidérmica de la testa sus paredes se tiñen fuertemente y ninguna otra capa de la testa reacciona.

La cutícula que separa la testa del endospermo reacciona fuertemente en semilla madura, también en esta etapa reaccionan débilmente el embrión y las células de la capa de aleurona del endospermo.

En el cojincillo y en el área adyacente al hilio, la fuerte tinción de la subepidermis permite distinguir con claridad los límites de esta capa con la epidermis múltiple y su continuidad con el resto de la testa.

Es importante hacer notar que es la pared celular más que el protoplasma de las células subepidérmicas la que muestra la intensa reacción positiva y que esta reacción no es homogénea para toda la pared.

La parte media inferior de la pared, adyacente al esclerénquima, es la que presenta una fuerte reacción positiva siendo más débil en la mitad superior de la pared.

e) Detección de lignina por tinción con floroglucina y ácido clorhídrico.

El color rojo que indica reacción positiva para esta prueba se obtuvo exclusivamente en el haz vascular que penetra por la testa de la semilla.

f) Detección de celulosa, Reactivo de cloro-yoduro de zinc.

El color azul violeta que da la reacción positiva al aplicar este reactivo se obtuvo en el tejido de conducción del tubo polínico.

Durante la diferenciación de la testa, es el primer estrato del esclerénquima el que primero da la reacción positiva y conforme avanza el desarrollo se van tiñendo los otros estratos.

En la semilla madura la reacción positiva se presenta en los restos de las células parenquimatosas, la capa de aleurona del endospermo y todo el esclerénquima de la testa

con excepción del primer tercio del primer estrato del esclerénquima adyacente a la subepidermis.

La epidermis múltiple (incluyendo al estrato de esclerénquima en empalizada) del cojincillo y del área que circunda al hilio, no dan reacción positiva.

En el embrión no hay reacción.

g) Detección de Taninos

Para la detección de taninos se utilizaron diferentes reactivos: vainillina, sulfato ferroso, cloruro férrico y permanganato de potasio.

- g.1 Prueba de la vainillina. Los resultados fueron negativos con todas las estructuras y en todas las etapas del desarrollo.
- g.2 Prueba del sulfato ferroso. Resultados sólo en semillas maduras pero inespecíficas.
- g.3 Prueba del cloruro férrico. En la semilla madura deshidratada, débilmente positiva en la epidermis y fuertemente positiva en el primer estrato celular del esclerénquima en empalizada por encima de la línea clara.
- g.4 Prueba del permanganato de potasio. En la semilla madura hay reacción positiva en el primer estrato del esclerénquima en empalizada por encima de la línea clara. Este resultado coincidió con el obtenido con cloruro férrico.

V.8 Germinación de la semilla

La semilla de Turbina corymbosa posee testa dura e impermeable al agua. En condiciones de laboratorio solamente germinan aquellas semillas que han sido escarificadas mecánicamente.

En la siguiente tabla se reúnen los resultados de las pruebas de germinación correspondientes a cosechas de 3 años diferentes:

Fecha de cosecha	% de germinación semillas escarificadas	semillas no escarificadas
Enero 1984	96%	0%
Enero 1985	94%	0%
Enero 1986	98%	0%

Todos los grupos conteniendo semillas escarificadas (a) entre \pm las 48 y las 96 horas tuvieron un alto porcentaje de germinación, las semillas sin escarificar (b) no germinaron.

Al concluir los dos meses que duró la prueba, las semillas de 2 de las repeticiones (b) que no habían germinado, fueron sacadas de las cajas de Petri, escarificadas y vueltas a colocar en la obscuridad y a 26°C. En un lapso de 4 días el 96% había germinado.

A las semillas correspondientes a la última repetición (b) de los 3 grupos, se les aplicó la prueba del tetrazolio, cuyo resultados en el 97% de todas ellas fue positivo.

Figura 1. Fruto maduro y deshidratado de Turbina corymbosa 120 días después de la antesis. Fruto (Ft). Sépalos (Sep.) Estilo (Est.)

Figura 2. Frutos maduros deshidratados de Turbina corymbosa conteniendo: a) 3 semillas; b) 2 semillas y c) una semilla. Fruto (Ft), Estilo (Est.)

FIGURA 1

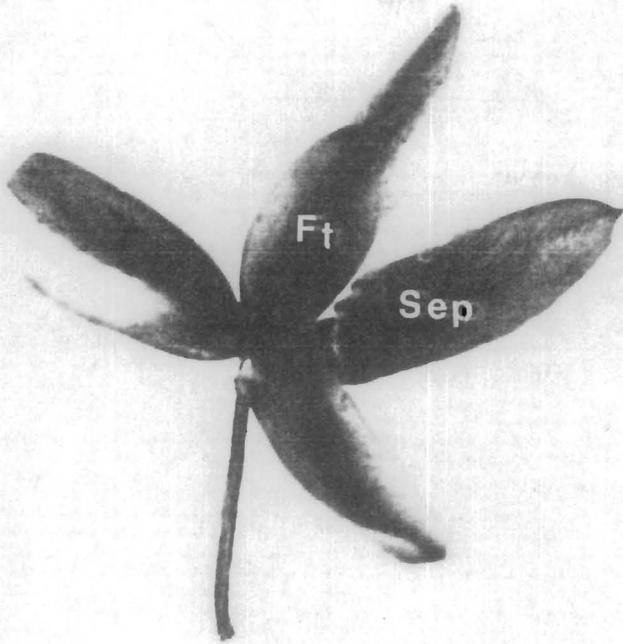
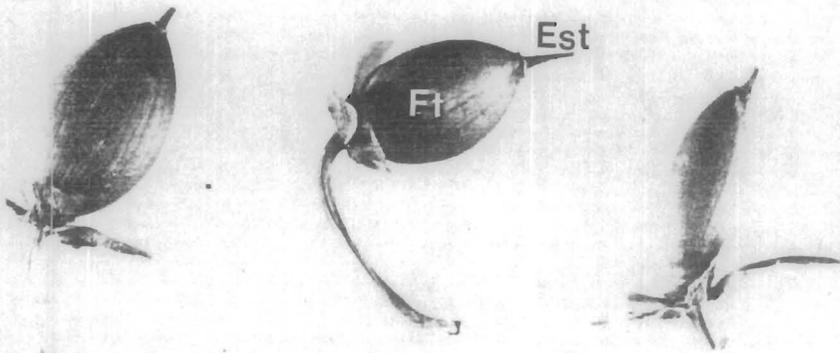


FIGURA 2



- 03

Figura 3. Semilla madura deshidratada M.E.B. 20X.

Figura 4. Región basal de la semilla madura deshidratada. M.E.B.
Cojincillo (Co) 50X.

Figura 5. Tricomas que recubren la superficie de la semilla. M.E.B.
X. Tricomas (Tr).

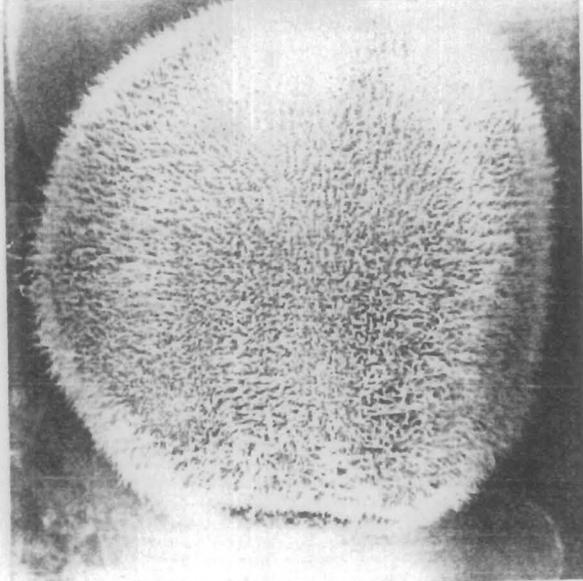


FIGURA 3

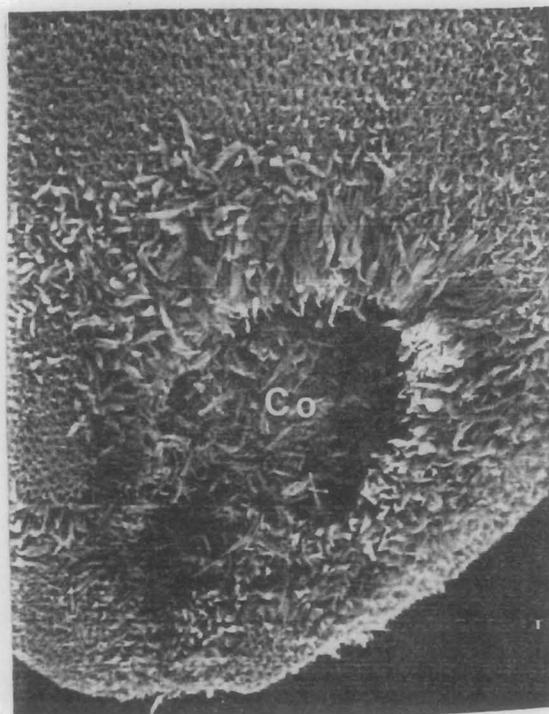


FIGURA 4

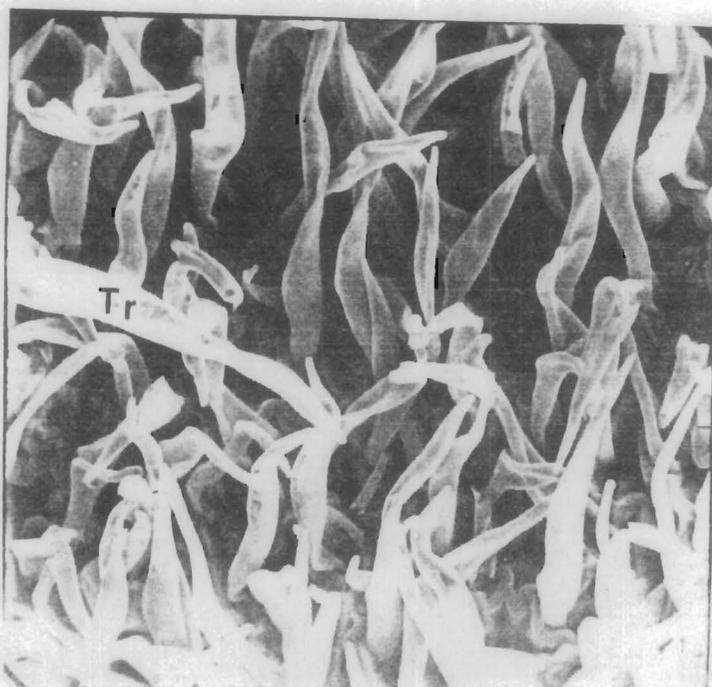


FIGURA 5

Figura 6. Corte transversal de ovario. Ovulo (Ov). Placenta (Pc).
Pared del ovario (Po). 25.2X. Campo claro.

Figura 7. Primordio del óvulo. Nucela (Nu). Tegumento (Te).
160X. Contraste de fases.

FIGURA 6

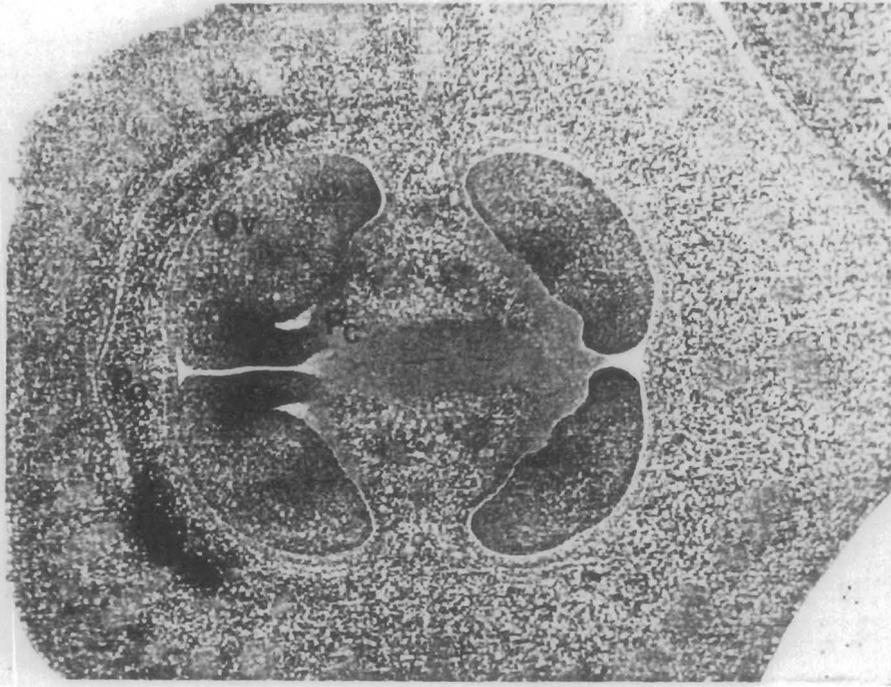


FIGURA 7

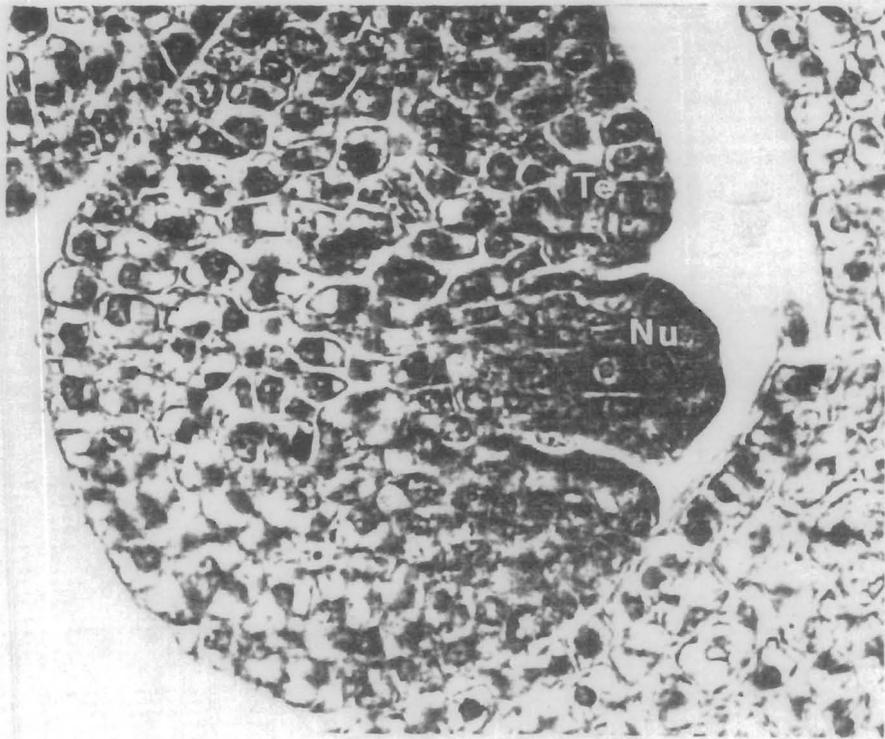


Figura 8. Etapa temprana en la formación de un óvulo. Célula madre de la megaspora (Cm), Célula parietal (Cp) Nucela (Nu), Tegumento (Te). 400X. Contraste de fases.

Figura 9. Corte longitudinal de óvulo en desarrollo. (Nu), Micrópilo (Mi). Funículo (Fu). Tegumento (Te). Placenta (Pl). Pared del ovario (Po). 100X. Campo claro.

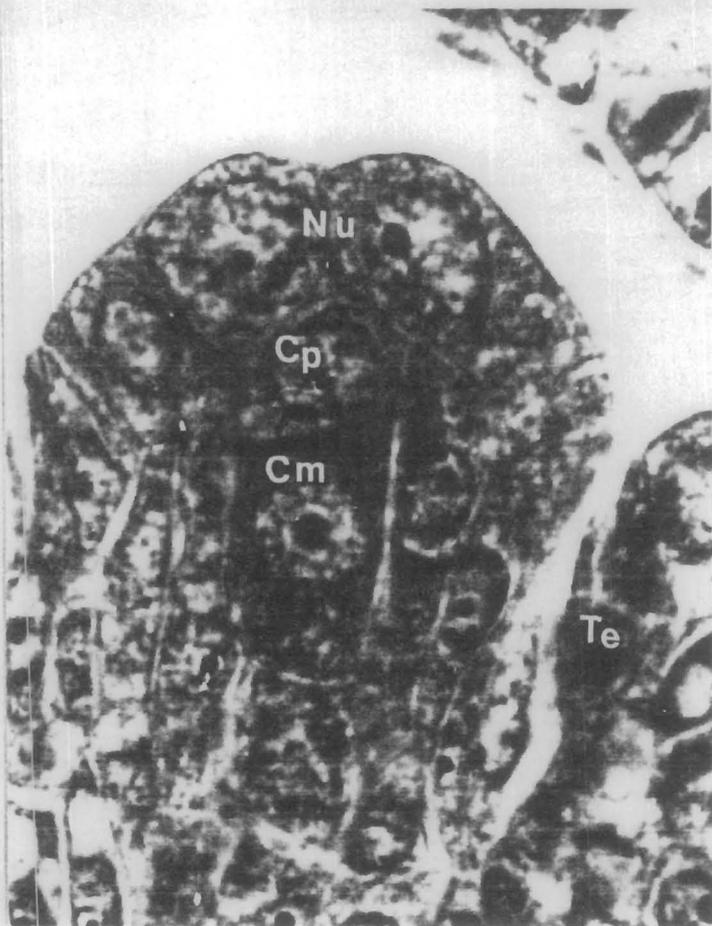


FIGURA 8

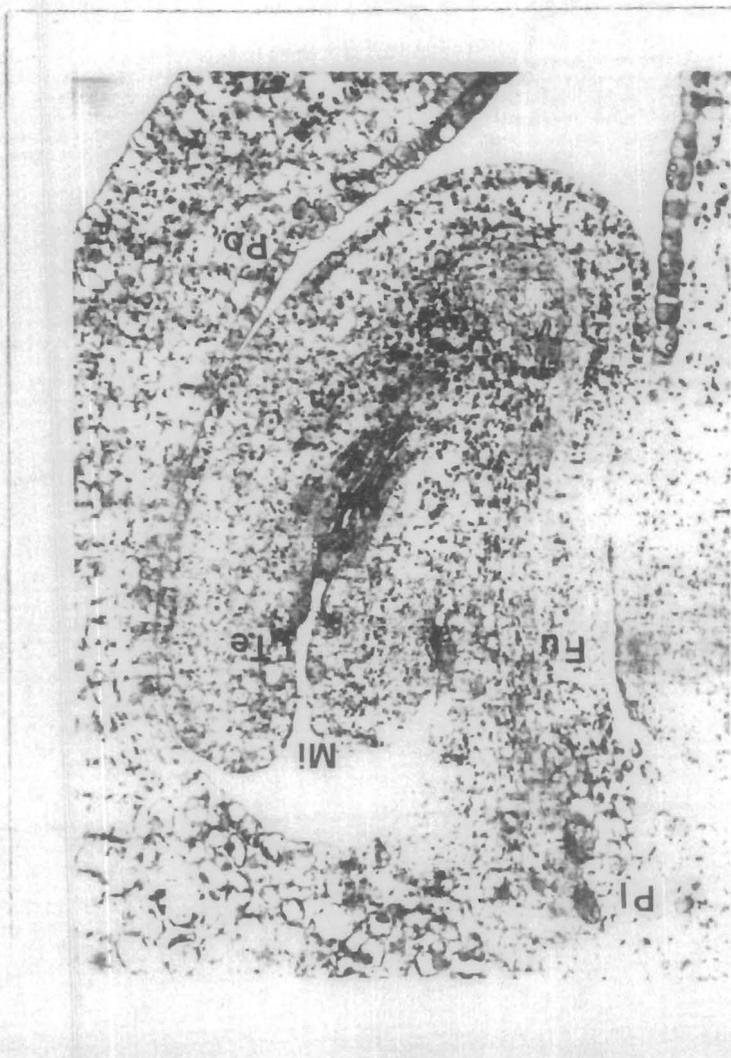


FIGURA 9

Figura 10. Corte longitudinal de un óvulo en etapa de antesis.
Tegumento (Te), Saco embrionario (Se), Funículo
(Fu) y Micrópilo (Mi). 25.2X. Campo claro

Figura 11. Corte longitudinal de la región micropilar de un
óvulo en antesis. Micrópilo (Mi) Funículo (Fu),
Tegumento (Te), Saco embrionario (Se). 64X.
Campo claro.

FIGURA 10

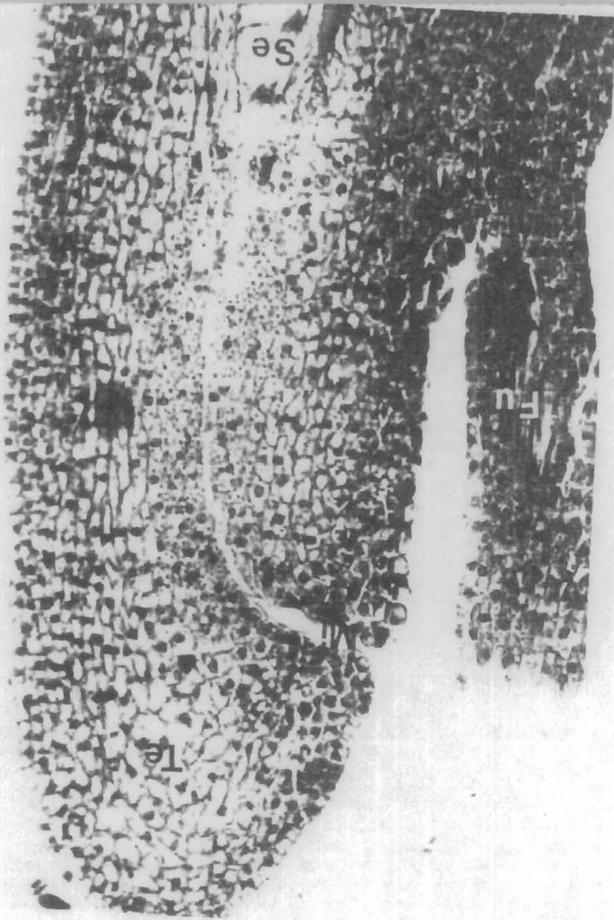


FIGURA 11

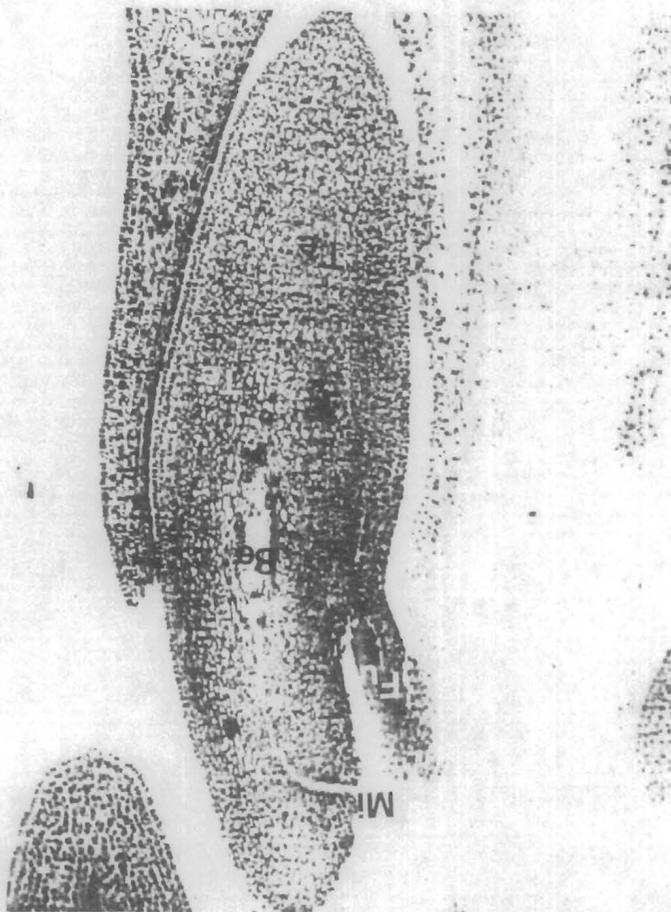


Figura 12. Corte longitudinal del óvulo en antesis. Se observa la trayectoria del haz vascular. Haz vascular (Hv). Rafe (Ra) Antirrafe (At). Calaza (Ca) 25.2X.

Figura 13. Corte longitudinal de la región micropilar de un óvulo en antesis. Tegumento (Te), Cojincillo (Co) Funiculo (Fu). 64X. Campo claro.

FIGURA 12

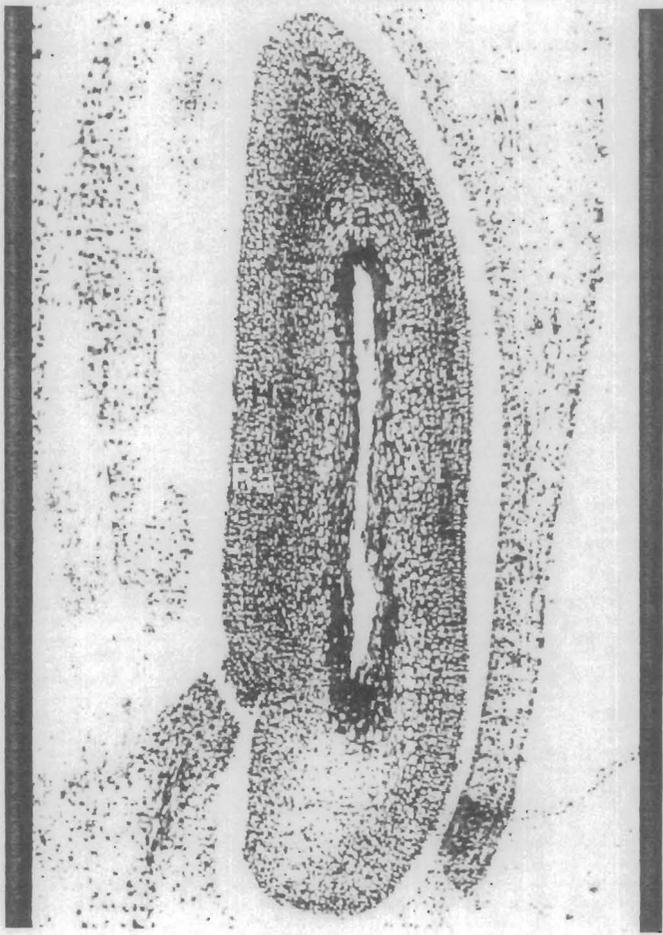


FIGURA 13

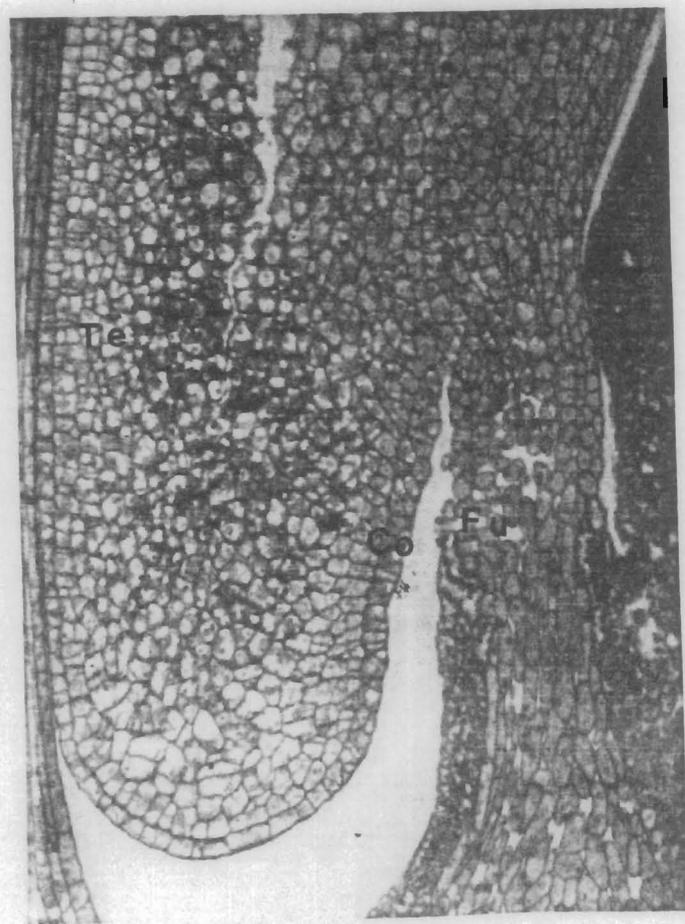


Figura 14. Corte longitudinal del óvulo, región micropilar.
Ovulo (Ov) Funículo (Fu), Obturador (Ob). 64X.
Campo claro.

Figura 15. Corte longitudinal de la región micropilar de
un óvulo. Tegumento (Te), Obturador (Ob). 160X.
Campo claro.

FIGURA 14

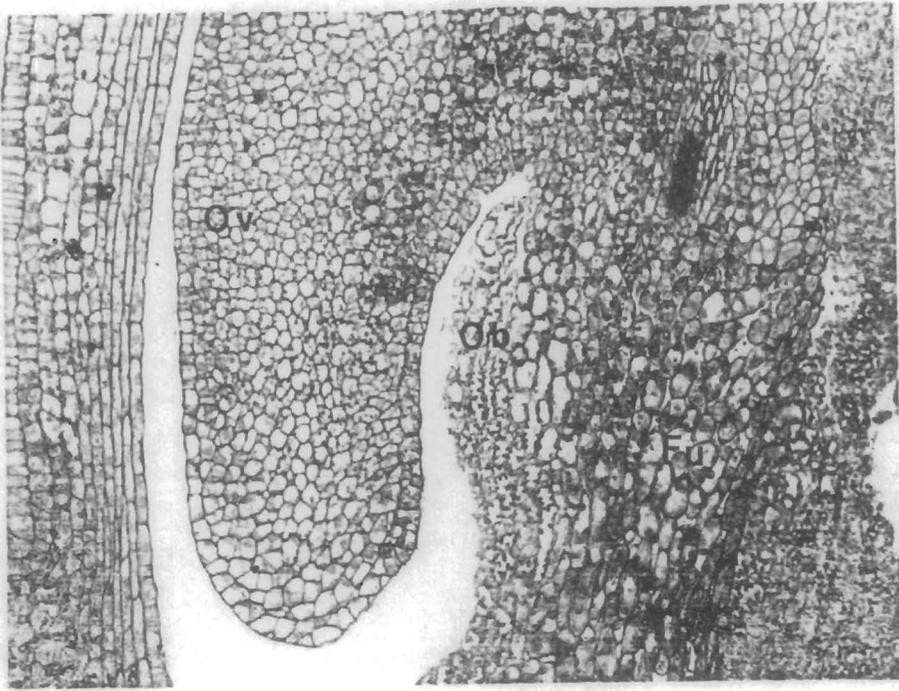


FIGURA 15

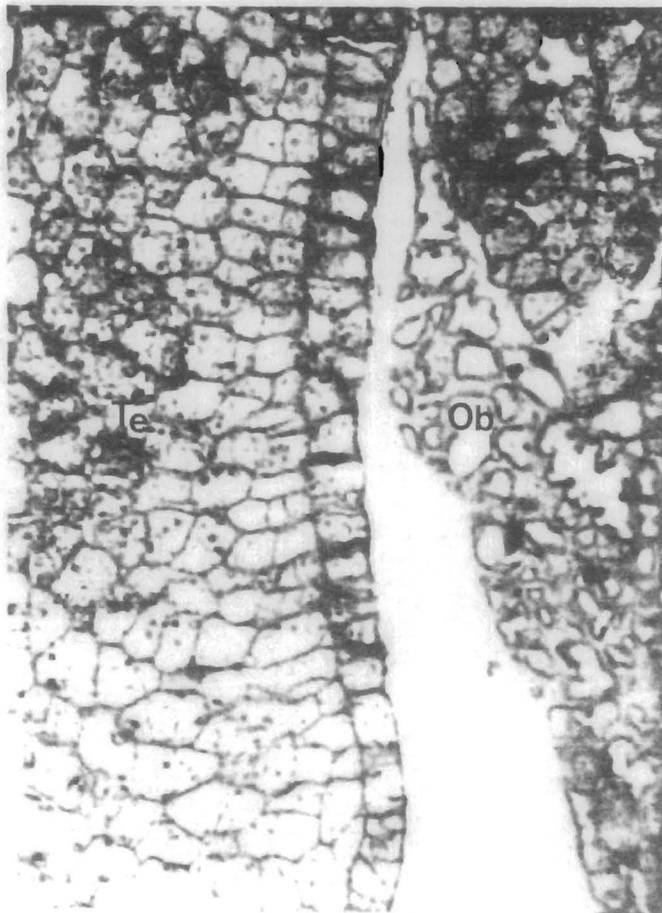


Figura 16. Corte longitudinal del óvulo. Saco embrionario
(Se), Ovocélula (Ov). 25.2X. Campo claro. —

Figura 17. La Ovocélula. Saco embrionario (Se), Ovocélula
(Ov) 160X. Contraste de fases. —

FIGURA 16

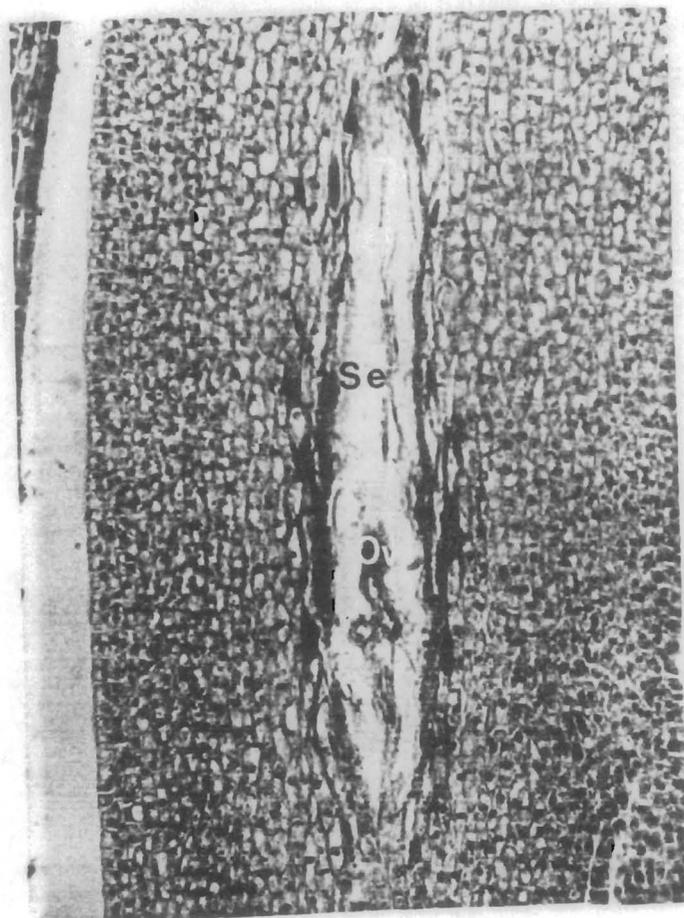


FIGURA 17

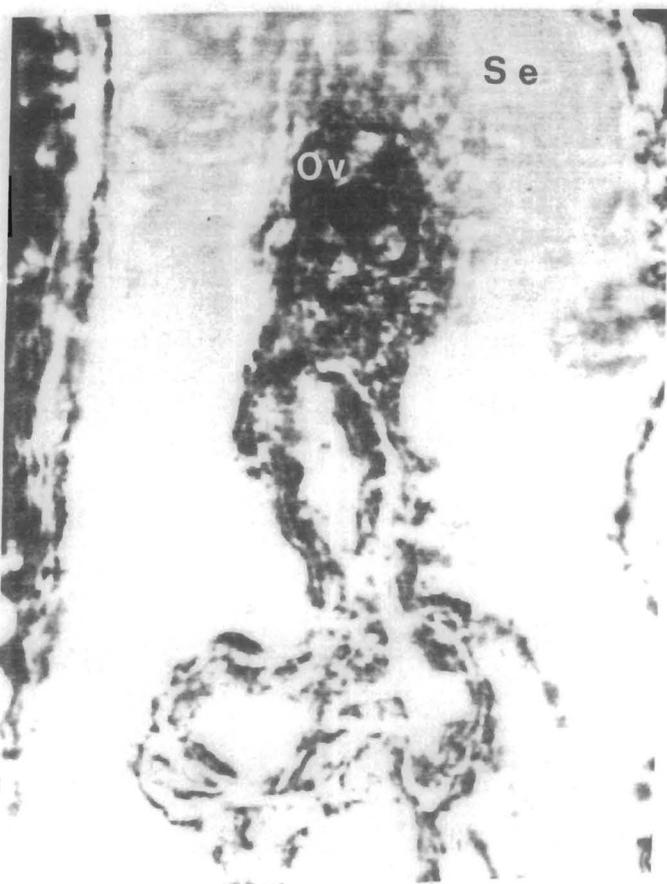


Figura 18. Corte longitudinal de un óvulo después de la fecundación. Saco embrionario (Se). Obturador (Ob) Sinérgidas en degeneración (Sd). 82X. Campo claro.

Figura 19. Corte longitudinal de la región micropilar de un óvulo después de la fecundación. Sinérgidas en degeneración (Sd). 160X. Contraste de fases.

FIGURA 18

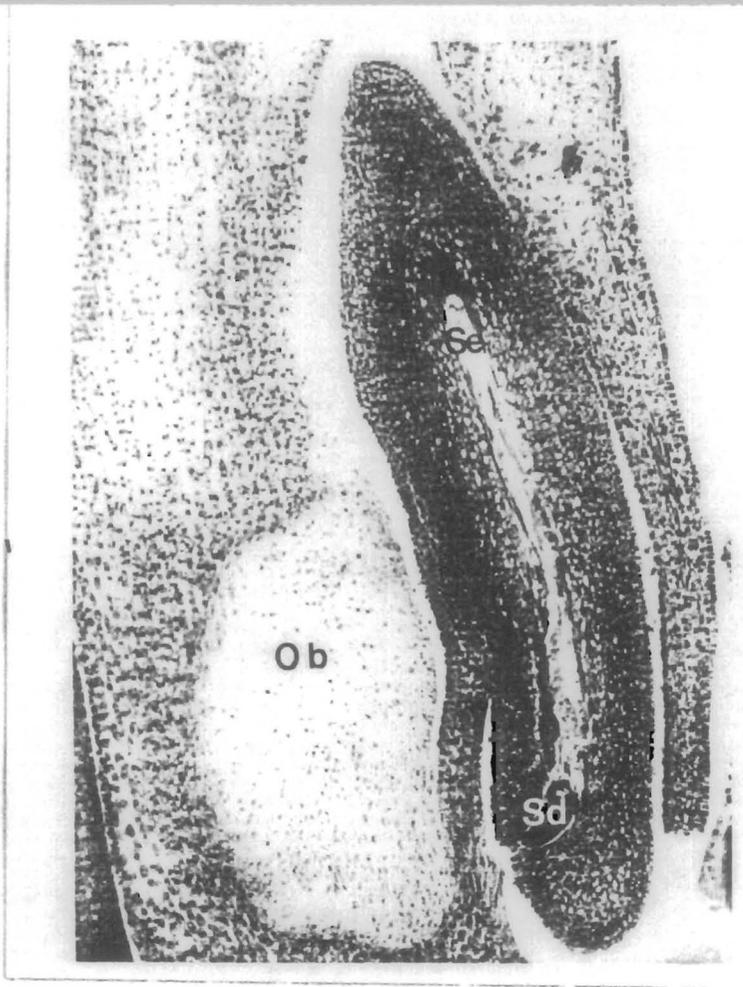


FIGURA 19

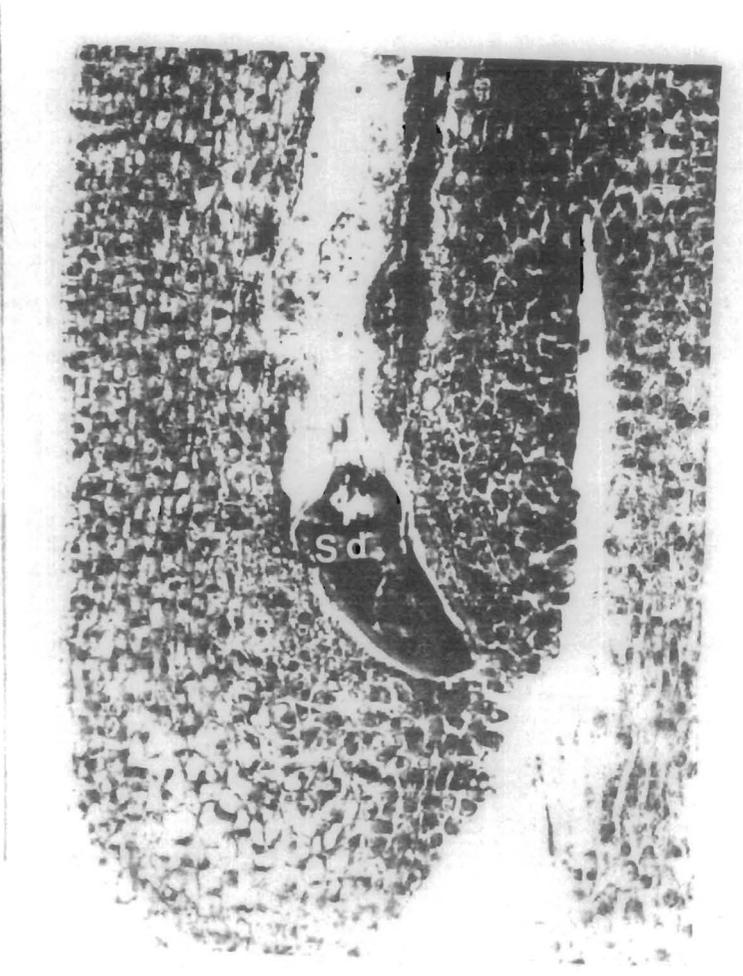


Figura 20. Corte longitudinal del tegumento de un óvulo en la etapa de botón floral. Tegumento (Te), Saco embrionario (Se) Protodermis (Pt) Pared del ovario (Po). a) 100X; b) 160X. Campo claro.

FIGURA 20

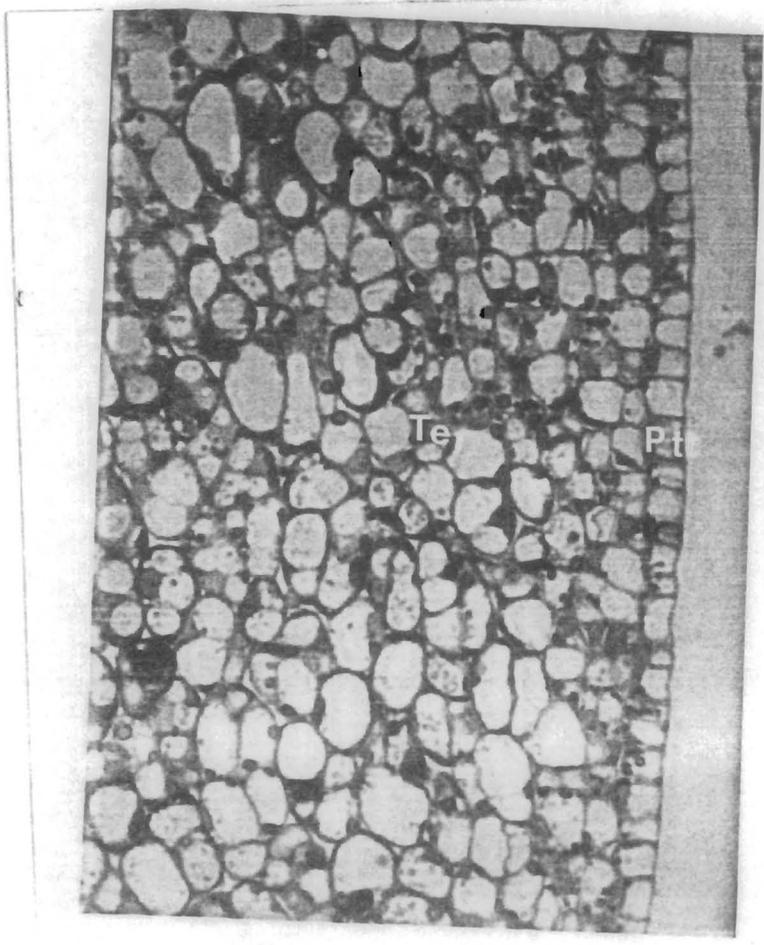
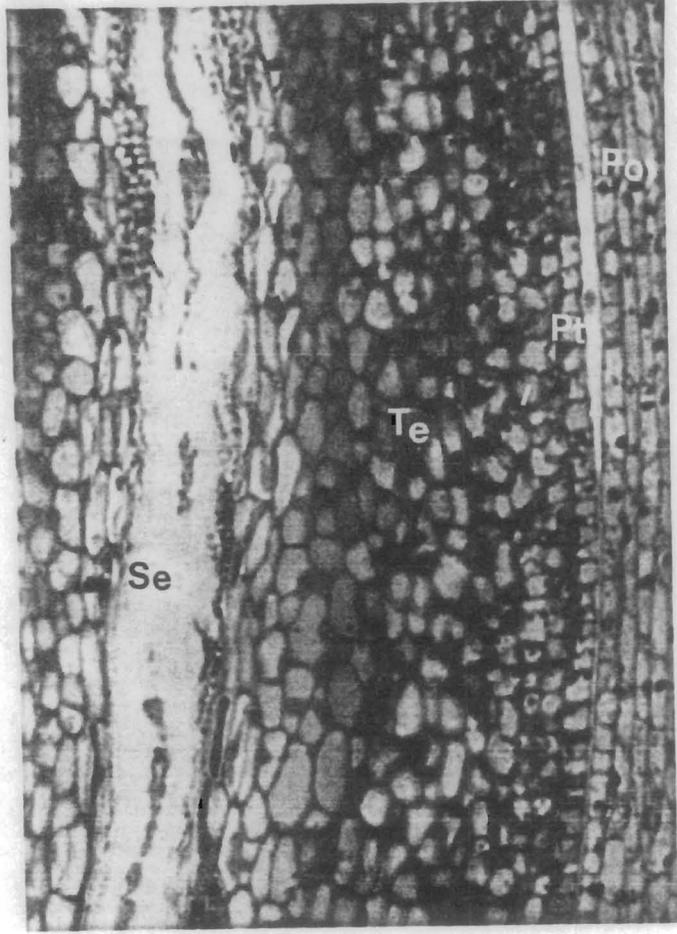


Figura 21. Corte longitudinal del tegumento de un óvulo en anthesis. Protodermis (Pt), Hipodermis (Hi), Parénquima (Pa). 160X. Campo claro.

FIGURA 21

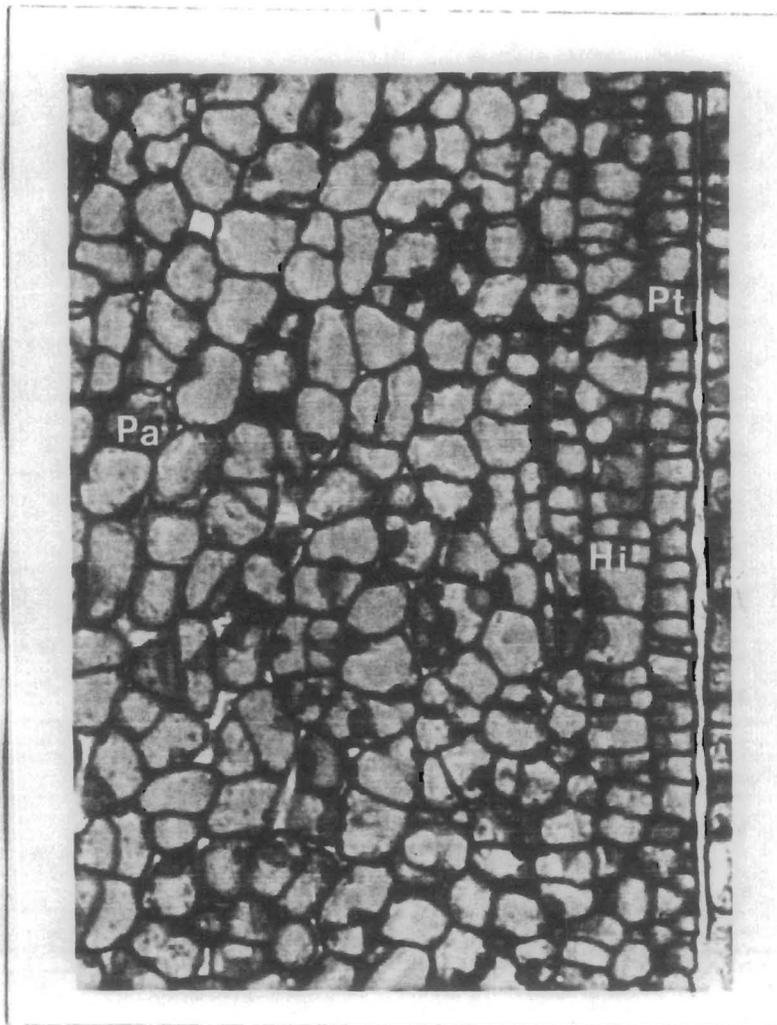


Figura 22. Corte longitudinal del tegumento. La flecha indica el sitio de una división periclinal. Protodermis (Pt) Hipodermis (Hi) Parénquima (Pa). 160X. Campo claro.

FIGURA 22

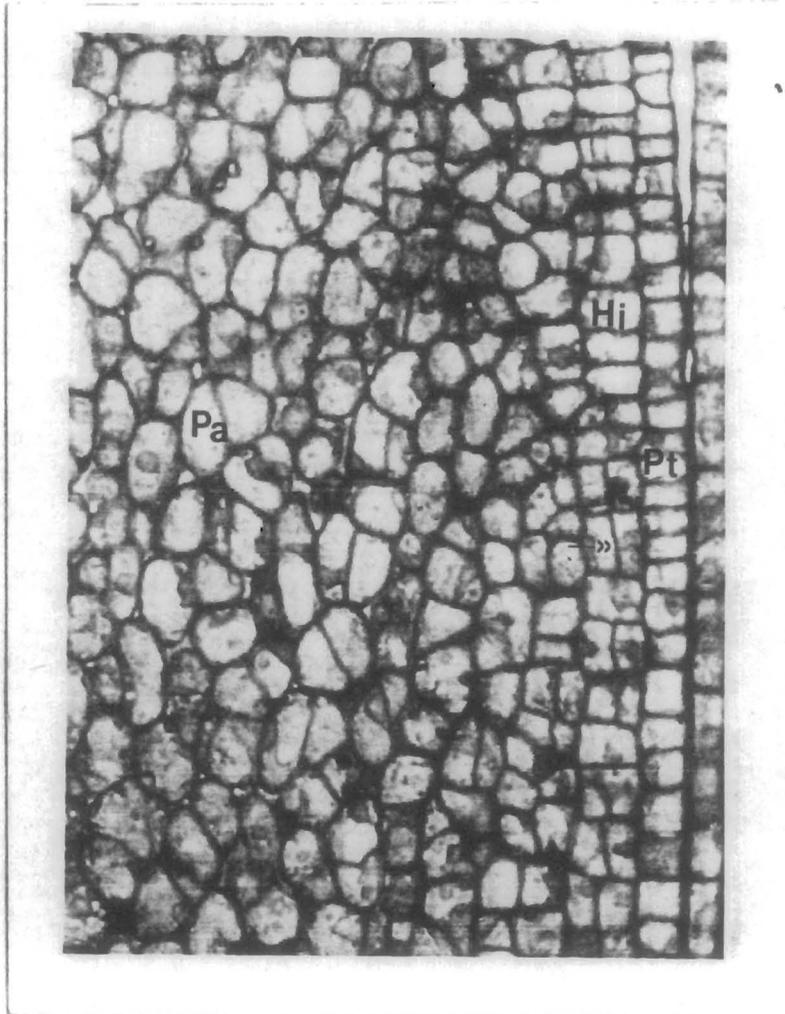


Figura 23. Corte longitudinal del tegumento. Epidermis (Ep)
Tricomatos (Tr) Hipodermis (Hi). Parénquima (Pa).
160X. Campo claro.

Figura 24. Corte longitudinal del tegumento. Epidermis (Ep)
Tricomatos (Tr). Hipodermis (Hi) Parénquima (Pa).
400X Campo claro.

FIGURA 23

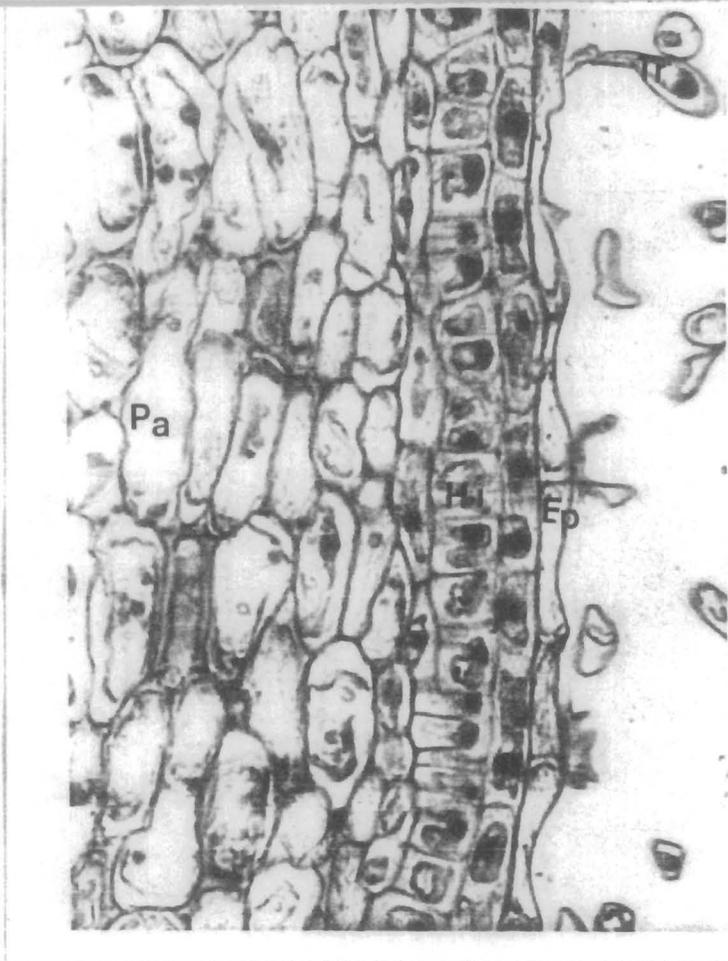


FIGURA 24

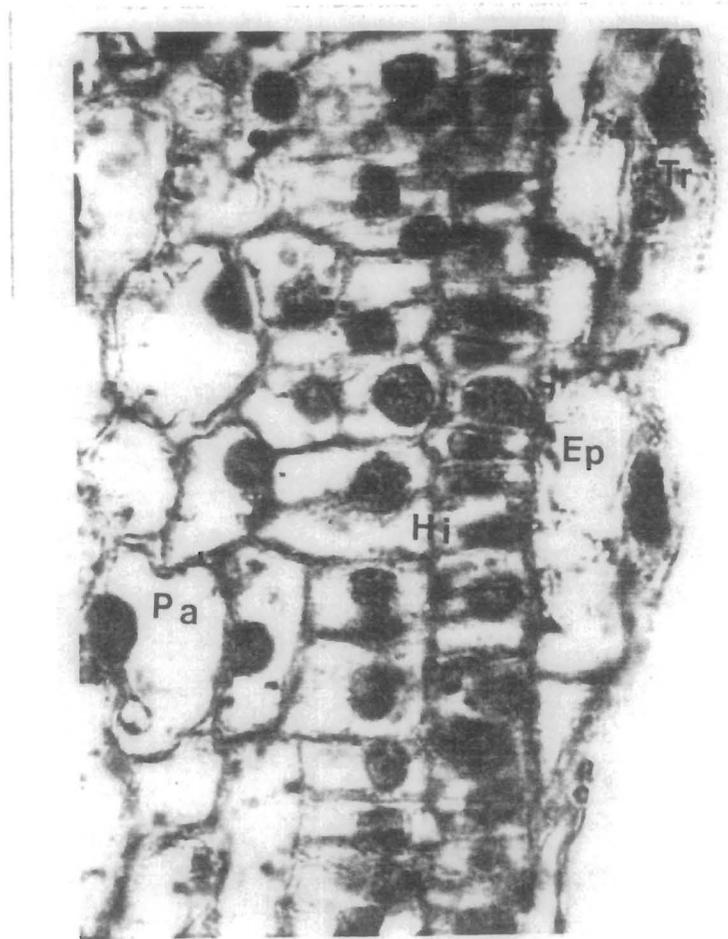


Figura 25. Corte longitudinal de testa. Tricomas (Tr). Hipodermis (Hi). Parénquima (Pa). Haces vasculares (Hv) 160X. Campo claro.

Figura 26. Corte longitudinal de testa. Tricomas (Tr), Epidermis (Ep), Subepidermis (Sp) Esclerénquima en empalizada (Es), Parénquima (Pa). 160X. Contraste de fases.

FIGURA 25

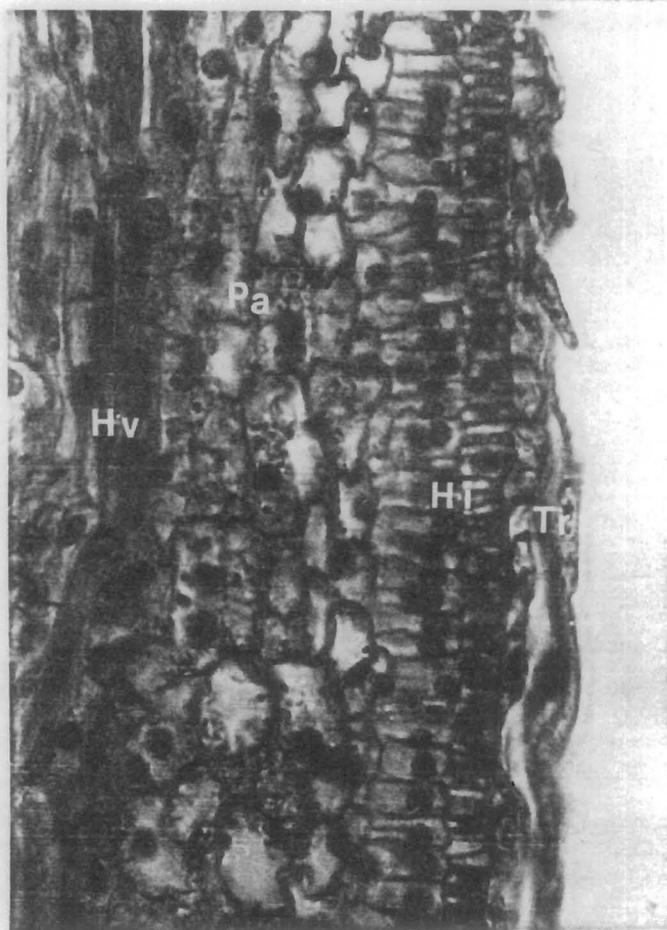


FIGURA 26

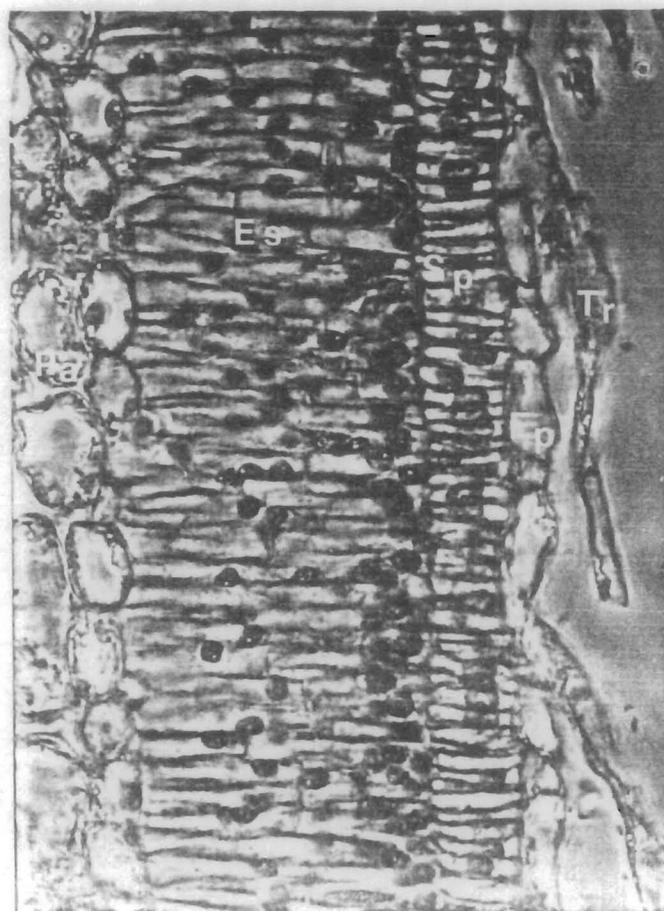


Figura 27. Corte longitudinal de testa. Epidermis (Ep)
Subepidermis (Sp). Esclerénquima en empalizada (Es)
400X. Contraste de fases.

Figura 28. Corte longitudinal de testa. Subepidermis (Sp).
Esclerénquima en empalizada (Es). Línea clara
(Lc). 160X Campo claro.

FIGURA 27

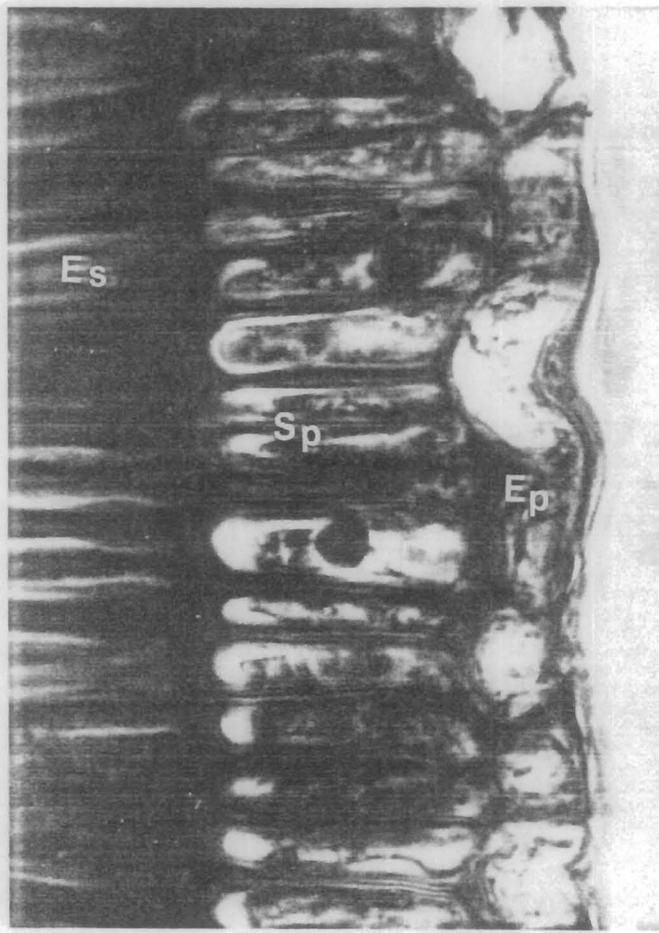


FIGURA 28

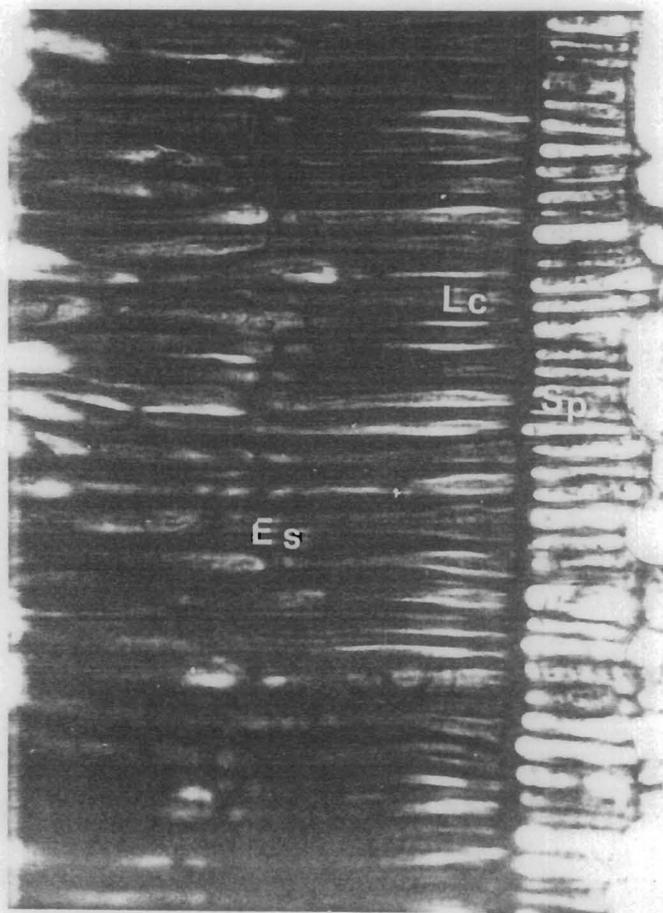


Figura 29. Corte longitudinal de la testa de semilla madura hidratada. Epidermis (Ep) Subepidermis (Sp) Esclerénquima en empalizada (Es) Parénquima (Pa) Haces vasculares (Hv). 64X. Campo claro.

Figura 30. Corte longitudinal de semilla madura. Parénquima (Pa) Cutícula (Cu) Endospermo (Ed). Cotiledón (Ct) 100X. Campo claro.

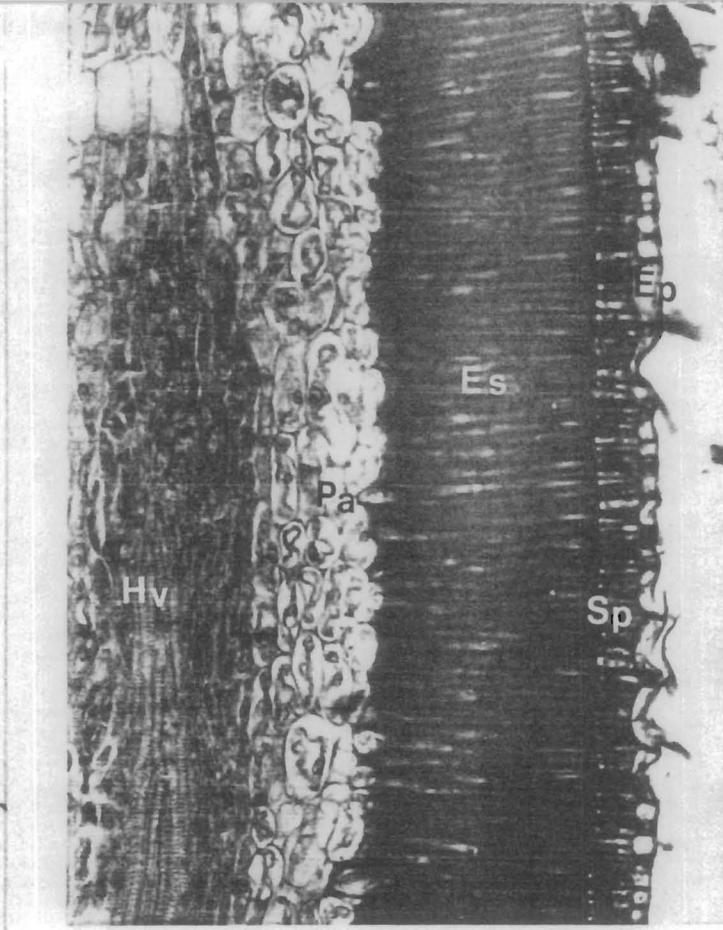


FIGURA 29

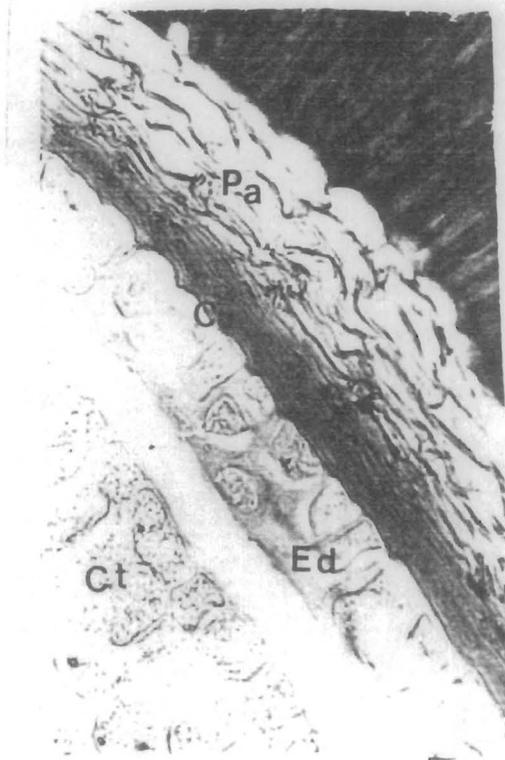


FIGURA 30

Figura 31. Corte longitudinal de la región micropilar de un óvulo en antesis. Cojincillo. (Co) 160X. Campo claro.

Figura 32. Corte longitudinal del cojincillo en semilla inmadura. Epidermis múltiple (Epm). Hipodermis (Hi). 160X.

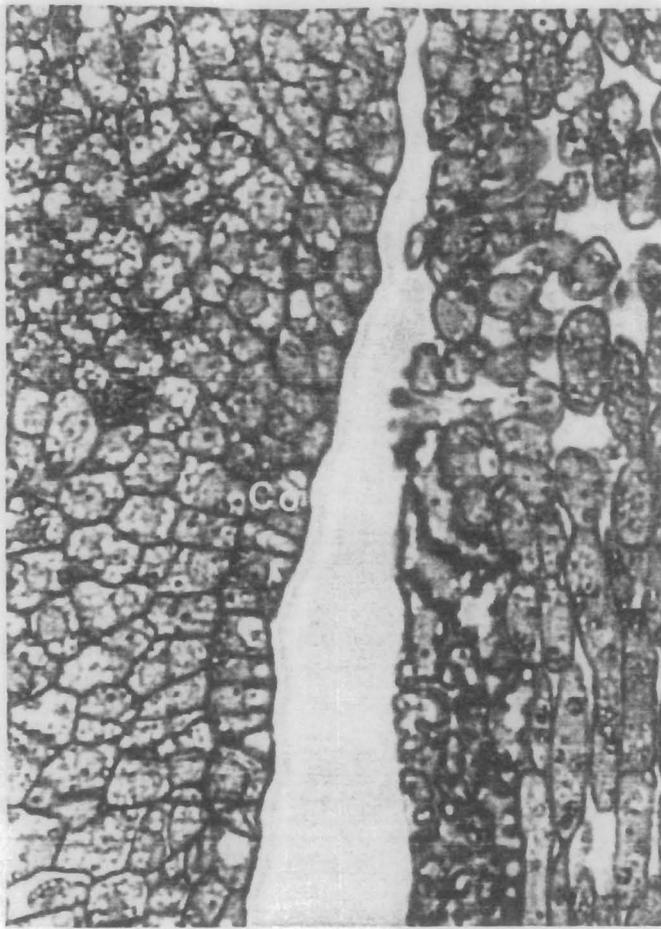


FIGURA 31

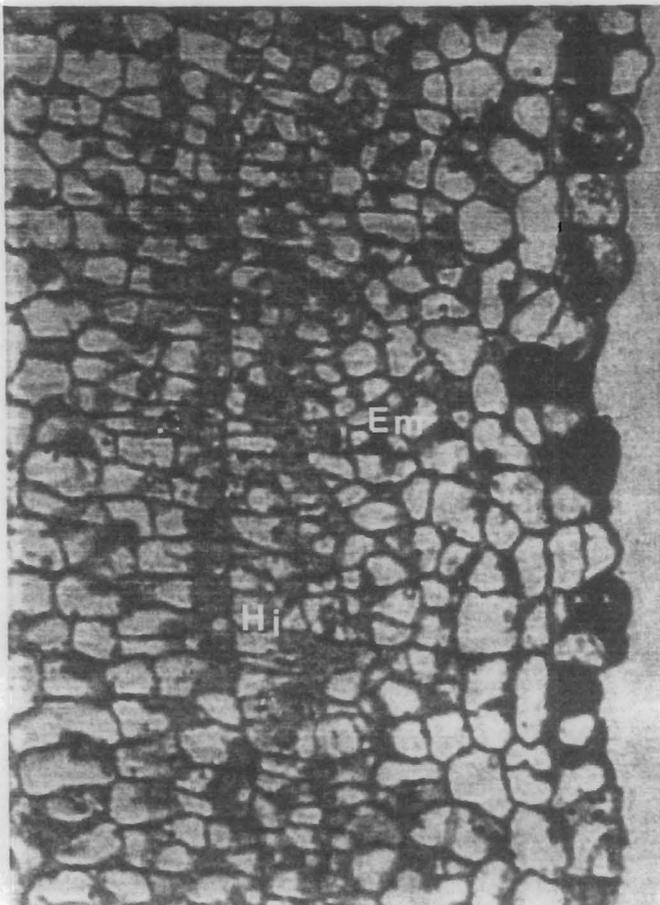


FIGURA 32

Figura 33. Corte longitudinal del cojincillo de semilla inmadura. Epidermis múltiple (Epm). Primer estrato celular de la hipodermis múltiple (Hi₁). Segundo estrato de la hipodermis múltiple (Hi₂). 400X. Contraste de fases.

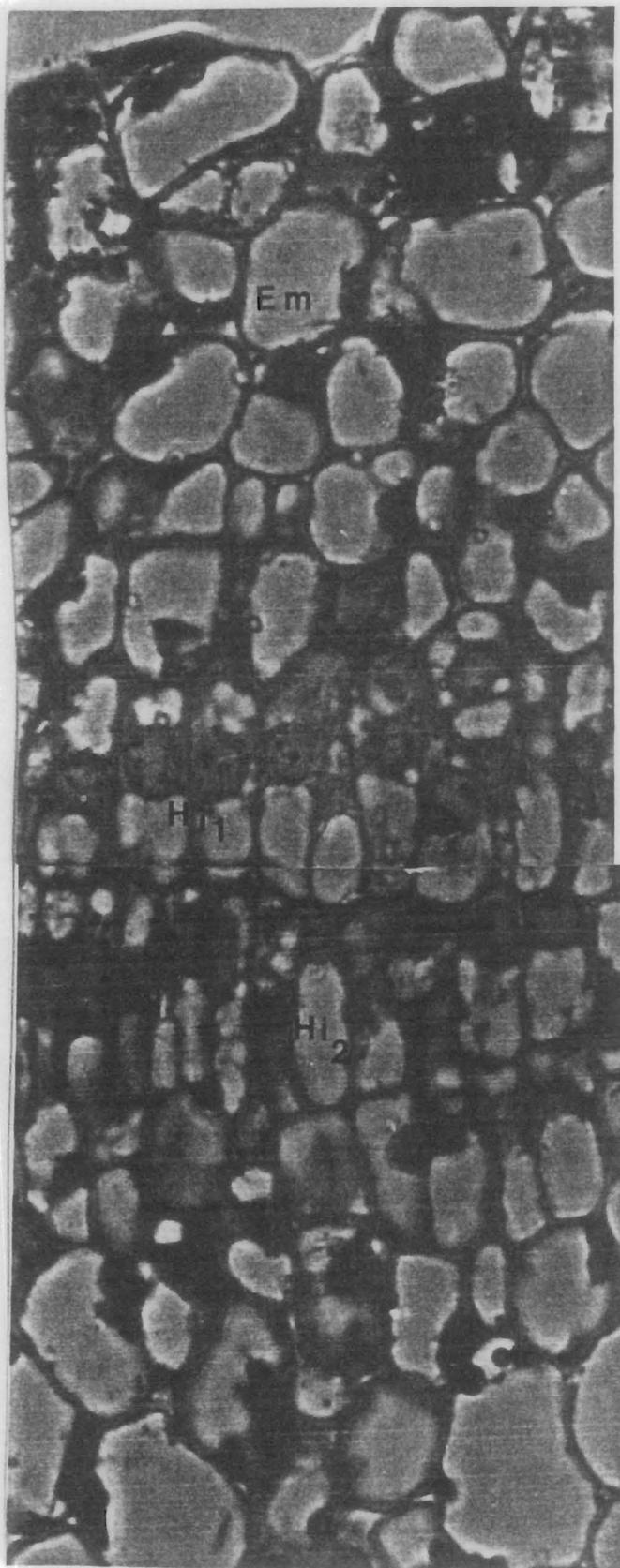


FIGURA 33

Figura 34. Corte longitudinal de cojincillo en semilla madura hidratada. Epidermis múltiple (Epm), esclerénquima de la epidermis (Ese) Subepidermis múltiple (Sem) Esclerénquima en empalizada (Es) 64X. Contraste de fases.

Figura 35. Corte longitudinal de cojincillo de semilla madura deshidratada. (Epm),(Ese), (Sem) y (Es). Línea clara (Lc). 40X. Campo claro. —

FIGURA 34

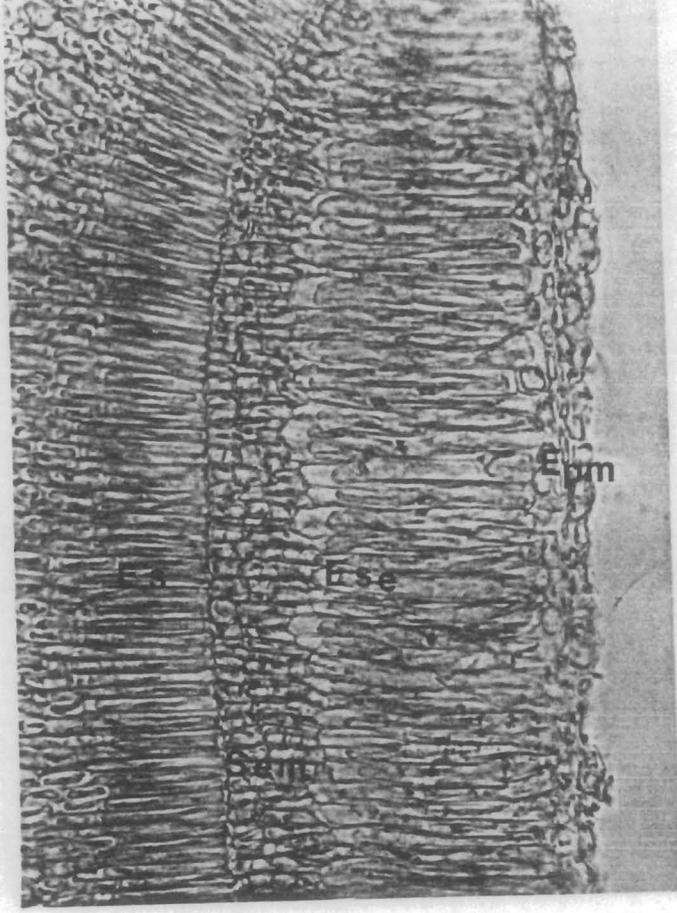


FIGURA 35

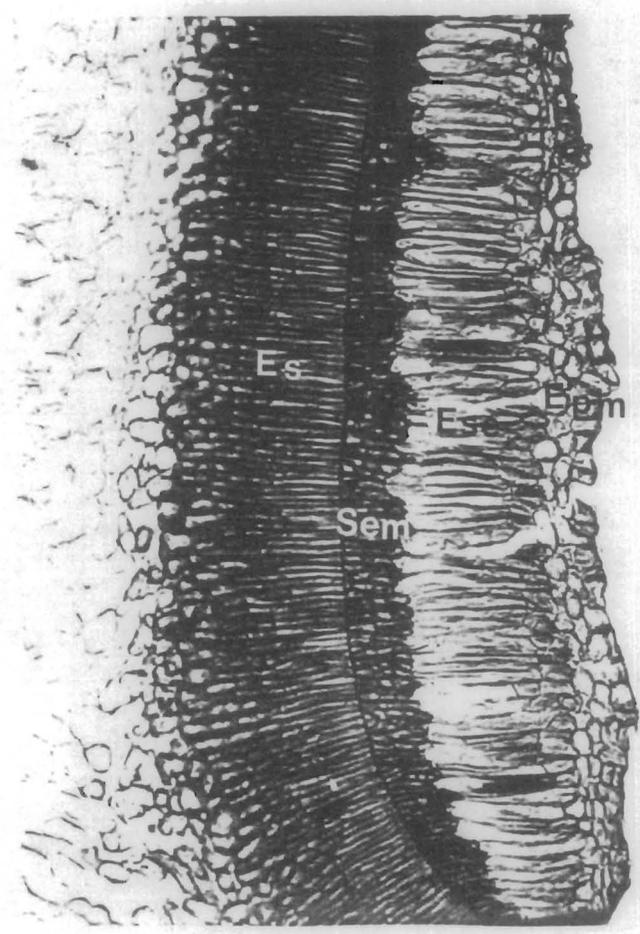


Figura 36. Corte longitudinal del área que circunda al hilio. Epidermis múltiple (Epm) Subepidermis (Sp) Esclerénquima en empalizada (Es). Tricomas (Tr). 160X. Contraste de fases.

Figura 37. Corte longitudinal del área que circunda al hilio. Epidermis múltiple (Epm). Tricomas (Tr). Subepidermis (Sp). Esclerénquima en empalizada (Es). Hilio (Hi). Cojincillo (Co). 64X. Contraste de fases.

FIGURA 36

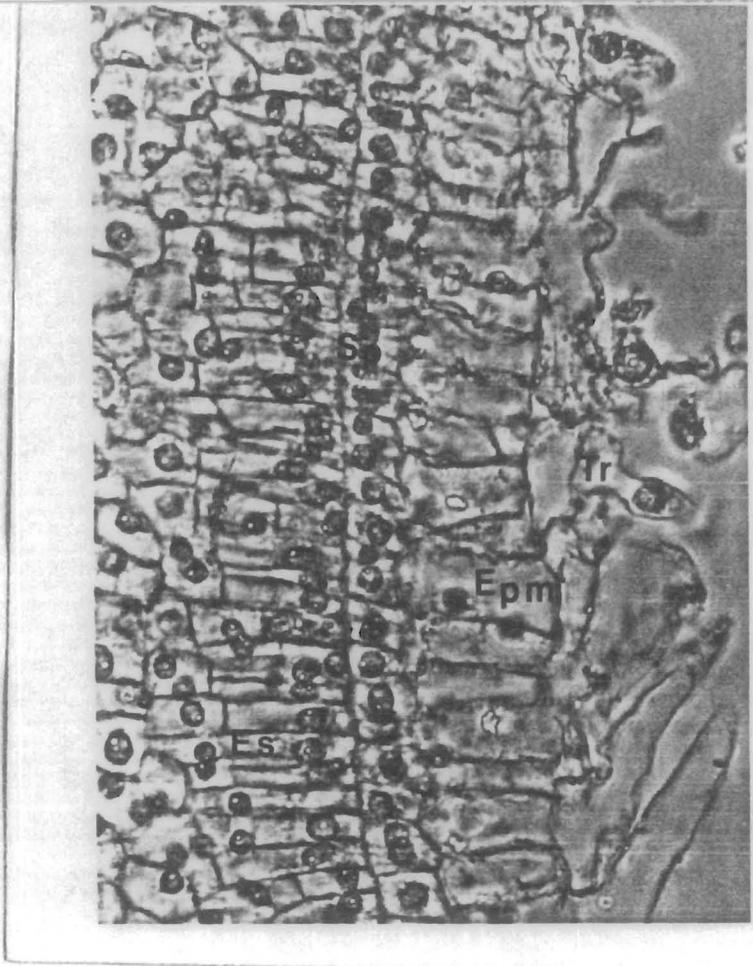


FIGURA 37

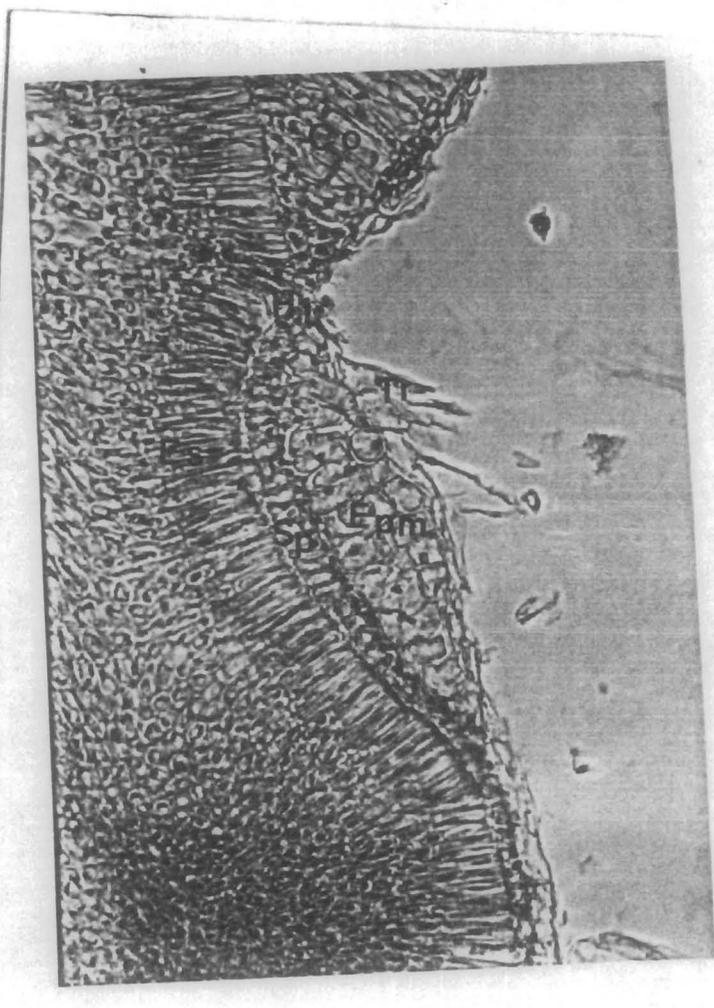
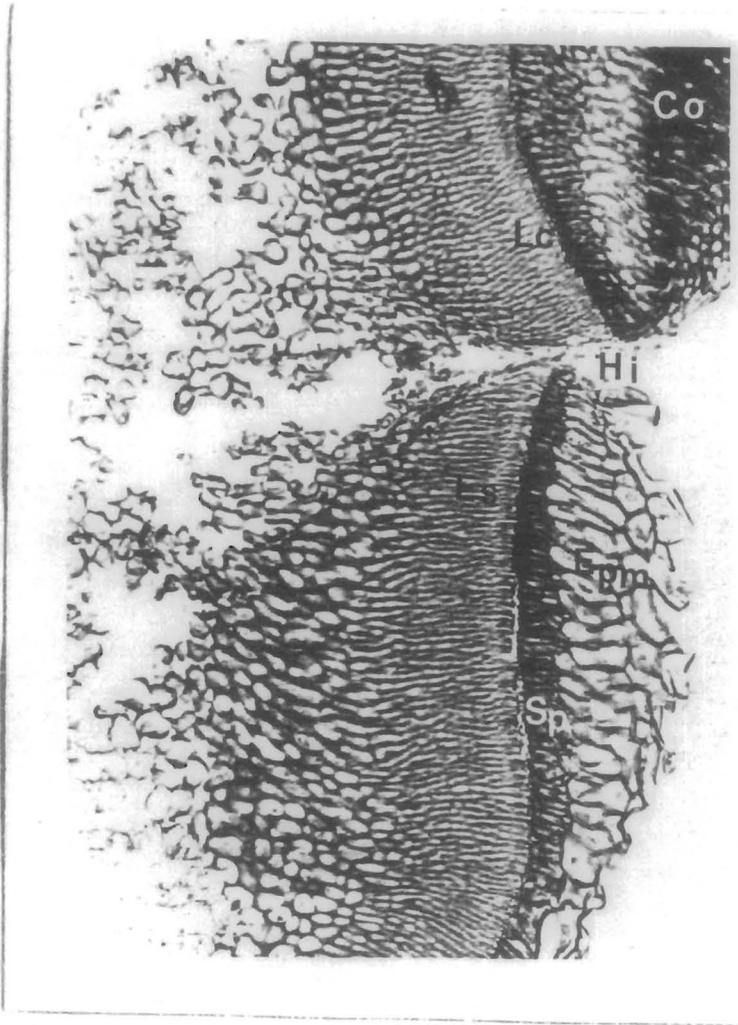


Figura 38. Corte longitudinal del área que circunda al hilio.
Epidermis múltiple (Epm). Subepidermis (Sp). Esclerénquima en empalizada (Es). Línea clara (Lc).
Cojincillo (Co) Hilio (Hi). 40X. Campo claro.

FIGURA 38



Figuras 39(a,b y c). Cortes medianos de la región basal de la semilla. Cojincillo (Co), Hilio (Hi).
Haz vascular (Hv). M.E.B.

Figura 40. Cortes transmedianos de la región del cojincillo.
Cojincillo (Co). Hilio (Hi). Borde (Bo). M.E.B.

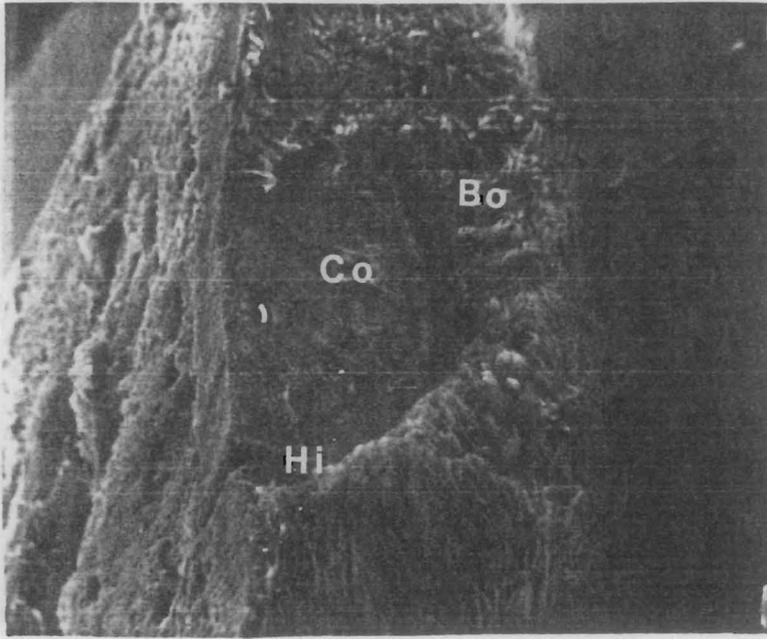


Figura 39 (a)

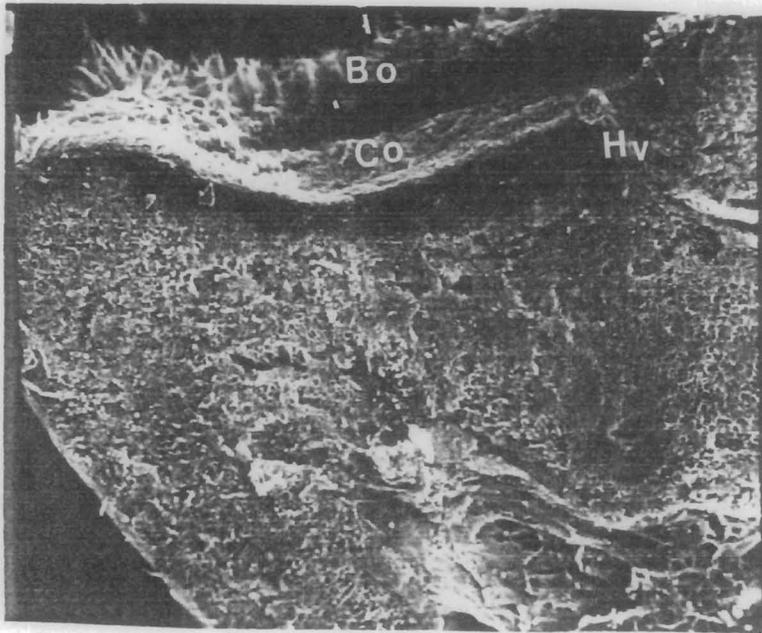


Figura 39 (b)

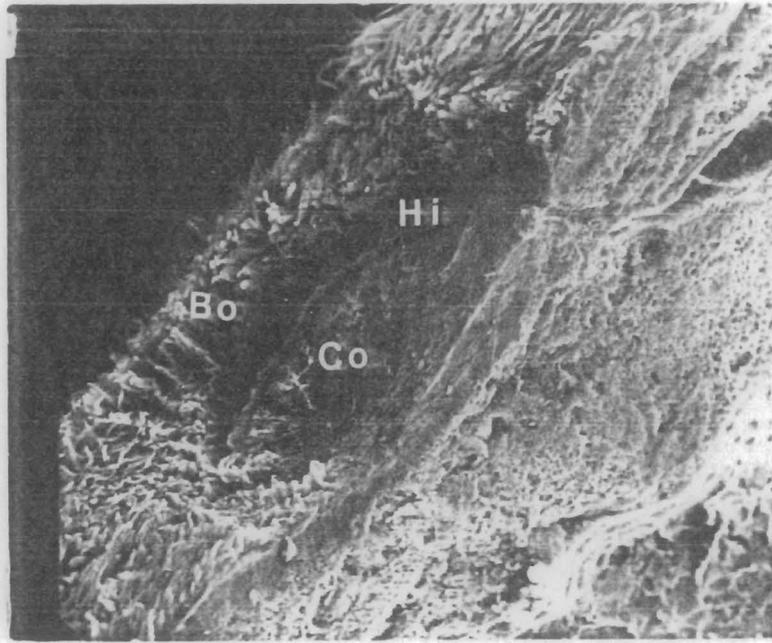


FIGURA 39 (

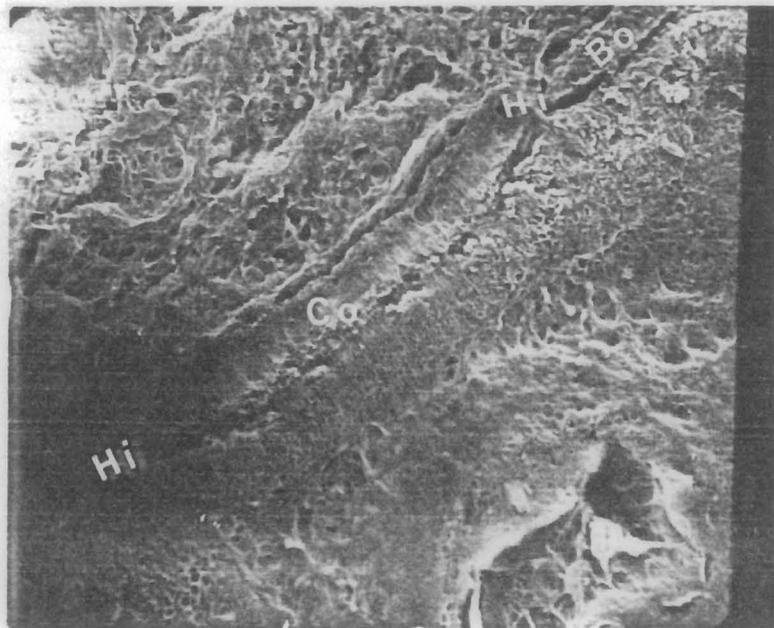


FIGURA 40

Figura 41. Embrión en la etapa globular. Cuerpo del embrión (Ce)
Suspensor (Su). 160X. Contraste de fases.

Figura 42. Embrión en etapa de corazón. Cuerpo del embrión (Ce)
Suspensor (Su). Endospermo (Ed). 80X. Campo claro.

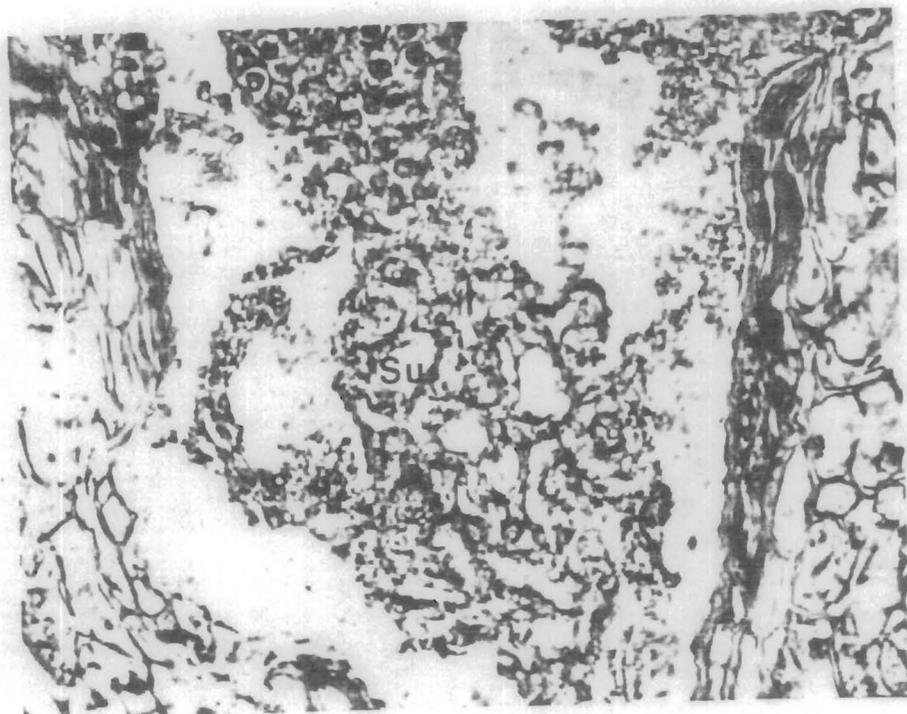


FIGURA 41

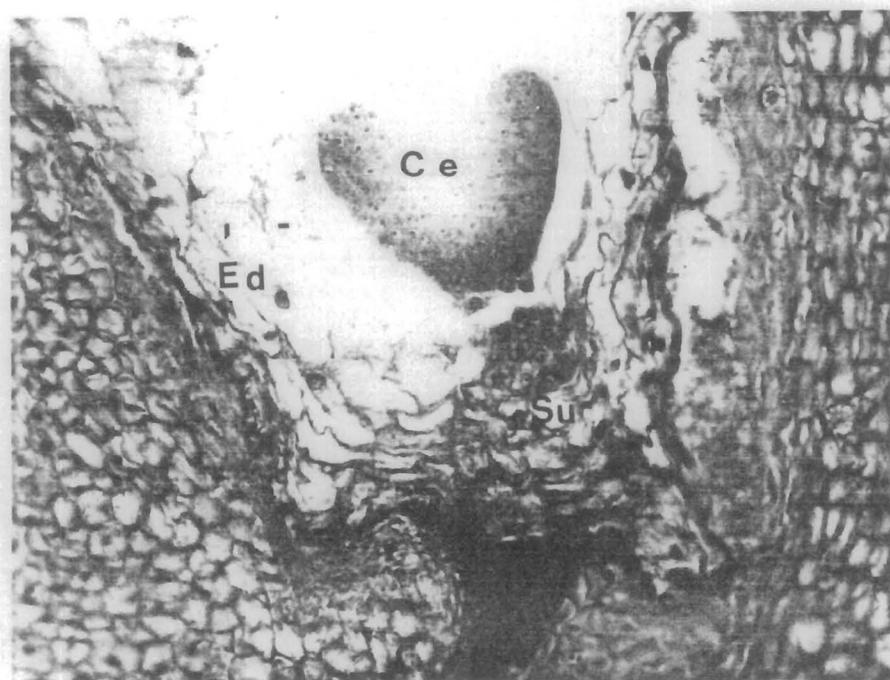


FIGURA 42

VII

Figura 43. Embrión en etapa de torpedo. Cuerpo del embrión (Ce).
Suspensor (Su). Endospermo (Ed). 51.2X. Campo claro.

FIGURA 43.

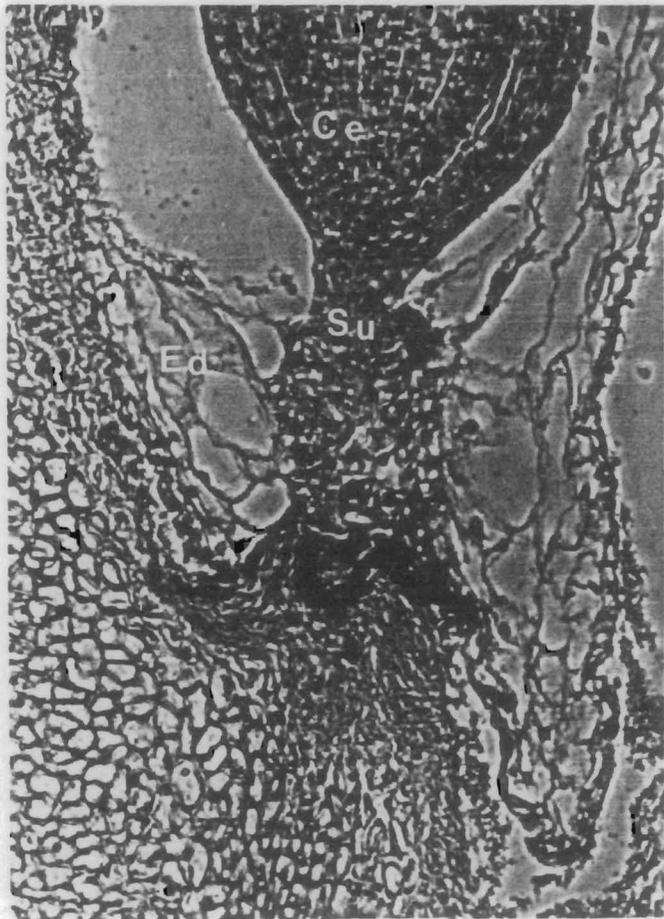


Figura 44. Embriogénesis. Embrión de 19 días de desarrollo. Cuerpo del embrión (Ce). Suspensor (Su). Endospermo (Ed). 256X. Contraste de fases.

Figura 45. Embriogénesis. Embrión de 38 días de desarrollo. Cuerpo del embrión (Ce). Cuerpo del embrión (Ce). Suspensor (Su). Endospermo (Ed). Tegumento (Te). 32X. Campo claro.

FIGURA 44.

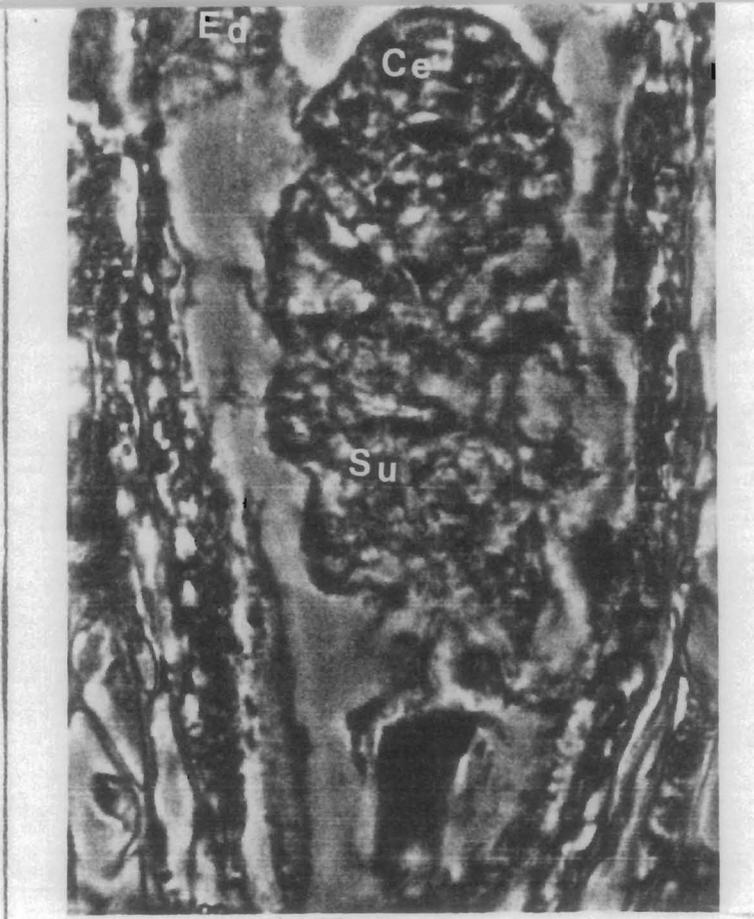


FIGURA 45.

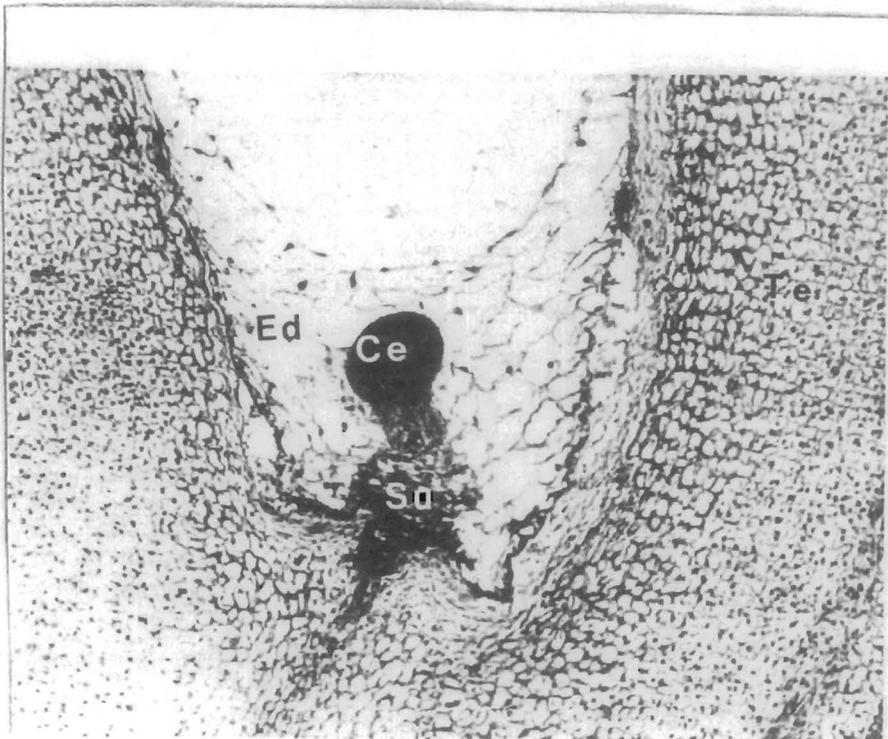


Figura 46. Embriogénesis. Embrión de 52 días de desarrollo. Cuerpo del embrión (Ce). Suspensor (Su). Endospermo (Ed). 32X. Campo claro.

Figura 47. Embriogénesis. Embrión de 68 días de desarrollo. Cotiledones (Ct). Suspensor (Su). Endospermo (Ed). 32X. Campo claro.

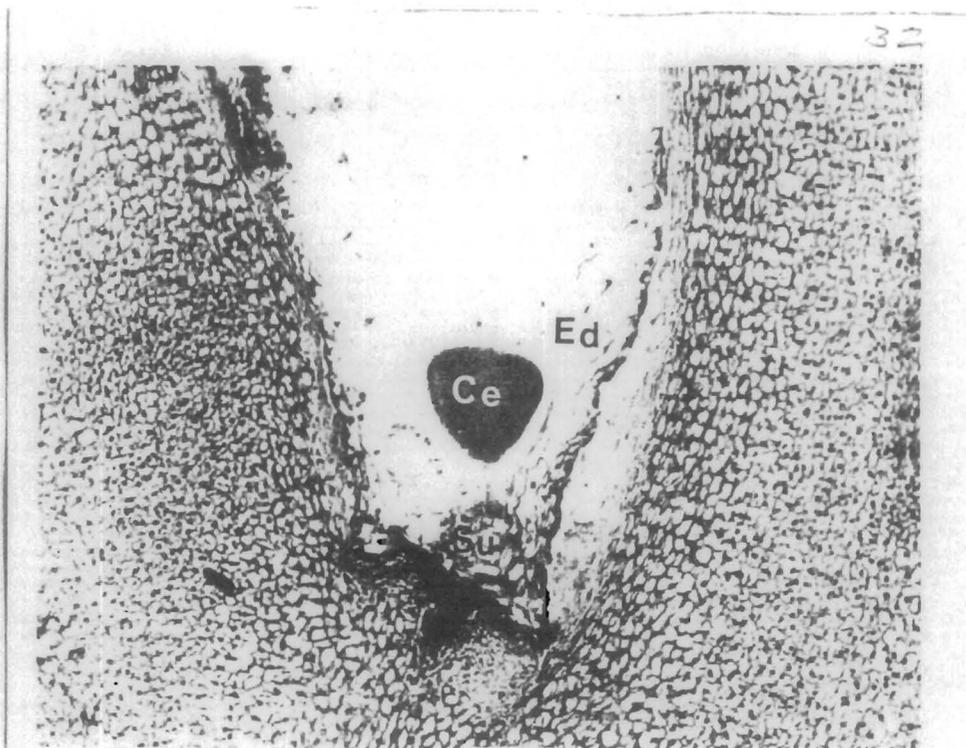


FIGURA 46.

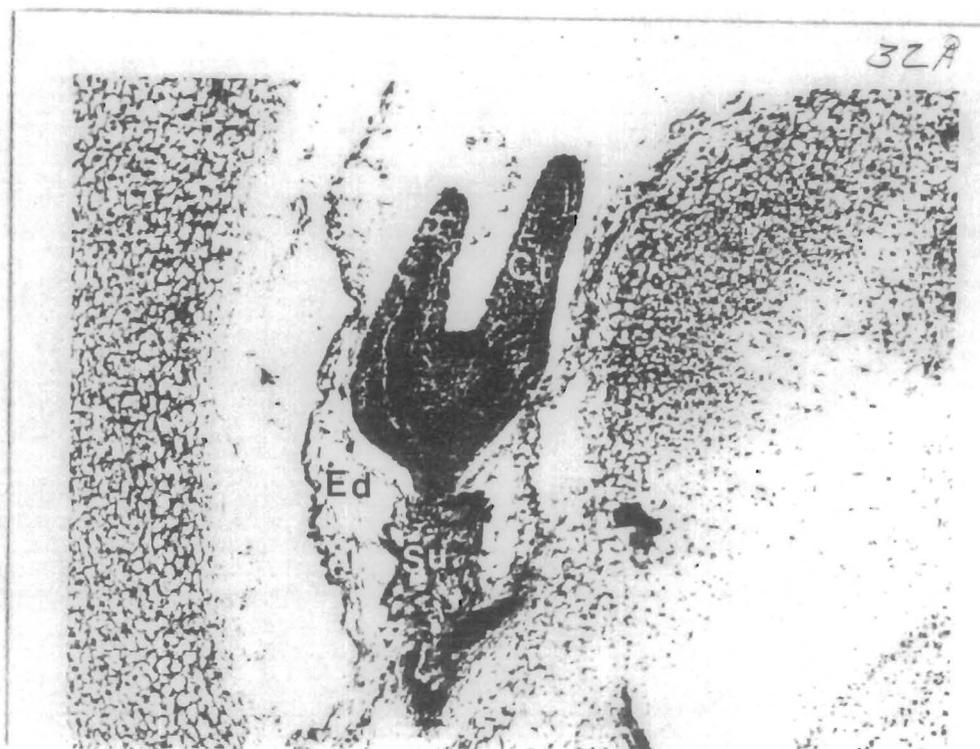


FIGURA 47

Figura 48. Embriogénesis. Embrión de 82 días de desarrollo.
Epicotilo (Ec). Hipocótilo (Hi). Suspensor (Su).
Endospermo (Ed). 25.2X. Campo claro.

Figura 49. Embriogénesis. Embrión de 104 días de desarrollo.
Cotiledones (Ct). Eje radícula-hipocótilo (Rh).
Testa (te). Cojincillo (Co). 10X. Campo claro.

FIGURA 48.

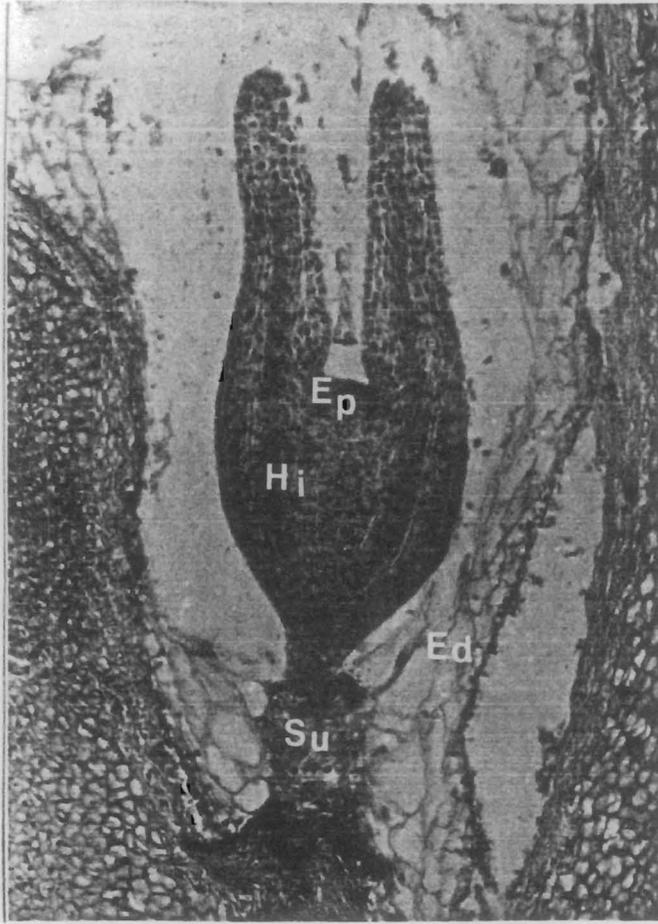


FIGURA 49.

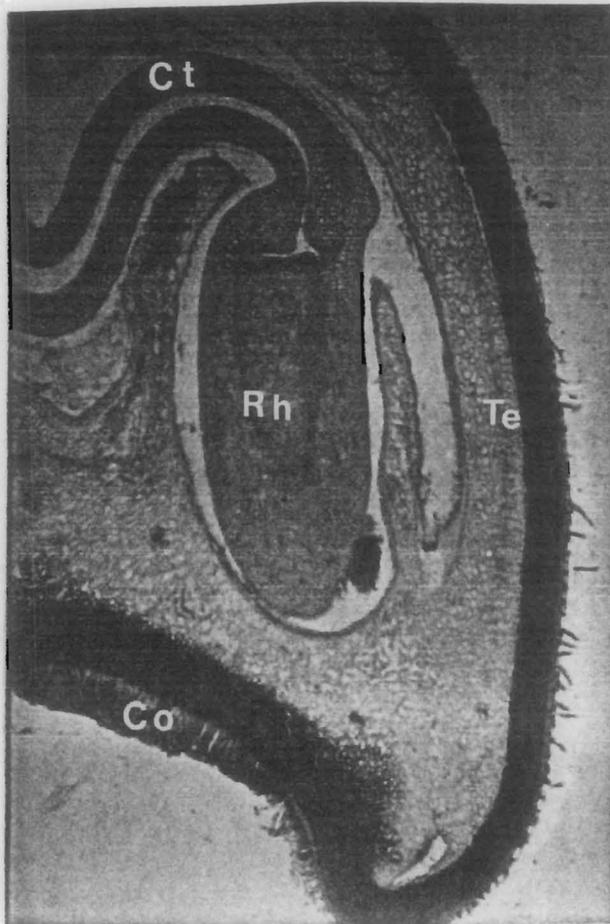


Figura 50 a,b,c. Cortes transversales de la semilla a distintos niveles en dirección base del fruto ápice.
Placenta (Pl). Semilla (Sm). Pared del fruto (Pf). Cojincillo (Co). Septo (So). Ovulo abortivo (Oa). Cotiledon (Ct).

FIGURA 50.

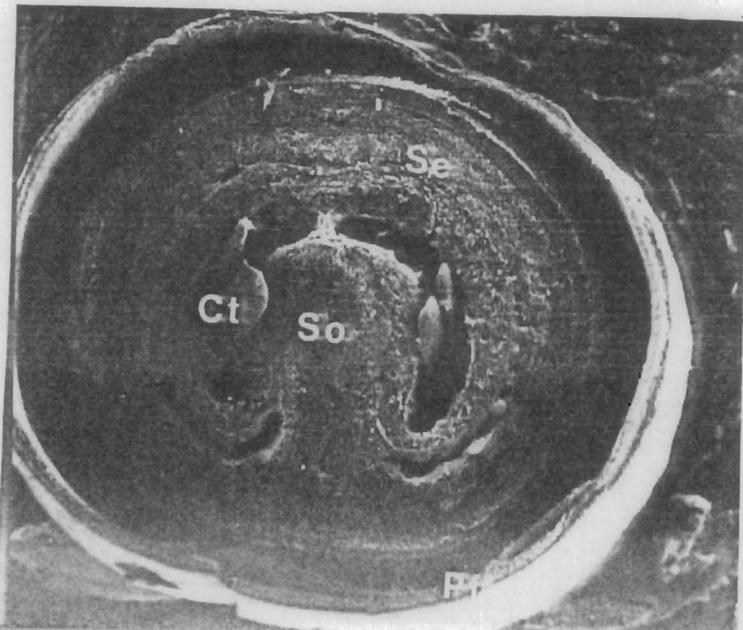
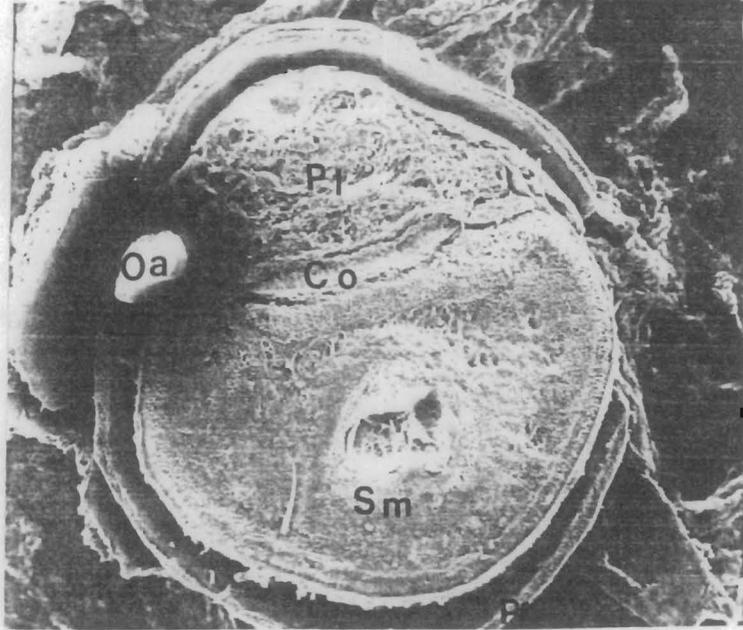
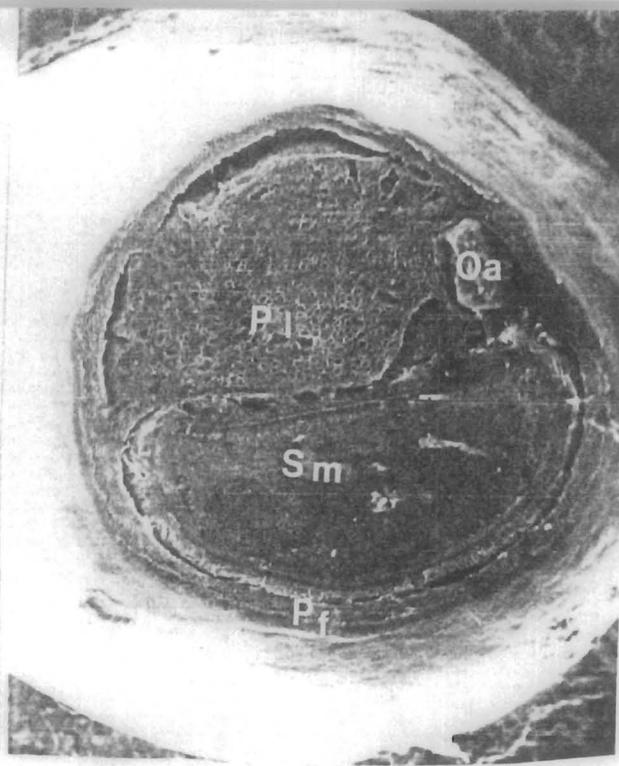


Figura 51. Corte longitudinal de semilla madura. Testa (Te).
Endospermo (Ed). Capa de aleurona (C1).

Figura 52. Corte tangencial del endospermo. Capa de aleurona
(C1). Endospermo no celular (Ed).

FIGURA 51.

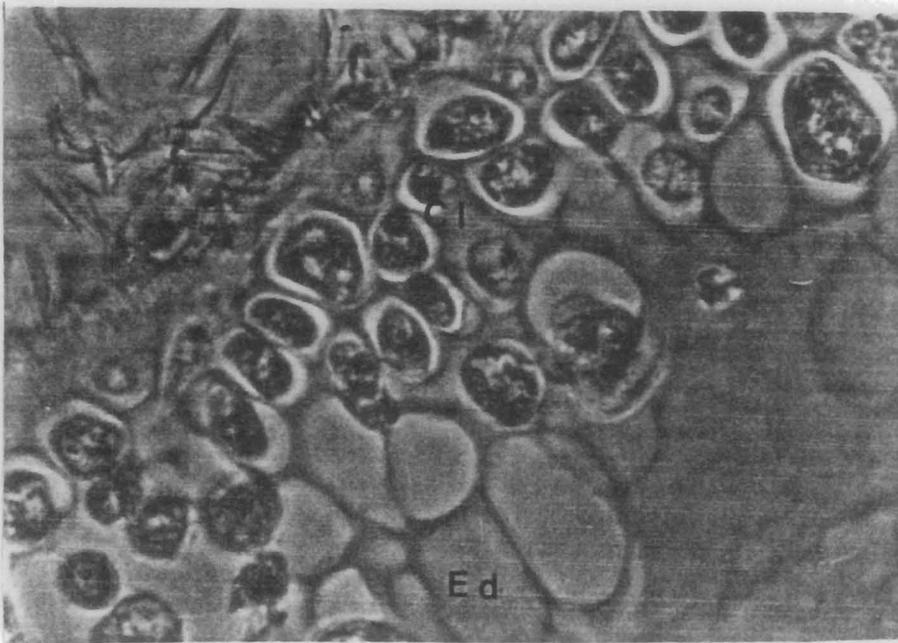
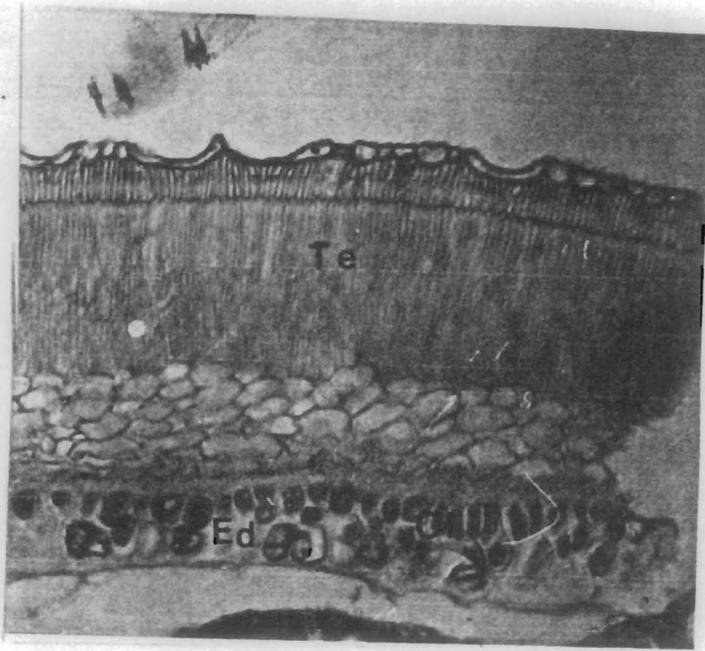


FIGURA 52

Figura 53 a,b. Almidón como material de reserva en el parénquima de la testa de una semilla madura hidratada.
a) Corte longitudinal de testa. b) Detalle del parénquima de la testa. Parénquima (Pa). Granos de almidón (Ga). Tinción con reactivo de Lugol.

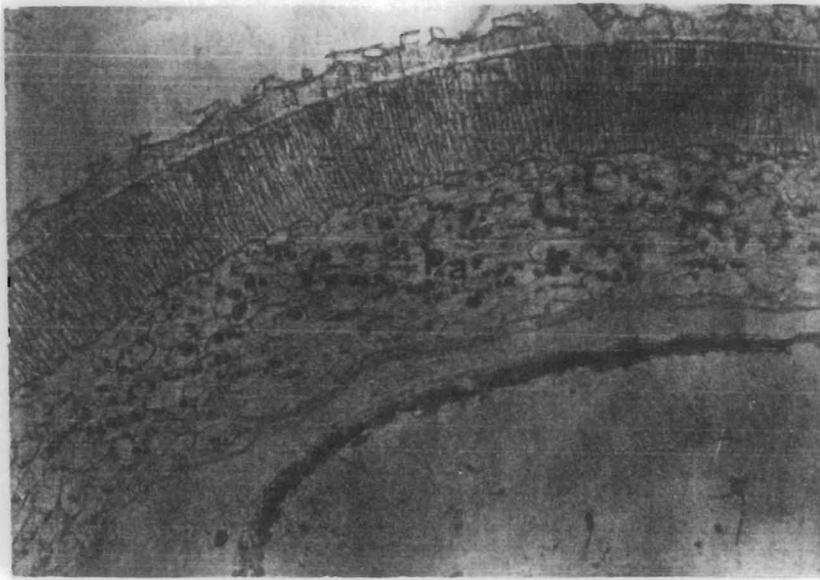
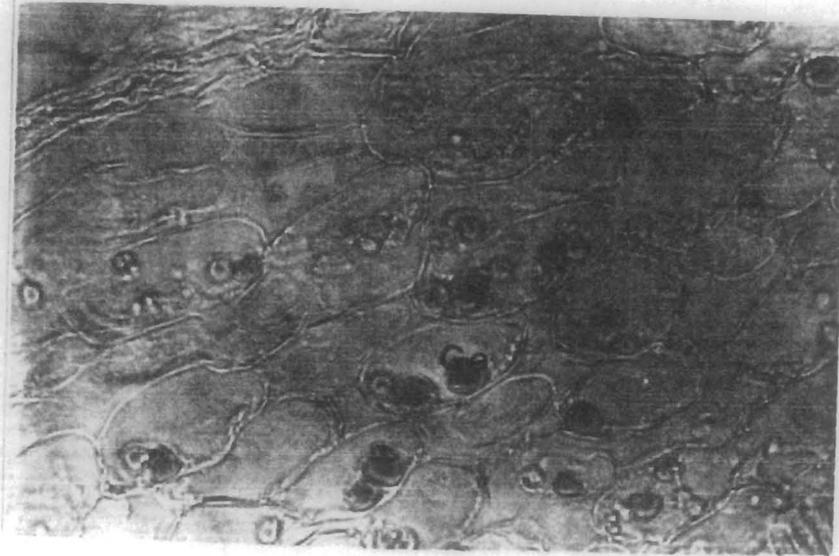


FIGURA
Figura 53(a)

53(a)



Figura

Figura 53(b)

VI. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Tomando en consideración el tamaño de la familia Convolvulaceae (50 géneros y 1500 especies o más) los estudios realizados sobre aspectos morfológicos, anatómicos y embriológicos de sus semillas son muy pocos, la gran mayoría de los géneros no han sido estudiados.

La información disponible sugiere la existencia de caracteres estructurales exclusivos y distintivos en la testa de las semillas de esta familia. Los estudios se han efectuado en algunas especies pertenecientes a 10 ó 15 géneros, por consiguiente no es pertinente una extrapolación a los 35 ó 40 géneros restantes y por lo mismo aún no es posible hacer generalizaciones.

En la elaboración de las diagnósisis, la estructura de las semillas casi no se ha tomado en cuenta. En la última hecha para la familia Convolvulaceae (Cronquist, 1981) solo se mencionan aspectos internos como la "presencia de un embrión grande, recto o curvo, con 2 pliegues y a menudo cotiledones bífidios embebidos en un endospermo duro o a veces cargilaginoso".

Considero que hay características de las semillas, que bien podrían formar parte de la diagnosis y tener un peso igual o mayor que muchos de los elementos ponderados si se confirmara su universalidad: la forma del hilio, la presencia y estructura del cojincillo (Pad) una hipodermis múltiple que origina a la subepidermis siempre monoestratificada y a un esclerénquima en empalizada, por último una o dos líneas claras localizadas en la misma capa e igual posición.

VI.1 Ovulo

El óvulo en todas las especies estudiadas es anátropo, unitégmico, con un saco embrionario largo, recto y estrecho y un micrópilo largo y muy angosto.

El número de carpelos y lóculos que forman el ovario en los distintos miembros de la familia es variable (Rojas, 1982; Tiagi y Gupta, 1963; Ponce, 1986).

No obstante, de acuerdo a la información revisada parece que la condición de dos óvulos anátropodos por lóculo, es general para toda la familia. El número de óvulos abortivos por fruto también varía.

Sigue siendo causa de controversia la presencia de células parietales en los miembros de esta familia. Los estudios de principios de siglo ya mencionaban a las células parietales (Peter, 1908 y Asplund, 1920) pero estos hallazgos fueron refutados mas tarde por Svensson (1925) y Dahlgren (1927) (citados por Vij y Sharma, 1975).

Sin embargo, con el tiempo se han acumulado los reportes sobre la presencia de tejido parietal (Rao, 1940; Roa, 1944; Kaur y Singh, 1970).

Según Davis (1966), todos los óvulos en los cuales la célula esporogénea da una célula parietal, son crasinucelados y sin lugar a dudas el óvulo de T. corymbosa lo es (citado por Bhojwani y Bqatnaqar, 1978).

Generalmente la condición unitégmica se relaciona con óvulos Tenuinucelados (Maheshwari, 1950) pero en la familia Convolvulaceae y aún dentro del mismo género Ipomoea se han reportado óvulos tenui y crasinucelados.

Todas las especies reportadas como carentes de células parietales pertenecen al género Cuscuta con excepción de Ipomoea staphylina (Roa, 1940) y de Evolvulus alsinoides (Tiagi y Gupta, 1963).

Rao (1944) opina que "muchos de los taxa de las Convolvulaceas en los que se ha reportado la ausencia de células parietales necesitan ser revisadas".

En base a la literatura consultada y a mi propio trabajo opino que el carácter tenuinucelado no es una generalidad en los óvulos de la familia Convolvulaceae sino por el contrario, es una excepción, aunque Corner (1976) así lo manifieste en su descripción.

El desarrollo del saco embrionario en todos los taxa estudiados ha sido reportado como el tipo normalo Polygonum y monospórico que es el modo más común de desarrollo del saco embrionario en angiospermas.

VI.2 Haz vascular

En todos los óvulos estudiados de la familia Convolvulaceae, el haz vascular se extiende más allá de la calaza casi hasta el micrópilo y no se ramifica (Corner, 1976); Evolvulus alsinoides es una excepción puesto que el haz vascular termina en la calaza. (Tiagi y Gupta, 1963). Haces vasculares tegumentarios son comunes en los óvulos de las gimnospermas y es por esto que su presencia es considerada como un carácter primitivo y su ausencia como avanzado (Maheshwari, 1950). Sin embargo este carácter ocurre tanto en familias consideradas primitivas (Betulaceae, Euphorbiaceae) como en otras avanzadas (Leguminosae, Convolvulaceae y Compositae).

VI.3 Obturador

De acuerdo con Bhojwani y Bhatnagar (1981) cualquier estructura ovular asociada con la dirección del polen hacia el micróscopilo es generalmente referido como un obturador. La presencia del mismo es reportada para algunas especies de los géneros Ipomoea, Evolvulus y ahora Turbina (Jos, 1963; Kaur, 1969; Kaur y Singh, 1970; Tiagi y Gupta, 1963). Esta estructura no ha sido reportada para el género Convolvulus (Sripleng y Smith, 1960 y Vij y Sharma, 1975).

VI.4 Endospermo

Son varios caracteres estructurales y funcionales relacionados con el endospermo de las semillas, que parecen ser universales en la familia Convolvulaceae:

- a) Desarrollo tipo "nuclear"
- b) Persistencia en la madurez de un número variable, según la especie, de estratos de células vivas (capa de aleurona) por lo cual están consideradas como semillas albuminosas.
- c) Paredes celulares formadas principalmente por un polisacárido complejo: galactomanano. (Brechú, 1980 y Khanna y Gupta, 1967).
- d) Aspecto ^{en la} semilla seca cristalino y fibroso — que al contacto con el agua se hincha, se torna mucilaginoso y de color blanco amarillento.

La estructura de las células de la capa de aleurona con sus núcleos conspicuos, gran nucléolo y abundantes reservas parece conferirles un papel metabólicamente activo durante la germinación de las semillas (Brechú Franco; Márquez-Guzmán y Laguna-Hernández, 1984). Esto ha sido confirmado para algunos miembros de la familia Leguminosae (Reid y Meier, 1972).

VI.5 Embriogénesis

Un hecho encontrado en el desarrollo de las semillas hasta ahora estudiadas es la presencia de un suspensor masivo, y aunque no siempre mencionado, con función haustorial.

Hay gran variación en la forma: piramidal, globular, digitiforme, etc. (Vij y Sharma, 1980; Kaur, 1969; Tiagi y Gupta, 1963).

La arquitectura del suspensor de I. corymbosa y la relación que establece con los tejidos adyacentes sugiere que está involucrado en la digestión y en la absorción de nutrientes hacia el embrión. ¿Cómo lo hace? es un punto de interés para futuras investigaciones.

La primera división del cigoto siempre es transversal pero la división de la célula basal resultante, es variable en las convolvulaceas.

El tiempo de desarrollo de la semilla, desde la anthesis hasta madura deshidratada, es muy variable. Según mis propias observaciones se encuentran en un rango que va desde 25 días en I. leucanta (López-Curto, comunicación personal) hasta 120 días como en I. murucoides e I. pauciflora (Murguía, 1986). La primera es una arvense de los cultivos de arroz, las últimas son arbóreas.

VI.6 Testa

Probablemente es la estructura de la testa el carácter mas distintivo de las semillas de la familia Convolvulaceae.

La presencia de las cuatro capas: epidermis, subepidermis, esclerénquima en empalizada y parénquima es universal como lo es también que tanto la epidermis como la subepidermis son unistratificadas y la presencia de una o dos líneas claras en el estrato más externo del esclerénquima en empalizada. Este patrón estructural ha sido encontrado en la testa de todas las semillas estudiadas.

Aunque el número de estratos celulares de la capa de esclerénquima en empalizada es variables entre especies distintas, este se conserva constante en los individuos de una misma especie.

Para Ipomoea purpurea se han reportado: un estrato (Kaur y Singh, 1970) dos estratos (González, Parisca y

Agostini, 1981) dos a tres estratos (Ponce, comunicación personal). Hay 2 posibles explicaciones para estos resultados contradictorios: que la identificación de los ejemplares de herbario no fuera la correcta y que no todas correspondan a I. purpurea ó que los cortes usados para la descripción de la testa correspondan a distintas regiones de la semilla. Considero de la mayor relevancia que al hacer una descripción de la testa se puntualice claramente a que región de la misma se está haciendo referencia, pues si bien la mayor parte de la testa de una semilla tiene una estructura igual, este patrón difiere en las regiones apical y basal.

Corner (1976) opina que "las Convolvulaceae se distinguen de las otras familias de las simpétalas por el desarrollo especial de las 3 capas mas externas del tegumento. Esto mismo ocurre en Cuscuta y demuestra que hay poca o ninguna razón para formar una familia Cuscutáceae y ninguna para separarla de las convolvulaceae".

Si bien es cierta la similitud de origen y desarrollo de la testa entre ambas familias, hay diferencias que, de acuerdo al peso que le den los taxónomos, pueden justificar o no esa separación:

- a) Las células epidérmicas de la testa de las convolvulaceas no presentan almidón, las cuscutáceas sí (Lyshede, 1985).
- b) Con excepción de la región basal, la testa de las convolvulaceas posee una sola capa (mono o pluriestratificada) de células esclerenquimatosas en empalizada. Las cuscutáceas poseen dos. (Lyshede, 1985).
- c) Todos los embriones de las semillas de las convolvulaceas, a la madurez, se encuentran diferenciados en cotiledones y eje radícula-hipocótilo. Las cuscutáceas son acotiledonarias (Lyshede, 1984).

- d) Casi todas las especies que carecen de tejido parietal pertenecen a las cuscutáceas (Vij y Sharma, 1975).
- e) La septación transversa de la célula terminal producto de la primera división de cigoto, es una regla para todos los taxa de convolvuláceas, no así para algunos taxa de las cuscutáceas en los cuales la división es oblicua (Vij y Sharma, 1975).

	CONVOLVULACEAE	CUSCUTACEAE
Protodermis	Epidermis (células sin almidón).	Epidermis (células con almidón).
Hipodermis	Subepidermis	1a. capa de esclerénquima en empalizada.
	Esclerénquima	2a. capa de esclerénquima en empalizada.
Parénquima	Parénquima	Parénquima

VI.7 Región basal (testa)

Los trabajos desarrollados por Sripleng y Smith (1960), Govil (1971) y el presente, constituyen los más minuciosos que se han hecho sobre el desarrollo y la estructura de esta zona, donde resulta evidente que el surco corresponde al hilio y que el cojincillo es un área producida por un desarrollo diferente de la testa de esta región.

Aún persiste la polémica sobre si la subepidermis contribuye o no a la formación del cojincillo: en Convolvulus arvensis parece que no (Sripleng y Smith, 1960), pero en Ipomoea pestigridis e I. aquatica (Jos, 1963) el cojincillo se origina por las divisiones de las células epidérmis e hipodérmicas.

De acuerdo a la descripción que hace Govil (1971) del cojincillo de Rivea hypocrateriformis y otras espe-

cies más, está formado tanto por la epidermis múltiple como por la subepidermis, sin embargo el autor al finalizar su discusión dice que el cojincillo de todas las especies por él estudiadas se origina de una epidermis múltiple.

Lo que parece ser general para la estructura del cojincillo de todas las especies es que, además de tener su origen en una epidermis múltiple, las células subepidérmicas no forman la capa de esclerénquima en empalizada del cojincillo. Esta es, exclusivamente, un producto de la epidermis múltiple.

En la misma área basal, otras zonas presentan modificaciones pero mucho menos profundas que el cojincillo que pueden incluir una epidermis con 2 ó 3 capas de células, las más de las veces hipertrofiadas ó un esclerénquima en empalizada normal con un número mayor de estratos celulares que el resto de la testa.

Trabajos realizados sobre el cojincillo son muy pocos pero creo que es permitido anticipar que esta zona presentará un desarrollo diferente al del resto de la testa en cualquier semilla que se estudie.

La forma curva del hilio es producto de un funículo curvo también.

Hasta ahora, todas las semillas de convolvuláceas que he observado en vivo, en esquemas o fotografías, poseen esta área basal característica y cojincillo e hilio constituyen una marca distintiva. Sugiero tomarse en consideración al hacer la diagnóstico de la familia.

VI.8 Histoquímica

A partir de los resultados de las pruebas histo-

químicas se concluye que es el almidón la principal sustancia de reserva que sostiene el desarrollo de la semilla, aunque su ausencia después de la deshidratación, sea motivo de controversia.

Esta sustancia nunca ha sido reportada en las células epidérmicas de la testa en las convolvuláceas, pero sí en cuscutáceas (Lyshede, 1984).

En las células de aleurona del endospermo se ha reportado ausencia (Sripleng y Smith, 1960) y presencia (Laguna-Hernández, Márquez-Guzmán y Engleman, 1984) de almidón.

Células subepidérmicas con paredes celulares impregnadas con cutina y suberina han sido reportadas por los pocos autores que han hecho pruebas histoquímicas, sin embargo la presencia de lignina es un punto de discusión (Sripleng y Smith, 1960 y Woodcock, 1942).

La posición de la cutícula entre la testa y el endospermo y su naturaleza lipídica no ha sido mencionada en otros trabajos, yo lo menciono aunque no puedo precisar su origen. Lyshede (1984) también lo menciona para Cuscuta pedicellata.

Hay gran variación en la composición de las paredes celulares del esclerénquima en empalizada: suberizada (Woodcock, 1942) lignificadas (Juliano, 1935 citado en Jos, 1963), ni lignificadas, ni suberizadas (Sripleng y Smith, 1960). En T. corymbosa gruesas paredes formadas por polisacáridos insolubles forman al esclerénquima.

Solamente en Ipomoea muricata (Khanna y Gupta, 1967) y en T. corymbosa (Brecht, 1980) se ha reportado que es un galactomanano el principal componente de las paredes celulares del endospermo .

La línea clara, mencionada por pocos autores, no posee un patrón general de reacción. Mientras Srippleng y Smith (1960) aseguran que es fácil de observar en cortes gruesos frescos y difícil en cortes teñidos, para mí fué igualmente nítida su imagen tanto en cortes frescos como en teñidos y es de sorprender que no reaccionara a ninguna de las pruebas histoquímicas practicadas.

Hay varios resultados incluyendo los de esta tesis que demuestran la presencia de taninos en la zona comprendida entre la subepidermis y la línea clara del esclerénquima en empalizada en las convolvuláceas. (Ponce, 1986; Andrade, 1986).

Su presencia fué detectada mediante varias reacciones, pues de acuerdo con Dumas y Vharriere-Ladreix (1979) (citado por Suárez, 1981) se considera insuficiente el empleo de una sola técnica para identificar in situ una sustancia polifenólica.

Estos resultados parecen tener relación con la propuesta de que la impermeabilidad al agua radica precisamente en esta región de la testa de la semilla de Cuscuta campestris (Hutchinson y Ashton, 1979) cuya reacción es positiva para taninos.

Se ha planteado que la impermeabilidad de la semilla está relacionada con la cantidad de compuestos fenólicos presentes en la testa y con su grado de oxidación, que va aumentando durante la deshidratación de la semilla. (Marbach y Mayer, 1974).

En otras semillas de las convolvuláceas, la presencia de taninos ha sido detectada en la epidermis de la testa y no reportada en otras zonas (Srippleng y Smith, 1960).

VI.9 Estructura de la Testa y su relación con la impermeabilidad al agua

Una de las propiedades adaptativas más importantes de las plantas es la capacidad de sus semillas de conservar la viabilidad por largos períodos, sin germinar.

La semilla de T. corymbosa posee latencia orgánica del tipo exógeno. Es una latencia física ampliamente distribuida en la naturaleza. Nikolaeva (1977) establece que las semillas que poseen latencia física no germinan por la impermeabilidad al agua de sus cubiertas, lo cual se debe a la presencia de una cutícula y a una capa de células en empalizada muy desarrollada. Efectivamente, T. corymbosa posee cutícula (que separa la testa del endospermo) y una capa de esclerénquima en empalizada, sin embargo, las semillas de Ipomoea purpurea que presentan estas mismas características estructurales, no poseen latencia. Es posible que sea la zona de unión entre la subepidermis y el esclerénquima, que presenta reacción positiva para taninos, la que se relacione con la impermeabilidad de la testa al agua; pero la testa de Ipomoea murucoides e Ipomoea pauciflora no presentan reacción positiva para taninos en esta zona y sin embargo ambas son impermeables al agua.

Hutchinson y Ashton (1979) proponen que para la testa de Cuscuta campestris la capa impermeable es una región arriba de la línea clara en la cual se deposita durante la desecación, un material densamente teñido. Marbach y Mayer (1974, 1975) han sugerido que la permeabilidad de las cubiertas de las semillas por ellos estudiadas (Leguminosas) está relacionada con el contenido de compuestos fenólicos y su nivel de oxidación que es catalizado por la enzima catecoloxidasa, presente en la testa.

Cinco sitios en la cubierta seminal de T. corymbosa y en general de todas las convolvuláceas pueden ser responsables de la impermeabilidad de la testa al agua: 1) La subepidermis 2) El esclerénquima en empalizada 3) La cutícula 4) La región de la línea clara y 5) La zona por arriba de la línea clara.

Para determinar la capa o capas responsables de la impermeabilidad, actualmente estamos desarrollando en colabora-

ción con el Físico Walter un perforador micrométrico que aunado a las observaciones en el microscopio electrónico de barrido nos darán información muy importante. Además hemos iniciado un proyecto relacionando medio ambiente en la maduración de las semillas con la impermeabilidad de la testa.

Quedan planteadas para el futuro más investigaciones estructurales químicas y fisiológicas para poder relacionar y dar sentido a todas las observaciones y hallazgos, a veces contradictorios, con los que ahora se cuenta.

Cualquier investigación que se plantee con semillas de testa dura, queda plenamente justificada dado el impacto tan grande (tanto en beneficio como en perjuicio) que estas semillas tienen en la agricultura (Rolston, 1978).

Naturalmente, esta especie se establece a las orillas de arroyos, ríos o simplemente de avenidas de agua. La producción de semillas maduras deshidratadas se realiza unos meses antes de la época de lluvias, estas caen al suelo dentro de sus cápsulas y así se dispersan. La cápsula hace que puedan flotar y dispersarse a muy largas distancias. Durante la época de lluvias, los lechos de arroyos y ríos se llenan de agua. Las semillas cuya testa ha sido escarificada y sean viables, germinan y por esta época se pueden apreciar plántulas que poseen un rápido crecimiento, debido quizá a el suministro de azúcares provenientes de la degradación del endospermo durante las primeras 120 horas de la germinación (Brechú, 1980) Muchas semillas no germinan y quedan formando el banco de semillas del suelo. En la naturaleza la testa de *T. corymbosa* puede ser perforada por choques contra las rocas, abrasión contra la arena, ataques de hongos, animales, etc.

Aproximadamente 10 días después de la salida de la radícula, la testa se desprende y deja salir dos hojas cotiledonarias fotosintéticas que sostendrán el desarrollo de la plántula hasta la salida de las hojas definitivas. Las hojas cotiledonarias muestran gran constancia en su morfología y podrían ser muy útiles en la taxonomía de la familia.

VI. 10 Consideraciones finales

No creo que sea posible el entendimiento global de un fenómeno si no se conoce el fundamento que lo sustenta, en el mejor de los casos, se podrán hacer interpretaciones parciales.

Para entender a una semilla en su propia concepción o en sus relaciones con el medio ambiente es indispensable el conocimiento de su estructura pues la forma y la función son dos caras de una misma moneda.

Un estudio somero casi con seguridad incluirá apreciaciones erróneas, como erróneas pueden ser las conclusiones que sobre estructuras finales se hagan sin estudiar el desarrollo.

Los problemas técnicos que se presentan durante la manipulación de las mismas se deben al hecho de que la mayoría poseen tejidos duros difíciles de seccionar.

Es deseable la elaboración de esquemas para explicar la estructura de las semillas y sus relaciones, sin embargo, yo considero indispensables las fotografías. Mientras el esquema es la interpretación del investigador, la fotografía es la imagen sobre la cual se está basando para su interpretación.

La tendencia de los trabajos morfológicos más recientes es incluir más fotografías y menos esquemas, esto aumenta la complejidad del reporte científico que además ahora exige fotomicrografías ilustrativas.

Quizá por lo anteriormente expuesto, los estudiosos de la estructura de las semillas, en México, somos pocos. Sin embargo vamos en aumento. El Dr. Mark Engleman me introdujo en esta disciplina y puedo decirle con agradecimiento y orgullo que esa semilla que él sembró, ya ha dado frutos.

Y por que las semillas son el germen de la vida, el inicio y el fin, el fruto de la cosecha del ayer y la promesa del futuro*, cualquier estudio que se haga de ellas queda plenamente justificado.

* Pensamiento de O.L. Freeman.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, L. 1986. Estudio del desarrollo de la testa de Ipomoea tyrianthina (Convolvulaceae). Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales. Unidad Izta-cala. México.
- Austin, F.D. 1975. Convolvulaceae. En Flora of Panama. Ed. Woodson E.R. and Schery, W.R. part IV. Ann. Missouri Bot. Gard. 62: 157-224.
- Austin, F.D., y Pedraza R.A. 1983. Géneros Mexicanos de Convolvulaceas. Bol. Soc. Bot. México. 44: 3-16.
- Bailin, E.J. 1975. Las Convolvulaceas Psicotrópicas: Sus usos aborígenes, efectos clínicos y análisis recientes. En: Díaz, J.L. (Ed.). Etnofarmacología de Plantas Alucinogenas Latinoamericanas. Cuadernos Científicos CEMEF, Vol. 4. México: Centro Mexicano de Estudios de Farmaco-dependencia.
- Barrera Marín, A., Barrera Vázquez, A. y López-Franco, M.R. 1976. Nomenclatura Etnobotánica Maya. Una interpretación taxonómica #36. Colección Científica, Etnología. Instituto Nacional de Antropología e Historia. S.E.P. México.
- Bencivenga, M., Pagiotti, R. y B. Romano. 1981. Biología di Convolvulus arvensis. L. Rev. di Agron. 15 (3-4): 183-195.
- Bhatnagar, S.P. y Johri, B.M. 1972. Development of angiosperm seeds. Ed. T.T. Koslowski. Vol. I. Academic. Press, 78-149.
- Bhohwani, S.S. y S.P. Bhatnagar. 1978. 1978. The Embryology of Angiosperms. 3rd Edition. Vikas Publishing. Dehli.
- Brechú-Franco, A.E., Márquez-Guzmán, J. y Laguna-Hernández, G. 1984. Cambios en el endospermo de Turbina corymbosa (L.) Raf., Convolvulaceae. Phytón 44(2): 95-100.

- Brechú, A.E. 1980. Identificación del galactomanano en la semilla de Turbina corymbosa y observación de los cambios en el endospermo durante la germinación. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cassdy, J. y H.G. Floss. 1977. Ergolines as Potential prolactin and Mammary Tumor Inhibitors. *Lloydia* 40(1): 90-106.
- Cole, A.W. y G.E. Coats. 1973. Tall morninglory germination response to herbicides and temperature. *Weed Sic.* 21(5): 443-446.
- Corner, E.J.G. 1976. The seeds of dicotyledons. Cambridge Univ. Press. London.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York.
- Dermarderosian, A.H., Jauke, L.R. y H.W. Youngken. 1964. Preliminary studies of the comparative morphology and certain indoles of Ipomoea seeds. *Econ. Bot.* 18: 67-76.
- Dermarderosian, A.H. y Youngken, H.W. 1966. The distribution of indole alkaloids among certain species and varieties of Ipomoea, Rivea and Convolvulus. (*Convolvulaceae*). *Lloydia*. 29(1): 35-42.
- Di Fulvio, E.T. 1979. El endospermo y el embrión en el sistema de Tubiflorae, con especial referencia a Boraginaceae e Hydrophyllaceae. *Kurtziana*. 12-13: 104-112.
- Díaz, L.J. 1979. Ethnopharmacology and taxonomy of mexicans psychodysleptic plants. *J. Psy. drugs.* 11(1-2): 71-101.
- Díaz, J.L. 1977. Uso de las Plantas Medicinales en México. Monografías Científicas II. IMEPLAN. México.
- Fields, H.F. 1969. Rivea corymbosa: Notes on some Zapotecan Customs. *Econ. Bot.* 23: 206-209.

- García Jiménez, F. 1965. Estructura de la Turbicorina, un nuevo glucósido. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Jiménez, F. y M.C. Perezamador. 1967. Corymbosin, a glucoside from Turbina corymbosa. Tetrahedron 23: 2557:2561.
- _____ 1977. Transformation of the glucoside turbicorytin and corymbosin of Turbina corymbosa seeds. (Resumen) J. Cell. Biol. 70(2):
- García-Jiménez, F., Collera, O., Larios, G., Taboada, J. y M.C. Perezamador. 1979. Revision de la estructura de la turbicorina y corimboisitina. Rev. Latinoamer. Quim. 10: 181-184.
- Genest, K., and M.R. Sahasrabudhe. 1966. Alkaloids and lipids of Ipomoea, Rivea and Convolvulus and their application to chemotaxonomy. Econ. Bot. 20: 416-428.
- Gola, G.; Negri, G. y Cappelletti, C. 1959. Tratado de Botánica Ed. Labor.
- González, A., Aguilar, J.R., Perezamador M.C. y F. García-Jiménez. 1982. Actividad giberélica de los glucósidos de Turbina corymbosa en endospermo de Triticum aestivum. III Congreso Latinoamericano de Botánica. Lima, Perú.
- González, R., de Parisca, L. y G. Agostini. 1981. Caracterización estructural de semillas y plántulas de Ipomoea y Merremia. (Angiospermae-Convolvulaceae). Acta Biol. Venez. 11(2): 47-88.
- Govil, C.M. 1971. Morphological studies in the family Convolvulaceae. I. Development and structure of the seed coat. J. Indian Bot. Soc. 50: 32-39.
- Gunn, C.R. 1969. Seeds of the United States noxious and common weeds in the Convolvulaceae, excluding the genus Cuscuta. Proc. Assoc. Off. Seed. Anal. 59: 101-115.
- Hardcastle, S.W. 1978. Enhancement of Ipomoea seed germination. Proc. South. Weed Sci. Soc. 31: 280-281.
- Hofmann, A. y H. Tschertter. 1960. Isolierung von Lysergsäure-Alkaloiden aus der mexikanischen Zauberdroge ololiuhqui Rivea corymbosa (L.) Hall. f) Experientia 16(9): 414.

- Hutchison, J.M. and F.M. Ashton, 1979. Effects of desiccation and scarification on the permeability and structure of the seed coat of Cuscuta campestris. Amer. J. Bot. 66(1): 40-46.
- Jensen, W.A. 1962. Botanical histochemistry. Principles and practice. Freeman, San Francisco.
- Jiménez-Navarro, R.; López, M.L. y L. Robledo Marengo. 1975. Alcaloides Lisérgicos en semillas de plantas del género Ipomoea. Criminalia. 41, (106):102-107.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York.
- Jos, J.S. 1962. The structure and development of seeds in Convolvulaceae Ipomoea Species. Proc. 49th Indian Sci. Congr. (Resumen). Part 3. 268.
- Jos, J.S. 1963. The structure and development of seeds in Convolvulaceae: Ipomoea species. Agra. Univ. Jour. Res. 12: 247-260.
- Kaur, H. 1969. Structure and development of seed in Ipomoea obscura Ker-Gawl. J. Indian Bot. Soc. 47:346-351.
- Kaur, H. and R.P. Singh. 1970. Structure and development of seeds in three Ipomoea species. Jour. Indian Bot. Soc. 49:168-174.
- Khanna, S.N. y Gupta, P.C. 1967. The structure of a galactomannan from the seeds of Ipomoea muricata. Phytochemistry 6:605-609.
- Kokubu, T., Murata, T. and F. Endo. 1982. Anatomical observations on fertilization and embryogenesis in sweet potato, Ipomoea batatas (L.) Lam. Japan J. Breed. 32(3): 239-246.
- Laguna-Hernández, G., Márque-Guzmán, J. y Engleman, E.M. 1984. Ultrastructure of the aleurone cells of mature seeds of Turbina corymbosa (Convolvulaceae). J. Pl. Anat. Morphol. 1 (1):39-44.
- Lawrence, M.H.G. 1951. Taxonomy of vascular plants. The Macmillan Co. New York.

- Lozoya, X., y Lozoya, M. 1982. Flora Medicinal de México. Primera Parte: Plantas Indígenas. Instituto Mexicano del Seguro Social. México.
- Lyshede, O.B. 1985. Morphological and anatomical features of Cuscuta pedicellata and C. campestris. Nord. J. Bot. 5(1):1985.
- Lyshede, O.B. 1984. Seed structure and germination in Cuscuta pedicellata with some notes on C. campestris. Nord. J. Bot. 4(5):669-674.
- Maheshwari, P. 1944. The seed structure of Ipomoea, a criticism. Sci. Culture 9:557.
- Maheshwari, P. 1950. An introduction to the embryology of Angiosperms. McGraw Hill.
- Marbach, I. and A.M. Mayer. 1974. Permeability of seed coats to water as related to drying conditions and metabolism of phenolics. Plant Physiol. 54:817-820.
- Marbach, I. and A.M. Mayer. 1975. Changes in cotecol oxidase and permeability to water in seed coats of Pisum elatius during seed development and maturation. Plant Physiol. (56):93-96.
- Marquez-Guzmán, J. y G. Laguna-Hernández, 1982. Anatomía de la semilla y germinación de Turbina corymbosa (L.) Raf., Convolvulaceae. Phytón 42(1):1-8.
- Matuda, E. 1963. El Género Ipomoea en México (I) An Inst. Biol. Mex., XXXIV:85-145.
- Matuda, E. 1964. El Género Ipomoea en México (II). An. Inst. Biol. Mex., XXXV:45-76.
- Matuda, E. 1965. El Género Ipomoea en México (III) An. Inst. Biol. Méx. XXXVI:83-106.
- Matuda, E. 1966. Las Convolvulaceas del Estado de México. Gobierno del Estado de México. Dirección de Agricultura y Ganadería. México.
- Mazia, D., Brewer, P.A. and M. Alfert. 1953. The cytochemical staining and measurement of protein with mercuric bromophenol blue. Biol. Bull. 104:57-67.

Mc. Pherson, G. 1981. Studies in Ipomoea (Convolvulaceae) I. The arborescens group. Ann. Missouri Bot. Gard. 68:527-545.

Mendieta, M.R., y Del Amo, S. 1981. Plantas Medicinales del Estado de Yucatán. Ed. C.E.C.S.A. México.

Misra, B.N. 1963. Germination of seeds of Ipomoea crassicaulis (Benth) Robinson. J. Indian Bot. Soc. 42:358-366.

Murcio, E. 1983. Estudio anatómico y citoquímico de la semilla madura de Ipomoea triloba familia Convolvulaceae. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Nikolaeva, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En the physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Ed. Khan, A.A. North-Holland, Amsterdam.

Osuna, A.M. 1984. Actividad de los kauranoles sobre el material de reserva en semillas de Turbina corymbosa (Convolvulacea) Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Pedraza, R.A. 1983. Estudio palinológico de la familia Convolvulacea en México. I. Género de Ipomoea L. y Turbina Raf. Biótica. 8(4):387-411.

Perezamador, M.C. and J. Herran. 1960. Turbicoryn, a new glucoside obtained form the seeds of a sacred plant tetrahedron Letters 7:30.

Perezamador, M.C., García-Jiménez, F., Hertan, J. y S.E. Flores. 1964. Structure of Turbicoryn, a new glucoside from Turbina corymbosa. Tetrahedron. 20:2999-3009.

Perezamador, M.C. González, E., Márquez, J.; Bailin, J.; García Jiménez, F. y O. Collera. 1980. Perfiles cromatográficos de semillas de algunas especies de Convolvuláceas. Phyton. 39:85-94.

Perezamador, M.C., Márquez-Guzmán, J., Laguna-Hernández, G. y F. García-Jiménez. 1981. Hidrólisis enzimática de la turbicoryna y corimbosina en semillas de Turbina corymbosa. Phuton 40(2): 195-201.

- Piña-Chan, R. 1984. Los Teotihuacanos En: Historia General de la Medicina en México. Tomo I. Ed. Fernando Martin Cortés. Universidad Nacional Autónoma de México. 73-80.
- Ponce, M.R. 1968. Estudio del desarrollo de la testa de Ipomoea crinalyx (Convolvulaceae) Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Quintero, A. 1963. Separación e identificación de los glucósidos de Turbina corymbosa. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rao, R.K.V. 1940. Gametogenesis and embriogeny in five species of the Convolvulaceae. Jour. Indian Bot. Soc. 19:53-69.
- Rao, V.S. 1944. Development of the embryo-sac in the Convolvulaceae. 23:164-169.
- Reid, J.S.G. y Meler, H. 1972. The function of the aleurona layer during galactomannan mobilisation in germination seeds of Fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.), Crimson clover (Trifolium incarnatum L.) and Lucerne (Medicago sativa L.): A correlative biochemical and ultrastructural study. Planta (Berl.) 106:44-60.
- Rey O. del 1985. Influencia de los glucósidos de Turbina corymbosa en endospermo de Triticum aestivalis. III Congreso Latinoamericano de Botánica. Lima, Perú.
- Rey del, O. 1985. Influencia de los glucósidos de Turbina corymbosa en la germianción de semillas de Ipomoea murucoides. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Robinson, T. 1959. Alkaloids. Scientific American 201 (1):113-121.
- Rojas-Pérez, M.L. 1982. Estudio anatómico y citoquímico de la semilla madura de Ipomoea tyrianthina. Familia Convolvulaceae. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rolston, M.P. 1978. Water impermeable seed dormancy Bot. Rev. 44:365-396.

- Sampathkumar, R. 1982. Studies on the cotyledonary leaves of some Convolvulaceae. *Taxon* 31(1):53-56.
- Sampathkumar, R. and V.A. Parthasarathy, 1984. Association among cotyledonary leaf characters in *Ipomoea* species. *Agric. Sci. Digest*, 4(2):62-64.
- Schultes, R.E. 1941. A contribution to our knowledge of Rivea corymbosa. Botanical Museum of Harvard University Cambridge Massachusetts.
- Schultes, R.E. 1982. Plantas alucinogenas. La Prensa Médica Mexicana. México.
- Schultes, R.E. y Hofmann, A. 1982. Plantas de los dioses. Fondo del Cultura Económica. México.
- Shenoy, K.N. y J.A. Iamdar. 1985. Cotyledonary leaf architecture of some Convolvulaceae.
- Sripleng, A. y F.H. Smith. 1960. Anatomy of the seed of *Convolvulus arvensis*. *Amer. Jour. Bot.* 47:386-392.
- Suárez, G. 1981. Depósito de taninos en la testa de Amaranthus hypochondriacus L. (Alegría). Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Taber, W.A., y R.A. Heacock. 1962. Location of ergot alkaloid and fungi in the seed of Rivea corymbosa (L.) Halle, F., "Ololiuqui". *Can. J. Microbiol.* 8:137-143.
- Tiagi, B. y Gupta, P.K. 1963. Floral morphology and embriology of Evolvulus alsinoides Linn. *Proc. Raj. Acad. Sci.* 10(1):51-60.
- Urbina, M. 1900. *Revista Científica Nacional y extranjera* 131-154.
- Urbina, M. 1903. El peyote y el ololiuqui. *Anales del Museo Nacional de México. Col.* 7:25-48.
- Vij, S.P. and M. Sharma. 1975. Embryological investigations in the Genus Convolvulus. L. (Convolvulaceae) *Res. Bull. Punjab Univ.* 31:25-34.
- Wasson, R.F. 1961. The Hallueinogenic Fungi of Mexico. An Inquiry into the Origins of the Religious Idea among Primitive. People. *bot. Mus. Leaf. Harvard University* 19 (7):137-162.

- Easson, R.W. 1963. Notes on the Present Status of Ololiuhqui and the other Hallucinogens of México. Bot. Mus. Leaf. Harvard University 20 (6): 161-193.
- Weaver, S.E. y W.R. Riley 1982. The Biology of Canadian weeds. 53. Convolvulus arvensis L. Can. J. Plant Sci. 62:461-472.
- Wilson, A.K. 1960. The genera of Convolvulaceae in the Southeastern United States. J. Arn. Arb. 41:298-317.
- Woodcock, E.F. 1943. Seed development in morning glory (*Ipomoea rubrocaerulea*. Hook) Papers, Mich. Acad. Sci. Art and Letters 28:209-212.

CONVOLVULACEA ESTUDIA	AUTOR	AÑO	TEMA DE ESTUDIO	RESULTADOS	DETALLES IMPORTANTES
<u>Ipomoea learii</u>	K.V.R. Rao	1940	Microsporogénesis. Morfología del grano de polen. Megasporogénesis	Se da resultado de 16 cromosomas o más bivalentes (meiosis) o sea $2n=32$. Grano de polen espinoso con múltiples poros. Embriogenia muy parecida a <u>I. heredaceae</u> y <u>Argyreia speciosa</u> .	Desarrollo de un tejido parietal esto es un caso único en las <u>Sym pētalas</u> . Sinérgidas prolongadas en pico hacia la región micropilar sin "aparato filiforme" Suspensor pluricelular.
<u>Ipomoea staphylina</u>	K.V.R. Rao	1940	Microsporogénesis. Morfología del grano de Polen. Megasporogénesis.	Granos de polen espinosos con múltiples poros.	No reporta la presencia de células parietales durante la megasporogénesis.
<u>Ipomoea hederaceae</u>	K.V.R. Rao	1940	Megasporogénesis	Embriogenia muy parecida. Suspensor haustorial en función con células grandes y uniformes. Saco embrionario tipo poligonum. Granos de polen espinulosos con múltiples poros.	Fragmentación de los nucleolos de las sinérgidas. Formación de prolongaciones como picos en las sinérgidas.
<u>Evolvulus alsinoides</u>	K.V.R. Rao	1940	Embriogenia. Morfología del grano de polen.	Embriogenia muy diferente a las 2 anteriores. Y a <u>I. learii</u> . Grano de polen muy pequeño redondeado, con exina lisa y pocos poros de salida (uno o dos).	Muy diferente a <u>I. learii</u> , <u>I. staphylina</u> , <u>I. heredaceae</u> , y <u>Argyreia speciosa</u> en su embriología. Las primeras divisiones del huevo fertilizado son transversas dando lugar a un proembrión filamentosos de 7 células. Grano de polen y morfología de la planta.
<u>Jaquemontia violaceae choisy</u>	V.S. Rao	1944	Desarrollo del óvulo	Ovulo bilocular con 2 óvulos por lóculo. Están presentes 2 ó 3 células arquesporiales. Se forma un tejido parietal. Antípodas de corta vida. La fusión de los núcleos polares hasta la llegada de la célula espermática.	Almidón presente en las células del integumento pero no en la célula.

<p><u>Ipomoea pulchella</u> <u>Ipomoea horsfalliae</u> <u>Ipomoea obscura</u> <u>Ipomoea sepiaria</u> <u>Operculina turpethum</u></p>	<p>Roth V.S. Rao 1944 Hook Ker Gawl Koenig Manso</p>	<p>Desarrollo del saco embrionario</p>	<p>En todas ellas solo se encuentran una sola célula la arquesporial. Se forma tejido parietal. Desarrollo del saco embrionario "tipo normal". Las antípodas degeneran poco después de ser formadas.</p>	<p>En todas las especies estudiadas se menciona la presencia de la célula parietal formada por la división de la célula arquesporial.</p>
<p><u>Ipomoea rubrocaerulea</u> Hook.</p>	<p>E.F. Woodcock 1943</p>	<p>Desarrollo de la semilla morfología, óvulo y embrión. Embriogénesis y desarrollo del endospermo.</p>	<p>Ovario bilocular con 2 óvulos en cada lóculo óvulos anátropos. Presencia de tricomas en la epidermis. No menciona una subepidermis aunque la dibuja. Considera a las células del parénquima en empalizada de la testa como suberizadas.</p>	<p>Este hecho se contrapone con Rao (44). Considera a la semilla como Tipo albuminosa puesto que posee endospermo. (Es el primero que lo menciona). Describe al óvulo sin tegumento y al micrópilo como una invaginación.</p>
<p><u>Ipomoea rubrocaerulea</u> Hook.</p>	<p>P. Maheshwari 1944</p>	<p>Crítica al trabajo de E.F. Woodcock.</p>	<p>Pone de manifiesto el error de interpretación que comete Woodcock y afirma que el óvulo de <u>I. rubro-caeruleae</u> posee un tegumento y lo que desaparece tempranamente es la nucela además afirma que el micrópilo no es una invaginación.</p>	<p>Hacer ver la importancia de conocer el desarrollo de la semilla para entender su estructura a la madurez.</p>
<p><u>Convolvulus arvensis</u> L.</p>	<p>Sripleng y Smith 1960</p>	<p>Anatomía del desarrollo de la semilla.</p>	<p>Estudia el desarrollo de la semilla desde el óvulo fecundado hasta la madurez. Describe el desarrollo del endospermo, embrión y testa. Enfatiza la estructura de la región basal del óvulo.</p>	<p>Describe a la estructura del cojincilló (Pad) como formado por una epidermis múltiple.</p>
<p><u>Spomoea pest-tigridis</u> Linn. <u>Spomoea reptans</u> Poir</p>	<p>Jos. J.S. 1962</p>	<p>Estructura y desarrollo de la semilla.</p>	<p>Gineceo tri ó tetralocular con 2 óvulos anátropodos por lóculo. Ovulos tenuinucelados unitégmicos. Nucela efímera. La placenta forma un obturador. Desarrollo del gametofito tipo Polygonum. Embriogenia del tipo Cariophyloide variación Fumaria. Suspensor masivo. La cubierta de la semilla formada por una epidermis la hipodermis y 2 ó 3 estratos de células esclerenquimatosas en empalizada.</p>	<p><u>S. reptans</u> es una Convolvulaceae hidrófita. El saco embrionario durante el desarrollo de la semilla viene a ser bilobado. Poliembrionia en <u>S. pes-tigridis</u>.</p>

<u>Ipomoea aquática</u>	J.S. Jos	1963	Embriogénesis y estructura de la semilla madura.	El integumento está presente pero la nucela es efímera. El micrópilo NO puede ser una invaginación sino un paso continuo que se extiende desde la superficie del óvulo hasta el saco embrionario.	El micrópilo se obstruye después de que la fertilización se ha realizado. El integumento se puede confundir con la nucela, la cual puede incluso ya no estar presente. Nucela e integumento son formados normalmente pero la primera pronto desaparece como es usual en las Sympetalas.
<u>Ipomoea pes-Tigridis</u>	J.S. Jos	1963	Embriogénesis, desarrollo de endospermos y tegumentos. Estructura de semilla madura.	<u>L. aquática</u> e <u>I. pestigridis</u> poseen flores pentameras, ovario 3 ó 4 lócular, cada lóculo con 1 ó 2 óvulos unidos a la axila de la placenta. Ovulo anátropo, unitégmico, tenuinucelado. Endospermo nuclear y después celular. Las paredes empiezan hacia el extremo micropilar y avanzan hacia el chalazal. Suspensor masivo. La testa consiste en una epidermis con tricomas, una hipodermis y 2 a 3 capas de esclerénquima en empalizada. Hay 10 capas de células parenquimatosas, las demás fueron consumidas por el embrión.	Posee obturador que se forma de la placenta. Saco embrionario bilobado hacia el extremo chalazal. El <u>I. pestigridis</u> hay poliembriónía. Dos sacos embrionarios en cada óvulo. Embriogenia tipo Cariophiloide variación Fumaria. En dos cotiledones hay células que se distinguen por su tamaño de todas las demás. Algunas células contienen cristales de oxalato de calcio.
<u>Ipomoea crassicaulis</u>	B.N. Misra	1963	Germinación de la semilla pero con un estudio somero de la anatomía de la semilla madura.	El fruto es una cápsula con 4 semillas. Semillas cubiertas con pelos café de 3 a 6 mm., que protruyen desde la epidermis. Las células esclerenquimatosas, son largas columnares con gruesas paredes secundarias y lumen muy estrecho hay 6 a 8 capas de células. Propone que el arreglo cerrado de las células esclerenquimatosas es el que le da impermeabilidad a las semillas.	Hay una disposición de una materia pesada café en las células epidérmicas: En la madurez una cutícula oscura se desarrolla en lugar de la epidermis. Menciona que es una semilla " <u>bitegmica</u> " (?). Habla de <u>Tegmen</u> y dice que es la capa de células parenquimatosas (?). No menciona una capa <u>subepidérmica</u> aunque su esquema lo insinúa. Planta que crece tanto en terrenos secos como anegados, se usa para formar setos y bardas.

<u>Ipomoea obscura</u> Ker-Gawl.	H. Kaur	1969	Desarrollo del óvulo, gametofito femenino, embrión, endospermo y estructura de la cubierta de la semilla.	Ovulo anátropo, unitégmico, crasinucelado. Micrópilo estrecho y alargado. Obturador. Desarrollo del saco embrionario tipo <u>Polygonum</u> . Células epidérmicas con tricomas. Subepidermis y 2 a 3 capas de células esclerenquimatosas en palisada.	Tegumento vascularizado hasta cerca del micrópilo. Suspensor masivo haustorial en función con prolongaciones digitiformes. El haz vascular entra al óvulo por el funículo va por el tegumento hasta la región chalazal y baja hasta cerca del micrópilo.
20 Especies distintas exceptuando a <u>Cuscuta</u>	CH. R. Gunn	1969	Estudio de la forma de la región hilar.	Dividen a las especies estudiadas en 2 grupos de acuerdo con el tipo de hilo que presentan: Hilo tipo <u>Ipomoea</u> e Hilo tipo <u>Convolvulus</u> .	Elaboran una clave para reconocer a las semillas de 20 especies consideradas malezas en los Estados Unidos de Norteamérica.
<u>Ipomoea sinuta</u> <u>Ipomoea purpurea</u> <u>Ipomoea carnea</u>	Ortez Kaur y Singh Roth Jacq	1970	Estructura y desarrollo de semillas.	Ovario bilocular con 2 óvulos en cada loculo. Ovulos unitégmicos, crasinucelados. Obturador presente. Saco embrionario largo, recto y estrecho. Endospermo tipo nuclear al principio.	Se reporta la presencia de núcleos citoplásmicos enucleados en el endospermo de <u>I. purpurea</u> en la etapa de proembrión globular.
<u>Erycibe tomentosa</u> <u>Erycibe griffithii</u>	Van Hell	1970	Semillas laberínticas, su estructura interna.	En esta semilla la testa se mete entre los pliegues de los cotiledones o lóbulos. <u>El endospermo está ausente</u> . Los cotiledones de almacenamiento están separados, cada uno es lobulado y doblado varias veces. La apariencia laberíntica es más pronunciada cuando la lobulación y plegamiento de los cotiledones ocurre en combinación con una intrusión de la testa en todas las grietas.	Endospermo ausente (?). Una semilla laberíntica es aquella que por cualquier lado que se corte muestra una estructura laberíntica. Puede ser causada por rumiación del endospermo o por lobulación y plegamiento de los cotiledones.

<u>Ipomoea purpurea</u> <u>Rivea hipocrateriformis</u>	C.M. Govil	1971	Desarrollo y estructura de la Testa.	Ovario súpero bi ó tricarpelar. Cápsula bi ó trilocular. Cada lóculo posee 2 óvulos basales anátropos y unitégmicos. El lado micropilar del óvulo de la cara a la placenta. El desarrollo de la Testa y su estructura es muy semejante en todas las semillas estudiadas. La estructura de la Testa consiste de una epidermis, subepidermis, esclerénquima en empalizada y parénquima.	Capa subepidérmica presente en todas las especies estudiadas. El PAD se origina de una epidermis múltiple. Discute la estructura del PAD y la compara con otros autores.
<u>Merremia emarginata</u>	C.M. Govil	1971			
<u>Ipomoea carica</u>	C.M. Govil	1971		<u>Ipomoea carica</u> posee una epidermis con células muy grandes.	En <u>I. obscura</u> , <u>I. sepiaria</u> e <u>I. vitifolia</u> la capa epidérmica se ha desprendido a la madurez. Capa subepidérmica presente en todas ellas.
<u>Ipomoea obscura</u>	C.M. Govil	1971		Igual que <u>I. obscura</u> e <u>I. síndica</u> .	
<u>Ipomoea síndica</u>	C.M. Govil	1971		<u>I. carnea</u> posee pelos largos.	
<u>Ipomoea quamoclit</u>	C.M. Govil	1971		pequeñas protuberancias.	
<u>Ipomoea vitifolia</u>	C.M. Govil	1971		La capa de esclerénquima en empalizada varía. 1 estrato en <u>Breweria cordata</u> ,	
<u>Breweria cordata</u>	C.M. Govil	1971		2 ó 3 en <u>Rivea hipocrateriformis</u> , <u>Merremia</u> y todas las <u>Ipomoeas</u> excepto <u>I. vitifolia</u> e <u>I. carnea</u> con 5. Pad. presente en todas las especies.	
				Posee pelos en <u>I. quamoclit</u> e <u>I. carnea</u> .	
<u>Convolvulus arvensis</u> <u>Convolvulus pluricaulis</u>	S.P. Vij y M. Sharma	1980	Embriología del género <u>Convolvulus</u>	Poseen ovario súpero sincárpico y bicarpelar con 2 óvulos por lóculo. Presentan una sola célula arqueosporial que se divide para dar una célula parietal. Poseen saco embrionario tipo Polygonum. Endospermo nuclear. Suspensor haustorial.	Establecen como una característica universal para el género <u>Convolvulus</u> el poseer ovario súpero, sincárpico, bicarpelar y con 2 óvulos por lóculo.
<u>Ipomoea alba</u> <u>Ipomoea carica</u> <u>Ipomoea mirandina</u> <u>Ipomoea purpurea</u> <u>Ipomoea sp.</u> <u>Merremia umbellata</u>	R. González, L. Parisca y G. Agostini	1981	Caracterización estructural de semillas y plántulas.	Los autores describen caracteres comunes para todas las especies estudiadas y caracteres diagnósticos para separar las especies de los géneros <u>Ipomoea</u> y <u>Merremia</u> .	Entre los caracteres comunes que mencionan están los frutos y el patrón de distribución de tejidos en la cubierta seminal.

<u>Turbina corymbosa</u>	Marquez-Guzmán y Laguna Hernández	1982	Anatomía y germinación de la semilla.	Los autores describen la anatomía de la semilla madura <u>T. corymbosa</u> , enfatizando la estructura de la semilla. La morfología externa la estudian al microscopio electrónico de barrido.	Hay un surco profundo en forma de herradura que corresponde al hilio el cual bordea al cojincillo. La región basal de la semilla tiene una estructura completamente diferente al resto de la semilla.
<u>Ipomoea batatas</u>	Kokub, T., Murata, T. y Endo, F.	1982	Anatomía de la fertilización y embriogénesis.	Se describe la germinación del polen, la formación del tubo polínico, la fecundación (singamia y triple fusión) y la embriogénesis.	Se propone que la baja producción de semillas de <u>I. batatas</u> se debe a una fertilización anormal más bien que a anomalías en la embriogénesis en estadios tardíos.
<u>Ipomoea tyrianthina</u>	Rojas, M.L.	1982	Anatomía de la semilla madura	La testa impermeable al agua posee 4 capas celulares: epidermis, subepidermis, esclerénquima, en empalizada y parénquima en degradación. Cotiledones con conductos laticíferos.	Planta parenne con un enorme rizoma y gran cantidad de látex.
<u>Ipomoea triloba</u>	Murcio, E.	1983	Anatomía y Citoquímica de la semilla madura y morfología de la plántula.	La testa muy dura e impermeable al agua la epidermis y subepidermis se desprenden muy fácilmente. La plántula es muy parecida a la de <u>I. batatas</u> aunque de la mitad del tamaño de esta última. Cotiledones con conductos laticíferos.	Aparecen 2 líneas claras en la capa de esclerénquima en empalizada.
<u>Turbina corymbosa</u>	Laguna Hernández, Marquez-Guzmán y E. Engleman	1984	Ultraestructura de la capa de aleurona del endospermo.	Las células de forma irregular contienen muchos esferosomas, cuerpos proteicos y núcleos grandes e irregulares. Cromatina homogéneamente distribuida. Nucleolos conspicuos. Abundantes mitocondrias con crestas escasas. Pocos plástidos.	La envoltura nuclear posee una apariencia poco usual.